انجمن گیاهان دارویی ایران

دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

سومین همایش ملی گیاهان دارویی

کارآفرینی و تجاری سازی

بسم الله الرحمن الرحيم

مقالات

سومین همایش ملی گیاهان دارویی

کارآفرینی و تجاری سازی

۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴

دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

سومین همایش ملّی

گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی

۲۶ شهریور ۱۴۰۴ – دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

3rd National Conference on Medicinal Plants, Entrepreneurship and Commercialization

17 September 2025 - Azarbaijan Shahid Madani University

ISC
۰۴۲۴۰-۹۹۳۶۷

محورهای همایش:

- **علوم پایه**
  سیستماتیک گیاهی، فیتوشیمی، میکروبیولوژی، بیوتکنولوژی
- **کشاورزی و منابع طبیعی**
  اکولوژی، فیزیولوژی گیاهی، اهلی‌سازی و اصلاح، کشت و زراعت، مدیریت آفات و بیماری‌ها، امنیت و ایمنی غذایی
- **داروسازی و پزشکی**
  طب سنتی، اثرات بیولوژیک و بالینی، فارماکولوژی، پدافند غیر عامل
- **کارآفرینی و تجاری‌سازی گیاهان دارویی**
  رویکردهای نوین در کشت، تکثیر و تجاری‌سازی گیاهان دارویی و فرآورده‌های مرتبط، فرآوری، بسته‌بندی و روش‌های استخراج بهینه مواد موثره و استفاده در صنعت، کاربرد دفاعی گیاهان دارویی، بازار گیاهان دارویی و بررسی موانع و ارائه راهکارها

Azarbaijan Shahid Madani University
https://mpec2025.azaruniv.ac.ir
mpec2025@azaruniv.ac.ir
041- 34327572

آدرس دبیر خانه

استان آذربایجان شرقی – تبریز – ۳۵ کیلومتری جاده تبریز– مراغه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

حامیان مالی و معنوی

بسم الله الرحمن الرحیم

سخن دبیران علمی و اجرایی

با سلام و احترام

اینک که سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری‌سازی در روز چهارشنبه ۲۶ شهریورماه ۱۴۰۴ به میزبانی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان و با همکاری انجمن علمی گیاهان دارویی ایران در شهر تبریز برگزار شد، افتخار داشتیم که همایشی با نگاهی نو و رویکردی جدید را در استان آذربایجان شرقی به مرحله اجرا درآوریم. در این همایش، تلاش شد تا نگرشی تازه به تعاملات و تبادلات علمی و تجربی داشته باشیم، به گونه‌ای که محققان، کشاورزان پیشرو و صنعتگران در کنار یکدیگر قرار گرفتند تا افق جدیدی را فراروی این‌گونه رخدادهای علمی بگشایند. در این رویداد علمی، فضایی برای ابراز عقاید و بررسی فرصت‌ها و چالش‌ها برای کشاورزان و صنعتگرانی که در میدان عملی و تجربی در خدمت تأمین امنیت غذایی و دارویی کشور هستند، فراهم شد تا جامعه علمی کشور نیز از این تجربیات بهره‌مند گردد. این همایش به‌عنوان یکی از مهم‌ترین رویدادهای علمی در حوزه گیاهان دارویی و معطر کشور، بستری ارزشمند برای تجمع دانشمندان، پژوهشگران، دانشجویان، متخصصان دانشگاهی، صاحبان صنایع و سیاست‌گذاران سراسر کشور فراهم آورد. شرکت‌کنندگان آخرین دستاوردها و یافته‌های علمی خود را در قالب سخنرانی، پوستر، نشست‌های تخصصی و کارگاه‌ها ارائه کردند و به تبادل نظر درباره چالش‌های این حوزه پرداختند. آمار ارسال مقالات نیز نشان‌دهنده استقبال گسترده از این رویداد علمی بود، به‌طوری‌که به دبیرخانه همایش ۳۲۰ مقاله ارسال شد که پس از ارزیابی و بررسی در کمیته علمی، ۲۸۶ مقاله پذیرفته شد. از این تعداد، ۱۲ مقاله به‌صورت سخنرانی شفاهی و مابقی به‌صورت پوستر ارائه گردید. علاوه بر ارائه مقالات، کارگاه آموزشی با حضور دانشجویان خلاق و باانگیزه برگزار شد. هدف از برگزاری این هم‌اندیشی‌ها ایجاد فضای هم‌فکری و خرد جمعی در راستای آسیب‌شناسی و ارائه راهکارهای بهینه‌سازی نظام‌های تولید، کاهش خلأ عملکرد و حرکت به سمت نظام‌های پایدار و دوستدار طبیعت بوده است. حضور همزمان کشاورزان پیشرو و صنعتگران بخش کشاورزی در کنار خبرگان دانشگاهی، تحقیقاتی و اجرایی، علاوه بر ایجاد بستری برای تبادل دانش و تجربه، سبب تقویت پیوند میان جامعه و صنعت با دانشگاه و مراکز تحقیقاتی گردید که در نوع خود دستاورد بسیار ارزشمندی به شمار می‌رود. دبیران علمی و اجرایی بر خود لازم می‌دانند از همراهی صمیمانه نهادها و اشخاص محترم زیر قدردانی نمایند: هیئت رئیسه دانشگاه، به‌ویژه معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه، انجمن گیاهان دارویی ایران، اعضای شورای سیاست‌گذاری، کمیته علمی، سرگروه‌های مدیریت مقالات، داوران سراسر کشور، کمیته‌های اجرایی، مدیریت سامانه مدیریت کنفرانس‌ها و جشنواره‌ها (ثمین همایش)، انجمن‌های علمی دانشجویی و به‌ویژه انجمن علمی دانشجویان دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، حامیان مالی و معنوی، سخنرانان کلیدی، سخنرانان بخش‌های اجرایی و وابسته به کشاورزی و صنایع مرتبط و تمام عزیزانی که در مراحل مختلف صمیمانه در کنار ما بودند. بی‌شک بدون حضور و تلاش شبانه‌روزی این عزیزان، چنین رخداد مهمی میسر نمی‌شد. گرچه دبیران علمی و اجرایی و تمام اعضای دبیرخانه، تمام تلاش خود را برای فراهم کردن بهترین شرایط ممکن برای مخاطبان به کار بستند، اما بی‌شک کاستی‌هایی نیز وجود داشته که امیدواریم مورد عفو قرار گیرد. برای اعتلای علمی ایران زمین بهترین‌ها را آرزو داریم و امیدواریم این گام هرچند کوچک مورد رضای خداوند متعال قرار گیرد.

با تقدیم احترام

دبیر اجرایی همایش
دکتر ناهید واعظ

دبیر علمی همایش
دکتر سعید حضرتی

- ✓ رئیس همایش: دکتر سید مسعود سید احمدیان
- ✓ دبیر علمی همایش: دکتر سعید حضرتی
- ✓ دبیر اجرایی همایش: دکتر ناهید واعظ

اعضای کمیته علمی

✓ دکتر محمدباقر رضایی	موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور
✓ دکتر سعید حضرتی	دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
✓ دکتر داود محمدی	دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
✓ دکتر حمید محمدی	دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
✓ دکتر کامبیز عزیزپور	دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
✓ دکتر لمیا وجودی	دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
✓ دکتر وحید سرابی	دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
✓ دکتر سعید ملائی	دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
✓ دکتر مصطفی عبادی نهاری	دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
✓ دکتر محمد احمدآبادی	دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
✓ دکتر محمدتقی عبادی	دانشگاه تربیت مدرس
✓ دکتر مهدی عیاری نوش‌آبادی	دانشگاه تربیت مدرس
✓ دکتر اکبر کرمی	دانشگاه شیراز
✓ دکتر مصطفی گواهی	دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل
✓ دکتر سعیده علیزاده	دانشگاه تبریز
✓ دکتر محمد فتاحی	دانشگاه ارومیه
✓ دکتر فرهاد حبیب زاده	دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین
✓ دکتر ابوالفضل علیرضالو	دانشگاه ارومیه
✓ دکتر مجید آقا علیخانی	دانشگاه تربیت مدرس
✓ دکتر مرضیه باباش‌پور اصل	دانشگاه آزاد مراغه

مقالات

(سخنرانیها و پوسترها)

مسئولیت محتوای علمی و نگارشی مقالات بعهده نویسنده(گان) است.

تأثیر فناوری‌های نوین بر کشت و فرآوری گیاهان دارویی

شبنم عباسی*
گروه آموزش زیست‌شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: sh.abbasi@cfu.ac.ir

چکیده

فناوری‌های نوین به‌عنوان ابزارهای تحول‌آفرین، نقش چشمگیری در بهبود فرآیندهای کشت و فرآوری گیاهان دارویی ایفا می‌کنند. این فناوری‌ها نه تنها به بهبود کمیت و کیفیت محصولات کمک کرده‌اند، بلکه با کاهش هزینه‌ها و استفاده بهینه از منابع، سودآوری را برای کشاورزان و تولیدکنندگان افزایش داده‌اند. با توجه به اهمیت فناوری‌های نوین در بهبود کیفیت و افزایش تولید گیاهان دارویی، در این مقاله مروری با استفاده از مقالات منتشر شده اخیر در پایگاه‌های علمی معتبر، به بررسی تأثیر این فناوری‌ها بر کشت و فرآوری گیاهان دارویی پرداخته شده است. این مطالعه با هدف تحلیل نوآوری‌ها و تکنولوژی‌های جدید در بهبود کیفیت و افزایش تولید گیاهان دارویی انجام شده است. از جمله فناوری‌های مورد بررسی، کشت بافت، مهندسی ژنتیک، سنجش از راه دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی هستند که به‌طور گسترده در صنعت گیاهان دارویی به‌کار گرفته شده‌اند. این فناوری‌ها نه‌تنها به افزایش بازدهی و کیفیت محصولات کمک کرده‌اند، بلکه با کاهش هزینه‌ها و بهینه‌سازی منابع، سودآوری را برای کشاورزان و تولیدکنندگان افزایش داده‌اند. علاوه بر این، به‌کارگیری این فناوری‌ها با چالش‌هایی همراه است که با اتخاذ راهکارهای مناسب می‌توان بر آن‌ها غلبه نمود. یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که فناوری‌های نوین نقش محوری در تحقق توسعه پایدار صنعت گیاهان دارویی دارند و می‌توانند به‌عنوان ابزاری کارآمد برای افزایش توان رقابتی در عرصه‌های بین‌المللی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: توسعه پایدار، فرآوری گیاهان دارویی، فناوری‌های نوین، کشت گیاهان دارویی، هوش مصنوعی

مقدمه

با افزایش نگرانی‌های جهانی درباره سلامت، توجه به پیشگیری از بیماری‌ها نیز افزایش یافته و صنعت گیاهان دارویی به‌عنوان یکی از بخش‌های مهم در این حوزه در سال‌های اخیر با پیشرفت چشمگیری مواجه شده است. یکی از راه‌های مورد استفاده در امر پیشگیری، استفاده از داروهای گیاهی است که دارای فوائد درمانی شناخته شده و عوارض جانبی کمتر هستند. بسیاری از این گیاهان، به شکل مخرب جمع‌آوری می‌شوند و این کار بقای بسیاری از گونه‌ها را که نادر، در معرض خطر و یا تهدید هستند، به خطر می‌اندازد (Sundarrajan and Bhagtaney, 2024).

منطقه آسیا-اقیانوسیه، به‌خصوص هند و چین، دارای تنوع بالایی از گیاهان دارویی است و ایران نیز با حدود ۲۳۰۰ گونه دارویی، ظرفیت قابل توجهی دارد. افزایش تقاضا برای محصولات طبیعی و نیاز به بهبود کیفیت و تولید، ضرورت استفاده از فناوری‌های نوین در کشت و فرآوری گیاهان دارویی را برجسته کرده است. این فناوری‌ها با افزایش بازدهی، کاهش هزینه‌ها و بهینه‌سازی منابع، سودآوری را افزایش می‌دهند. برای حفظ منابع طبیعی و دسترسی پایدار

به گیاهان دارویی، باید به سمت کشت پایدار حرکت کرد که با ترکیب دانش سنتی، پیشرفت‌های علمی و مشارکت جوامع محلی، تولید محصولات با کیفیت بالا را ممکن می‌سازد (Singh et al., 2025).

تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که فناوری‌های نوینی مانند کشت بافت و مهندسی ژنتیک، تولید ترکیبات ارزشمند گیاهان دارویی را افزایش داده‌اند. سیستم‌های کشت پیشرفته مانند هیدروپونیک و آیروپونیک با کنترل دقیق شرایط محیطی، بازدهی را بهبود بخشیده و آلودگی‌های خاکی را کاهش داده‌اند. نانوفناوری با استفاده از نانوذرات هدفمند، کشاورزی دقیق و پایدار را ممکن ساخته است. در فرآوری، روش‌های مدرن استخراج با امواج فراصوت و سیالات فوق بحرانی، بازده و کیفیت ترکیبات فعال را افزایش می‌دهند و فناوری‌های خشک‌کردن پیشرفته مانند خشک‌کردن انجمادی و مایکروویو، ترکیبات دارویی را بهتر حفظ می‌کنند. همچنین، هوش مصنوعی و اینترنت اشیا (IoT)[1] امکان پایش و مدیریت بهینه مزارع را فراهم کرده‌اند. استفاده از مکانیزاسیون، آبیاری هوشمند، کشت گلخانه‌ای، فناوری GIS و رعایت اصول اخلاقی و استانداردهای قانونی، تولید پایدار و با کیفیت گیاهان دارویی را تضمین می‌کند. این رویکردها به حفظ منابع طبیعی و تشویق کشت به جای برداشت از طبیعت کمک می‌کنند (Nordine et al., 2025، Singh & Sharma, 2024).

این مقاله مروری به بررسی تأثیر فناوری‌های نوین بر کشت و فرآوری گیاهان دارویی می‌پردازد و نوآوری‌ها، چالش‌ها و فرصت‌های موجود در این حوزه را تحلیل می‌کند. این مطالعه مرجعی مفید برای پژوهشگران، کشاورزان و تولیدکنندگان جهت بهبود کیفیت و افزایش تولید گیاهان دارویی است.

مواد و روش‌ها

این مقاله به‌صورت مروری و کتابخانه‌ای، با هدف بررسی جامع تأثیر فناوری‌های نوین بر کشت و فرآوری گیاهان دارویی انجام شده است. در این پژوهش، جستجوی سیستماتیک در پایگاه‌های علمی معتبر با استفاده از کلیدواژه‌های مرتبط صورت گرفته و مقالات منتشرشده بین سال‌های ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۵ اولویت داده شده‌اند. داده‌های استخراج‌شده شامل فناوری‌های به‌کاررفته، روش‌های ارزیابی کیفیت و تولید، یافته‌های اصلی و چالش‌ها و فرصت‌های موجود، تحلیل و بررسی شده‌اند.

نتایج و بحث

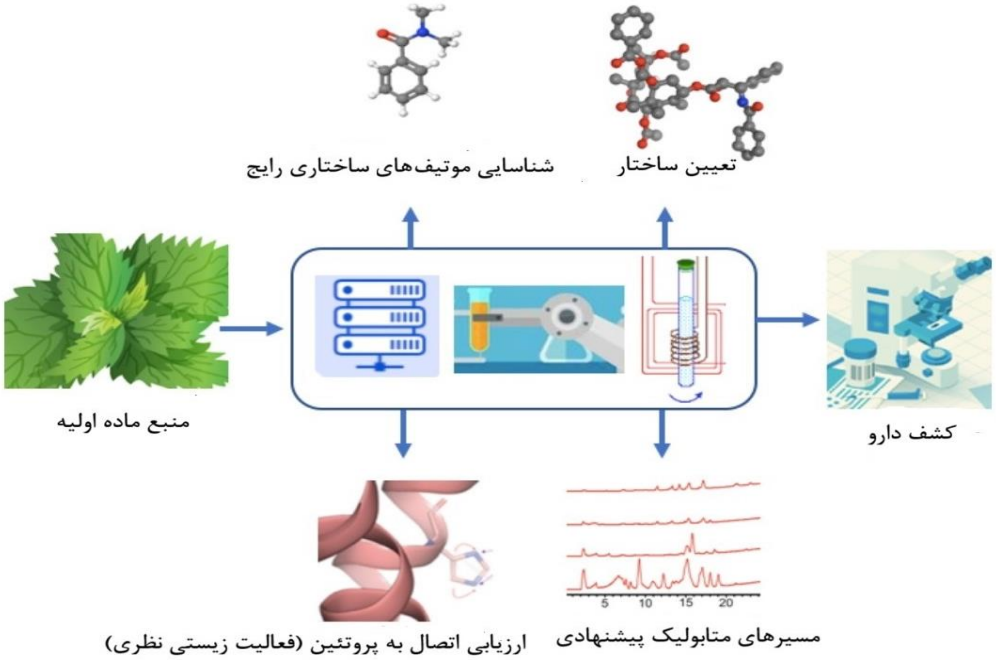
افزایش تقاضا برای گیاهان دارویی و محدودیت منابع طبیعی، ضرورت استفاده از فناوری‌های نوین در کشت و فرآوری این گیاهان را افزایش داده است. فناوری‌هایی مانند کشت بافت و مهندسی ژنتیک، تولید سریع و انبوه گیاهان با ترکیبات ارزشمند را ممکن ساخته‌اند. ابزارهای سنجش از راه دور و GIS به شناسایی مناطق بهینه کشت و مدیریت پایدار منابع کمک می‌کنند. نانوفناوری با رهاسازی هدفمند کودها و آفت‌کش‌ها، مصرف سموم را کاهش می‌دهد. استفاده از عوامل کنترل بیولوژیک جایگزین ایمن‌تری برای سموم شیمیایی است و مالچ‌گذاری ارگانیک و بیوچار به بهبود کیفیت خاک و افزایش تولید متابولیت‌های دارویی کمک می‌کنند (de Oliveira et al., 2025).

در فرآوری، روش‌های خشک‌کردن پیشرفته مانند خشک‌کردن انجمادی و مایکروویو، ترکیبات فعال گیاهان را بهتر حفظ می‌کنند. استخراج با امواج فراصوت و سیالات فوق بحرانی بازده و کیفیت استخراج را افزایش داده و مصرف

1. Internet of Things

انرژی را کاهش می‌دهند. رعایت اصول کشاورزی خوب (GAP[1]) همراه با فناوری‌های نوین، تضمین‌کننده تولید محصولات با کیفیت، ایمن و پایدار است و به حفظ تنوع زیستی و سلامت مصرف‌کنندگان کمک می‌کند (Nordine et al., 2025).

در مدیریت کشت و فرآوری گیاهان دارویی، هوش مصنوعی و اینترنت اشیا (IoT) با استفاده از حسگرهای IoT و تصویربرداری ماهواره‌ای، پارامترهای رشد گیاهان را به‌صورت لحظه‌ای پایش می‌کنند. الگوریتم‌های یادگیری ماشین نیز با تحلیل داده‌های محیطی، عملکرد گیاهان را پیش‌بینی و بهترین زمان برداشت و شرایط بهینه کشت را تعیین می‌کنند (Sharma & Shivandu, 2024). همچنین در این حوزه می‌توان عملکرد گیاهان دارویی را با یادگیری ماشین پیش‌بینی کرد (شکل ۱).



شکل ۱. کاربردهای هوش مصنوعی در تحقیقات تولیدات گیاهی (اقتباس از Natural Product Communications).

جدول ۱، مقایسه عملکرد تعدادی از فناوری‌های پیشرفته در بهینه‌سازی تولید متابولیت‌های ثانویه در کشت چند گیاه دارویی را به همراه مزایا و معایب آن‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۱. تأثیر فناوری‌های نوین بر تولید گیاهان دارویی

نوع فناوری مورد استفاده	گیاه مورد مطالعه	ترکیب مؤثر	تأثیر اصلی	مزایا	محدودیت‌ها
کشت بافت	جینسنگ	جینسنوزیدها	افزایش ۳۵٪ محتوای فعال	تولید مستقل از شرایط محیطی	نیاز به دانش و تخصص فنی
مهندسی ژنتیک	زعفران	کروسین	بهبود ۴۵٪ رنگدانه	مقاومت به خشکی	حساسیت به تنظیم‌گری
سنجش از راه دور	گیاهان چینی	ترکیبات فنولی	شناسایی ۹۵٪ مناطق مستعد	صرفه‌جویی در زمان	نیاز به کالیبراسیون میدانی
سیستم اطلاعات جغرافیایی	گیاهان دارویی هند	-	بهینه‌سازی ۲۵٪ الگوی کشت	تصمیم‌گیری مبتنی بر داده	نیاز به داده‌های دقیق ورودی

1. Good Agricultural Practices

فناوری مهندسی ژنتیک به‌دلیل افزایش مقاومت به خشکی، از گزینه‌های برتر در کشت گیاهان دارویی است و سنجش از راه دور نیز کاربرد عملی گسترده‌ای دارد. با وجود پیشرفت‌ها، چالش‌هایی مانند هزینه بالای فناوری‌های نوین، نیاز به آموزش کشاورزان و مسائل اخلاقی مهندسی ژنتیک وجود دارد. همچنین تغییرات اقلیمی و کاهش منابع آب، ضرورت توسعه روش‌های سازگار با محیط زیست را افزایش داده است. لذا تحقیقات آینده باید روی بهینه‌سازی استخراج سبز و توسعه ارقام مقاوم به تنش‌های محیطی تمرکز کنند.

جمع‌بندی

ادغام دانش سنتی با فناوری‌های نوین، راه‌حل اصلی برای تولید پایدار و باکیفیت گیاهان دارویی است. روش‌هایی مانند کشت بافت، کشت ارگانیک و کنترل بیولوژیک آفات می‌توانند صنعت گیاهان دارویی را متحول کنند. برای تحقق این هدف، همکاری نزدیک میان محققان، کشاورزان و سیاست‌گذاران ضروری است و تحقیقات آینده باید بر توسعه روش‌های مقرون به صرفه و دوستدار محیط زیست تمرکز کند تا تولید انبوه با کیفیت بالا ممکن شود.

منابع

de Oliveira, M. S., Nollet, L. M., Kumar, R., de Aguiar Andrade, E. H., & da Silva Souza Filho, A. P. (Eds.). (2025). Natural Pesticides and Allelochemicals: Advances and Trends in Crop Protection.

Nordine, A. (2025). Trends in plant tissue culture, production, and secondary metabolites enhancement of medicinal plants: a case study of thyme. *Planta*, *261*(4), 84.

Sharma, K., & Shivandu, S. K. (2024). Integrating artificial intelligence and internet of things (IoT) for enhanced crop monitoring and management in precision agriculture. *Sensors International*, 100292.

Singh, G., & Sharma, S. (2024). A comprehensive review on the Internet of Things in precision agriculture. *Multimedia Tools and Applications*, 1-76.

Singh, P., Nayak, S. L., Sharkar, R., Sarkar, A., Dutta, S., & Paul, D. (2025). Application of modern techniques in cultivation of medicinal plants: a review. *Plant Archives*, 25(1), 1947-1962.

Sundarrajan, P., & Bhagtaney, L. (2024). Traditional medicinal plants as bioresources in health security. In *Ethnic Knowledge and Perspectives of Medicinal Plants* (pp. 53-75). Apple Academic Press.

The impact of modern technologies on the cultivation and processing of medicinal plants

Shabnam Abbasi
Department of Biology Education, Farhangian University, Tehran, Iran
*Corresponding Author: sh.abbasi@cfu.ac.ir

Abstract

Modern technologies, as transformative tools, play a significant role in enhancing the cultivation and processing of medicinal plants. Not only have these technologies contributed to improving the quantity and quality of products but have also increased profitability for farmers and producers by reducing costs and optimizing resource utilization. Recognizing the importance of modern technologies in improving the quality and yield of medicinal plants, this review article examines the impact of these technologies on cultivation and processing, utilizing recently published studies from reputable scientific databases. This study aims to analyze innovations and new technologies in improving the quality and production of medicinal plants. Among the technologies reviewed are tissue culture, genetic engineering, remote sensing, and geographic information systems, which are widely applied in the medicinal plant industry. These technologies have not only boosted productivity and product quality but have also increased profitability for farmers and producers by reducing costs and optimizing resources. Additionally, the application of these technologies comes with challenges that can be overcome through appropriate solutions. The findings of this research suggest that modern technologies play a pivotal role in achieving sustainable development within the medicinal plant industry offering effective tools to enhance competitiveness in international markets.

Keywords: Artificial intelligence, medicinal plant cultivation, medicinal plant processing, modern technologies, sustainable development.

اثر بخشی خاکستر برگ خرما به همراه ژل رویال بر قطع خونریزی موضعی و ترمیم زخم در خرگوش

فروغ طالب نجف‌آبادی[۱]، سمیه مهدیه نجف‌آبادی*[۲]، حمید قیومی[۳]، هانیه کاظمی[۴]، ستاره براتیه[۵] و روح‌اله منتظری[۶]

۱- کارشناسی ارشد بیوشیمی، تهران، ایران

۲- کارشناسی ارشد زیست شناسی تکوین جانوری، تهران، ایران

۳- (DBA) دکترای کسب و کار گرایش صنایع غذایی و شیلات، تهران، ایران

۴- ریاضی فیزیک، تهران، ایران

۵- علوم تجربی، تهران، ایران

۶- دکتری دامپزشکی عمومی، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: mahdeih98@gmail.com

چکیده

در گذشته، استفاده از مواد طبیعی برای کنترل خونریزی و بهبود زخم مرسوم بوده است. این مطالعه با هدف بررسی خاکستر درخت خرما در قطع خونریزی و همچنین ارزیابی توان ترمیمی ژل رویال طراحی شد. در این مطالعه تجربی، ۴۰ خرگوش سفید نژاد نیوزلندی به طور تصادفی به ۵ گروه شامل گروه کنترل، گروه درمان با روغن زیتون و پودر برگ خرما، گروه درمان با خاکستر برگ خرما با ژل رویال، گروه درمان با خاکستر برگ خرما، گروه درمان با پماد تتراسایکلین تقسیم شدند. پس از بی‌حسی، زخم تجربی به وسیله اسکالپل در پای راست و گوش با قطر ۵ میلی‌متر ایجاد و زمان قطع خون‌ریزی اندازه‌گیری گردید. میزان ترمیم زخم در روزهای هفتم و چهاردهم ارزیابی شد. تیمار با روغن زیتون و پودر برگ خرما تأثیر قابل‌توجهی در کاهش زمان خونریزی نداشت و بهبود نسبی در ترمیم زخم نسبت به گروه کنترل مشاهده شد. ترکیب خاکستر برگ خرما با ژل رویال موجب کاهش معنی‌دار در زمان خونریزی و تشکیل لخته خون و بهبود بارز زخم به ویژه در روز چهاردهم، نسبت به سایر گروه‌ها گردید. خاکستر برگ خرما باعث قطع سریع خونریزی با خاصیت ترمیم‌کنندگی بالا، اما با انقباض و ایجاد اسکار همراه شد. پماد تتراسایکلین باعث بهبود زخم شد، اما تأثیرکم تری در قطع خونریزی داشت. خاکستر برگ خرما، دارای خاصیت انعقاد خون بالایی دارد و ژل رویال نیز توانمندی بالایی در فرآیند ترمیم زخم از خود نشان داد، به همین جهت ترکیب این دو می‌تواند جایگزین مناسبی برای درمان‌های شیمیایی رایج باشد.

واژه‌های کلیدی: ترمیم زخم، خاکستر برگ خرما، خونریزی موضعی، روغن زیتون، ژل رویال

The effect of date leaf ash with royal jelly in stopping local bleeding and wound healing in rabbits

Frogh Taleb Najafabadi[1], Somayeh mahdieh Najafabadi[2]*, Hamid Ghaumi [3], Hanieh kazemi[4], Setare Baratie[5], Rouhollah montazeri[6]
1. Master of Science in Biochemistry, Tehran, Iran
2. Master of Science in Animal Evolutionary Biology, Tehran, Iran
3. Doctorate of Business Administration (DBA) in Fisheries and Food industry, Tehran, Iran
4. Mathematics Physics, Tehran, Iran
5. Experimental sciences, Tehran, Iran
6. Doctor of General Veterinary Medicine, Tehran, Iran
Corresponding Author: mahdeih98@gmail.com

Abstract

In the past, it was common to use natural substances to control bleeding and heal wounds. This study was designed to investigate the use of date palm ash in stopping bleeding and also to evaluate the regenerative power of royal jelly. In this experimental study, 40 New Zealand White rabbits were randomly divided into 5 groups including control group, olive oil and palm leaf powder treatment group, palm leaf ash with royal jelly treatment group, palm leaf ash treatment group, and tetracycline ointment treatment group. After anesthesia, a 5 mm diameter experimental wound was made on the right leg and ear using a scalpel, and the time to stop bleeding was measured. The degree of wound healing was assessed on days 7 and 14. Treatment with olive oil and date leaf powder had no significant effect on reducing bleeding time, and a relative improvement in wound healing was observed compared to the control group. The combination of date leaf ash with royal jelly resulted in a significant reduction in bleeding time and blood clot formation, and significant wound healing, especially on the fourteenth day, compared to other groups. Date leaf ash caused rapid cessation of bleeding with high healing properties, but was associated with contraction and scar formation. Tetracycline ointment caused wound healing, but was less effective in stopping bleeding. Date leaf ash has high blood clotting properties, and royal jelly has also shown great potential in the wound healing process, so the combination of the two can be a good alternative to common chemical treatments.

Keywords: Wound healing, date leaf ash, local bleeding, olive oil, royal jelly

تعیین بیوانفورماتیکی ژن‌های کلیدی موثر در حساسیت به ایندول-۳-کاربینول در رده سلولی سرطانی MCF-7

زهره جهان‌افروز*
استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
*نویسنده مسئول: jahanafrooz@maragheh.ac.ir

چکیده

ایندول-۳-کاربینول یک ترکیب طبیعی موجود در در انواع سبزیجات چلیپائی است که اثرات ضد سرطانی آن در مطالعات بسیاری گزارش شده است. در این مطالعه، تاثیر ایندول-۳-کاربینول بر بیان ژن در رده سلولی سرطان پستان MCF-7 برای شناسایی ژن‌هایی که در حساسیت به ایندول-۳-کاربینول نقش مهمی دارند، بررسی شد. ابتدا داده‌های ریزآرایه از GSE55897 برای یافتن ژن‌های تغییر بیان یافته از پایگاه GEO در سلول MCF-7 تحت درمان ایندول-۳-کاربینول استخراج و بررسی شدند. برهمکنش پروتئین-پروتئین با استفاده از پایگاه داده STRING و برنامه Cytoscape تجزیه و تحلیل شد. در مجموع ۶۷۴۸ ژن تغییر بیان یافته ($|\log2FC| \geq 0$ and adjusted P value ≤ 0.05) در مجموعه داده‌ی GSE55897 یافت شد. در سلول‌های MCF-7 تیمار شده با ایندول-۳-کاربینول، ۲۹۰۱ ژن افزایش بیان و ۳۸۴۷ ژن کاهش بیان نشان دادند. ژن‌های EP300 و ESR1 بالاترین امتیاز را در شبکه پروتئین-پروتئین بر اساس رتبه‌بندی الگوریتم درجه در Cytoscape نشان دادند. ژن‌های EP300 و ESR1 به عنوان ژن‌های کلیدی انتخاب شدند. این مطالعه نشان داد که یکی از مکانیسم‌های مولکولی ایندول-۳-کاربینول در سلول‌های سرطان پستان از نوع ESR-Positive، از طریق کاهش بیان ژن ESR1 است، بنابراین، ایندول-۳-کاربینول می‌تواند به عنوان یک عامل ضدسرطانی امیدوارکننده در ترکیب با درمان‌های مرسوم برای سرطان پستان از نوع ESR-Positive استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: ایندول-۳-کاربینول، سبزیجات چلیپائی، سرطان پستان

مقدمه

در طول تاریخ بشر، به تاثیر تغذیه و رژیم غذایی بر پیشگیری از سرطان و سایر بیماری‌ها توجه شده است. استفاده از ترکیبات گیاهی مکمل به عنوان یک راهکار برای پیشگیری از سرطان و همچنین مقابله با مقاومت دارویی سرطان پیشنهاد شده است. ایندول-۳-کاربینول یک ماده شیمیایی گیاهی طبیعی است که در در انواع سبزیجات چلیپائی مانند کلم، گل کلم، کلم بروکلی و کلم بروکسل وجود دارد. تعدادی از مطالعات in vitro و in vivo نشان داده‌اند که ایندول-۳-کاربینول از ایجاد سرطان‌های وابسته به استروژن از جمله سرطان سینه، آندومتر و دهانه رحم تا حدی جلوگیری می‌کند. ایندول-۳-کاربینول فعالیت‌های ضد توموری عمیقی از جمله مهار کردن پیشرفت چرخه سلولی، تحریک آپوپتوز و کاهش تهاجم و متاستاز تومور نشان داده است (Nagia et al., 2024). اعتقاد بر این است که فعالیت ضد استروژنی ممکن است مکانیسم مهم ایندول-۳-کاربینول در پیشگیری از سرطان سینه و سایر سرطان‌های وابسته به استروژن باشد. دو شکل مختلف از گیرنده استروژن هسته‌ای وجود دارد که فاکتورهای رونویسی وابسته به

لیگاند هستند که توسط دو ژن مختلف درکروموزوم شش و چهارده به ترتیب ESR1 و ESR2 کدگذاری می‌شوند. این فاکتورهای رونویسی در فعال سازی بیان ژن‌های درگیر در چرخه سلولی نقش اساسی دارند. در مطالعه‌ای گزارش شده است که ایندول-۳-کاربینول باعث افزایش بیان BRCA1 در سرطان پستان می‌شود و این BRCA1 با اتصال فیزیکی به ESR1 فعالیت رونویسی آن را تا حدی کاهش می‌دهد (Nagia et al., 2024). از آنجایی که حدود ۸۰ درصد سرطان‌های پستان از نوع ESR-Positive هستند، مطالعه مکانیسم مولکولی ایندول-۳-کاربینول حائز اهمیت است (Lumachi et al., 2015).

در این مطالعه تاثیر ایندول-۳-کاربینول بر بیان ژن در رده سلولی سرطان سینه از نوع ESR-Positive (MCF-7) با آنالیز داده‌های ریزآرایه در پایگاه GEO مورد بررسی قرار گرفت. برهمکنش پروتئین-پروتئین مربوط به ژن‌های تغییر بیان یافته با استفاده از پایگاه STRING و برنامه Cytoscape برای یافتن ژن‌های hub و رتبه آن‌ها بررسی شد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری داده و جستجوی ژن‌های تغییر بیان یافته

پایگاه داده GEO برای یافتن داده‌های ریزآرایه (Microarray) مربوط به رده سلولی MCF-7 سرطان سینه برای یافتن ژن‌های تغییر بیان یافته تحت تاثیر ایندول-۳-کاربینول (۲۰۰ میکرومولار در زمان ۲۴ ساعت) بررسی شد. این داده‌ها مربوط به دیتاست GSE55897 کشور USA بودند. ژن‌ها با روش GEO2R مورد بررسی قرار گرفتند. ژن‌های تغییر بیان یافته ($|log2FC| \geq 0$) با سطح معنی‌داری adj p-value کمتر از ۰،۰۵ در نظر گرفته شد.

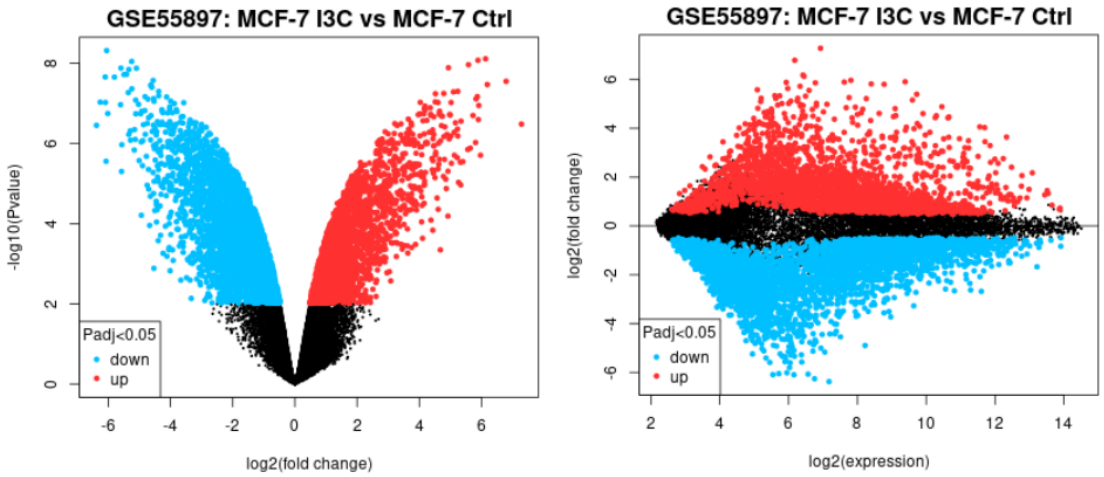
بررسی برهمکنش پروتئین-پروتئین

برهمکنش پروتئین-پروتئین ژن‌هایی که به طور معنی‌دار ($adj\ p\text{-}value < 0.05$) تغییر بیان داشتند با پایگاه Search Tool for the Retrieval of Interacting Genes/Proteins (STRING) بررسی شد. افزونه cytoHubba برنامه Cytoscape برای تعیین ژن‌های کلیدی یا hub و رتبه آن‌ها بررسی شد. معیار بررسی ژن‌های hub و رتبه آن‌ها الگوریتم Degree در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

ژن‌های تغییر بیان یافته تحت تیمار ایندول-۳-کاربینول

بر طبق روش GEO2R، ایندول-۳-کاربینول باعث افزایش بیان ۲۹۰۱ ژن و کاهش بیان ۳۸۴۷ ژن به طور معنی‌دار ($adj\ p\text{-}value < 0.05$) در سلول MCF-7 شده است (شکل ۱). ژن TRQ1 بیشترین افزایش بیان ($log2FC = 7.28$) و ژن BCAR3 بیشترین کاهش بیان ($log2FC = -6.38$) را داشتند. در ادامه ژن‌های با میزان تغییر بیان مساوی یا بزرگتر از ۴ برابری ($|log2FC| \geq 2$) در گروه تیمار نسبت به کنترل برای تعیین ژن‌های کلیدی انتخاب شدند. با توجه به اینکه اکثر ترکیبات گیاهی ژن‌ها و مسیرهای سلولی متعددی را مورد هدف قرار می‌دهند (Jahanafrooz et al., 2018)، بنابراین تغییر بیان گسترده ژن‌ها تحت تاثیر ایندول-۳-کاربینول دور از انتظار نیست این نشان دهنده این است که این ترکیب گیاهی نیز با تحت تاثیر قرار دادن بیش از یک مسیر سلولی اثر ضد سرطانی خود را اعمال می‌کند.



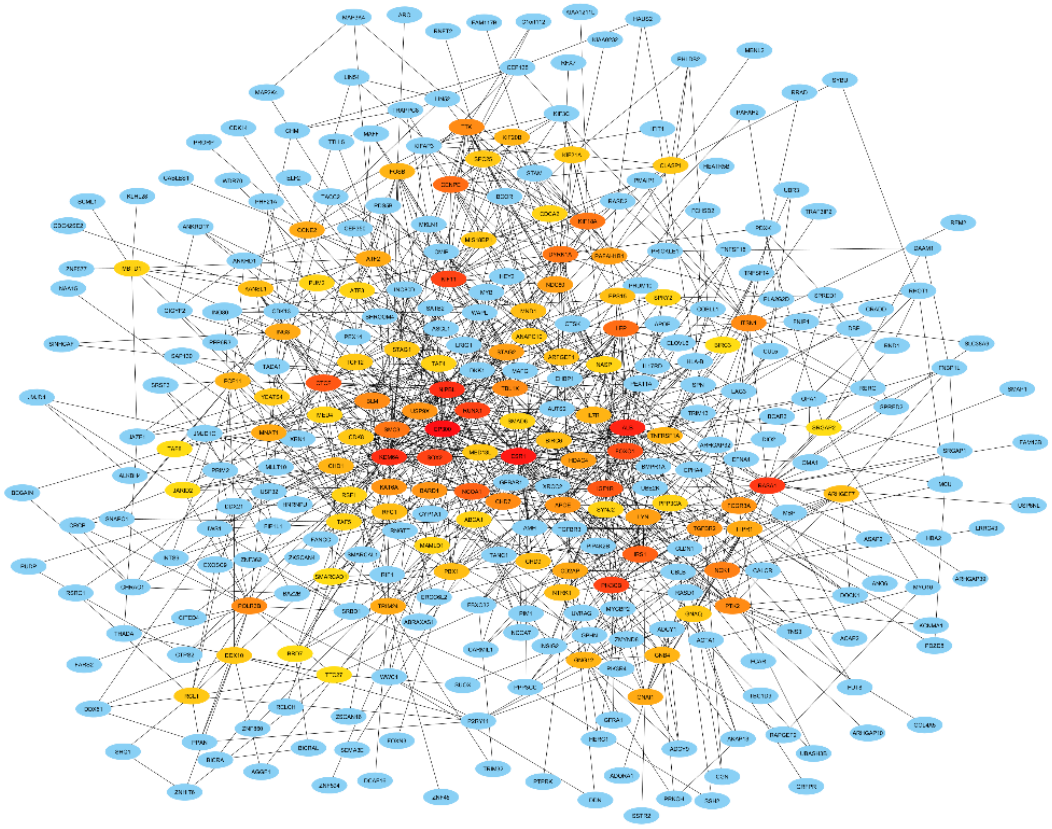
شکل ۱. نمودار آتشفشانی ژن‌های تغییر بیان یافته (سمت چپ) و منحنی میانگین سطح تغییر بیان ژن‌ها (سمت راست) در رده سلولی MCF-7 تحت تاثیر ایندول-۳-کاربینول (I3C). هر نقطه نشان دهنده یک ژن است. رنگ قرمز نشان دهنده ژن‌های افزایش بیان یافته و رنگ آبی نشان دهنده ژن‌های کاهش بیان یافته است.

بررسی شبکه برهمکنش پروتئین-پروتئین برای تعیین ژن‌های کلیدی

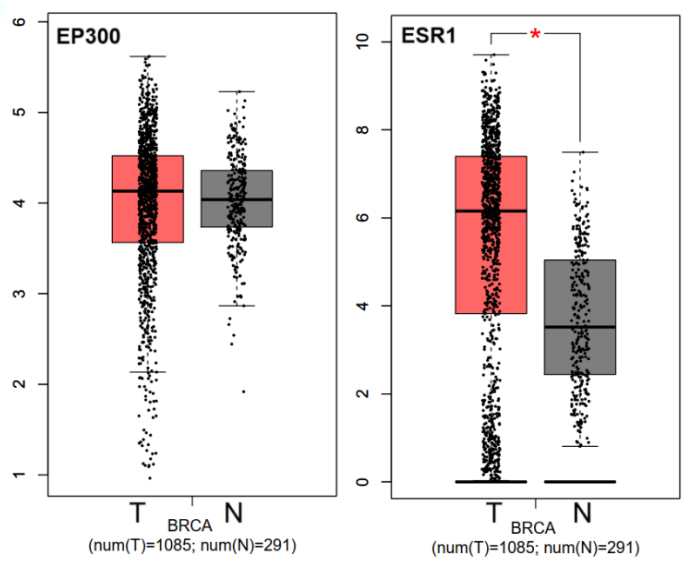
بر اساس پایگاه داده STRING و برنامه Cytoscape شبکه پروتئین ژن‌های تغییر بیان یافته طراحی شد (شکل ۲). بر اساس رتبه‌بندی الگوریتم Degree، دو ژن EP300 و ESR1 به عنوان ژن‌های کلیدی مشخص شدند. ایندول-۳-کاربینول باعث کاهش بیان ۸ برابری EP300 (log2FC = -3) و کاهش بیان بیش از ۲۵ برابری ژن ESR1 (log2FC = -4.7) در سلول MCF-7 شده است. ژن EP300 کد کننده یک آنزیم اسیل ترنسفراز است که در تغییر ساختار کروماتین و بیان ژن‌ها نقش مهمی دارد. نقش این ژن در سرطان‌های متعددی از جمله سرطان پستان تایید شده است و همراهی مثبت افزایش بیان این ژن در افزایش تکثیر سلولی گزارش شده است (Ring et al., 2020). ژن ESR1 هم کد کننده گیرنده استروژن یک یا آلفا است که افزایش بیان آن باعث پیشرفت اکثر سرطان‌ها و از جمله سرطان پستان می‌شود. مهار عملکرد ESR1 به عنوان یک راهکار درمانی در سرطان مطرح شده است (Belachew and Sewasew, 2021).

بررسی ژن‌های کلیدی در پایگاه داده GEPIA در سرطان پستان

پایگاه داده GEPIA-2022 برای بررسی سطح بیان ژن‌های کلیدی در سرطان پستان مورد استفاده قرار گرفت. ژن‌های EP300 و ESR1 در سرطان پستان دچار افزایش بیان می‌شوند (شکل ۳) که هر دوی این ژن‌ها توسط ایندول-۳-کاربینول مهار شده‌اند. این نشان دهنده اهمیت دو ژن P300 و ESR1 در سرطان پستان می‌باشد. بنابراین یک مکانیسم مولکولی اصلی ایندول-۳-کاربینول در کاهش رشد و تکثیر سلول MCF-7 از طریق کاهش بیان دو ژن اصلی EP300 و ESR1 در آن سلول است.



شکل ۲. شبکه پروتئین-پروتئین مربوط به ژن‌های تغییر بیان یافته در اثر تیمار ایندول-۳-کاربینول در سلول MCF-7. همانطور که در شکل مشخص است دو ژن P300 و ESR1 بالاترین شدت رنگ قرمز را دارند.



شکل ۳. افزایش بیان معنی‌دار (P value < 0.05) ژن ESR1 و افزایش بیان ژن EP300 در بافت‌های سرطانی (T) نسبت به بافت نرمال (N) در سرطان پستان (BRCA) طبق پایگاه داده GEPIA برطبق داده‌های TCGA.

منابع

Belachew, E. B., and Sewasew, D. T. (2021). Molecular mechanisms of endocrine resistance in estrogen-receptor-positive breast cancer. *Frontiers in endocrinology* 12, 599586.

Jahanafrooz, Z., Motamed, N., Rinner, B., Mokhtarzadeh, A., and Baradaran, B. (2018). Silibinin to improve cancer therapeutic, as an apoptotic inducer, autophagy modulator, cell cycle inhibitor, and microRNAs regulator. *Life sciences* 213, 236-247.

Lumachi, F., Santeufemia, D. A., and Basso, S. M. (2015). Current medical treatment of estrogen receptor-positive breast cancer. *World journal of biological chemistry* 6, 231–239.

Nagia, M., Morgan, I., Gamel, M. A., and Farag, M. A. (2024). Maximizing the value of indole-3-carbinol, from its distribution in dietary sources, health effects, metabolism, extraction, and analysis in food and biofluids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 64, 8133-8154.

Ring, A., Kaur, P., and Lang, J. E. (2020). EP300 knockdown reduces cancer stem cell phenotype, tumor growth and metastasis in triple negative breast cancer. *BMC Cancer* 20, 1076.

Bioinformatic Identification of Hub Genes Accounted for Sensitivity to Indole-3-Carbinol in MCF-7 Cancer Cell Line

Zohreh Jahanafrooz [1]*
Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Maragheh, Maragheh, Iran
*Corresponding Author: jahanafrooz@maragheh.ac.ir

Abstract

Indole-3-carbinol (I3C) is a naturally occurring phytochemical present in cruciferous vegetables which its anticancer effects have been reported in many studies. In this study, the effect of I3C on gene expression in MCF-7 breast cancer cell line was investigated to identify hub genes that accounted for sensitivity to I3C. First, the microarray data retrieved from GSE55897 and analyzed from the GEO database to find the differentially expressed genes (DEGs) under I3C treatment. Protein-protein interaction was analyzed using STRING database and Cytoscape program. A total of 6748 DEGs ($|\log2FC| \geq 0$ and adjusted P value ≤ 0.05) were found in GSE55897 datasets. 2901 genes were upregulated and 3847 gene downregulated under I3C treatment in MCF-7 cells. EP300 and ESR1 genes showed the highest score in the protein-protein network based on the ranking of the Degree algorithm in Cytoscape. EP300 and ESR1 genes were selected as hub genes. This study showed that one of the molecular mechanisms of I3C in ESR-positive breast cancer cells is through downregulation of ESR1 so, I3C can be used as a promising anticancer agent in combination with conventional therapies for this subtype of breast cancers.

Keywords: Breast Cancer, Cruciferous Vegetables, Indole-3-Carbinol

تاثیر محلول‌پاشی اسیدهیومیک و سلنیوم بر رشد و برخی صفات فیزیولوژیک شوید

مائده محمدزاده[۱]، مهدیه صفوی هیق[۲]، لمیا وجودی مهربانی[۳*]

۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران

۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: Vojodilamia@gmail.com

چکیده

شوید با نام علمی *Anethum graveolens* گیاهی معطر از خانواده چتریان می‌باشد که کاربرد گسترده‌ای در صنایع غذایی، آرایشی، بهداشتی و دارویی دارد. یکی از رهیافت‌های نوین در مدیریت مزارع گیاهان دارویی استفاده از عناصر غذایی (سلنیوم) و محرک‌های رشدی (اسید هیومیک) می‌باشد که با کمک به بهبود رشد و نمو گیاه، به افزایش بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه در گیاه کمک می‌کند. به‌منظور ارزیابی تاثیر محلول‌پاشی اسیدهیومیک و سلنیوم (عدم محلول‌پاشی و ۲ میلی‌گرم در لیتر) بر رشد و برخی صفات فیزیولوژیک شوید آزمایشی در قالب طرح کاملا تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین طول برگ در تیمار اسید هیومیک مشاهده شد. اسید هیومیک و سلنیوم تأثیر مثبتی بر محتوای نیتروژن و فسفر گیاه داشتند. محتوای پتاسیم تحت‌تأثیر کاربرد اسید هیومیک افزایش یافت. بیشتر محتوای آب نسبی برگ در تیمارهای کاربرد اسید هیومیک و سلنیوم مشاهده شد که نشان‌دهنده افزایش ۲۲ درصدی نسبت به شاهد بود. کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش محتوای فنل کل و فلانوئید گیاه شد که نشان‌دهنده کارآیی تیمار مورد استفاده می‌باشد. از نظر محتوای اسانس، بیشترین محتوای اسانس در تیمار اسید هیومیک مشاهده شد که نشان‌دهنده افزایش ۷۸ درصدی نسبت به شاهد و ۳۱ درصدی نسبت به سلنیوم بود. بر اساس نتایج به دست آمده کاربرد هردو ترکیب تاثیر مثبت بر صفات مورد مطالعه داشت و نتایج حاصل قابل تعمیم به بخش ترویج کشاورزی است.

واژه‌های کلیدی: آب نسبی برگ، اسانس، فلاونوئید، فنل

مقدمه

شوید با نام علمی *Anethum graveolens* گیاهی معطر از خانواده چتریان می‌باشد که کاربرد گسترده‌ای در صنایع غذایی، آرایشی، بهداشتی و دارویی دارد. اسید هیومیک خواص فیزیکوشیمیایی خاک را با افزایش محتوای مواد آلی و جمعیت میکروبی خاک بهبود می‌بخشند. اسید هیومیک نقش مهمی در افزایش کارآیی فتوسنتزی، افزایش طول ریشه و تحریک رشد ریشه‌های ثانویه در گیاه دارد. تاثیر اسید هیومیک بر گیاه بستگی به غلظت آن دارد (Habibi Sharafabad et al., 2022). سلنیوم با کمک به افزایش جذب مواد مغذی، بهبود کیفیت محصول، افزایش مقاومت در برابر تنش (ارتقای سطح ترکیبات فنلی)، به بهبود رشد و نمو گیاه کمک می‌کند. سلنیوم نقش مهمی در حفظ سیستم ایمنی، کاهش بیماری‌های قلبی و عروقی و تنظیم تیروئید در موجودات زنده دارد. بنابراین، کاربرد آن به‌عنوان یک محرک زیستی مستلزم انتخاب دقیق غلظت مناسب براساس ویژگی‌های گونه‌های گیاهی می‌باشد (Skrypnik et al., 2024).

با توجه به نقش تغذیه در رشد و برخی صفات فیزیولوژیک گیاه، هدف از بررسی حاضر ارزیابی تاثیر محلول‌پاشی با سلنیوم و اسید هیومیک بر رشد و برخی صفات فیزیولوژیک شوید می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تاثیر محلول‌پاشی با اسید هیومیک و سلنیوم (عدم محلول‌پاشی و ۲ میلی‌گرم در لیتر) بر رشد و برخی صفات فیزیولوژیک شوید آزمایشی در قالب طرح کاملا تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان انجام شد. تعداد ۱۰ بذر در گلدان‌های ۵ لیتری با سه تکرار در خاک کاشته شد. بعد از رسیدن به مرحله سه برگی اولین محلول‌پاشی انجام شده و مرحله دوم ۱۵ روز بعد تکرار شد. برای اندازه‌گیری محتوای فنل و فلاونوئید از عصاره متانول اسیدی استفاده شد. محتوای فنل کل، با استفاده از معرف فولن-سیوکالتو تعیین شد و محتوای فنل کل بر مبنای استاندارد اسید گالیک به کمک اسپکتروفتومتر (China+, T80) محاسبه شد. برای اندازه‌گیری محتوای فلاونوئید کل، از روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم استفاده شد. از منحنی استاندارد کوئرستین برای تعیین محتوای فلاونوئید استفاده شد (Chang et al., 2002). محتوای نیتروژن به‌روش کجلدال، فسفر به روش رنگ‌سنجی کالریمتریک (رنگ زرد مولیبدات وانادات) و پتاسیم به وسیله دستگاه فلیم فتومتری (England, 410, Corning) اندازه‌گیری شد (AOAC 1990). برای اندازه‌گیری محتوای اسانس ۳۰ گرم از بخش هوایی خشک شده به روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر اسانس‌گیری شد. برای اندازه‌گیری محتوای آب نسبی برگ، از روش (Khorasaninejad et al., 2018) استفاده شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با کمک آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

طول و عرض برگ، تعداد ساقه، وزن تر و خشک گیاه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که طول و عرض برگ، وزن تر و خشک برگ تحت تأثیر تیمار آزمایشی قرار گرفت (جدول ۱). براساس نتایج حاصل بیشترین طول برگ در تیمار اسید هیومیک به میزان ۱۳/۴ سانتی‌متر مشاهده شد. وزن تر و خشک برگ تحت تاثیر اثرات مثبت هر دو کود قرار گرفت (جدول ۲). کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش تعداد ساقه به شش عدد شد که نشان‌دهنده افزایش ۱۰۰ درصدی نسبت به شاهد بود (جدول ۲). کاربرد اسید هیومیک وزن تر و خشک گیاه مرزنگوش را افزایش داد (Hanfy et al., 2019). استفاده از نانوذره سلنیوم منجر به افزایش صفات رشدی و فتوسنتزی مریم‌گلی شد (Skrypnik et al., 2024). چنین به‌نظر می‌رسد کاربرد هردو ترکیب در بررسی حاضر با بهبود متابولیسم اولیه و ثانویه گیاه منجر به افزایش عملکرد گیاه گردید.

محتوای اسانس

بیشترین محتوای اسانس در تیمار اسید هیومیک مشاهده شد که نشان‌دهنده افزایش ۷۸ درصدی نسبت به شاهد و ۳۱ درصدی نسبت به سلنیوم بود (جدول ۲). اسید هیومیک نقش مثبت در جذب عناصر غذایی توسط گیاه داشته و با بهبود متابولیسم اولیه گیاه و تامین منابع لازم برای رشد گیاه موجب افزایش متابولیت‌های ثانویه در گیاه می‌شود (Noroozisharaf and Kaviani, 2018). در پونه کوهی استفاده از اسید هیومیک (HtAytaç et al., 2022) و

نانوذره سلنیوم در مریم‌گلی (Skrypnik et al., 2024) منجر به افزایش محتوای اسانس و اجزای اسانس گیاه شد که همسو با نتایج مطالعات انجام شده فوق است.

محتوای عناصر

کاربرد اسید هیومیک و سلنیوم تأثیر مثبت بر محتوای نیتروژن و فسفر گیاه داشت. محتوای پتاسیم در تیمار کاربرد اسید هیومیک افزایش یافت (جدول ۲). افزایش در محتوای عناصر در اثر کاربرد سلنیوم در گیاه گزارش شد (Bereta Lanza and dos Reis, 2021). نتایج یک بررسی در آویشن نشان داد که استفاده از اسید هیومیک موجب افزایش محتوای عناصر گیاه شد (Noroozisharaf and Kaviani, 2018) که همسو با نتایج بررسی حاضر است. کاربرد اسید هیومیک نقش مثبت در جذب و انتقال عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف داشته و با بهبود رشد ریشه به افزایش رشد گیاه کمک می‌کند (Noroozisharaf and Kaviani, 2018).

آب نسبی برگ

بیشترین محتوای آب نسبی برگ در تیمارهای کاربرد اسید هیومیک و سلنیوم مشاهده شد که نشان‌دهنده افزایش ۲۲ درصدی نسبت به شاهد بود (جدول ۲). کاربرد اسید هیومیک موجب افزایش محتوای آب نسبی برگ در گیاه اکیناسه شد (Khorasaninejad et al., 2018). کاربرد اسید هیومیک با کمک به بهبود فتوسنتز و منفی‌تر کردن پتانسیل اسمزی سلول نقش مثبت در جذب آب توسط گیاه را داشته و به این طریق به افزایش رشد گیاه کمک می‌کند.

محتوای فنل کل و فلانوئید

کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش محتوای فنل کل (۷۸ میلی‌گرم بر گرم وزن‌خشک) و فلانوئید (۳۱ میلی‌گرم بر گرم وزن‌خشک) گیاه شد که نشان‌دهنده کارآیی تیمار مورد استفاده در افزایش هر دو ترکیب بود (جدول ۲). کاربرد اسید هیومیک موجب افزایش ترکیبات فنلی گیاه اکیناسه شد (Khorasaninejad et al., 2018). استفاده از نانوذره سلنیوم در گیاه سویا منجر به افزایش جذب فسفر و گوگرد در گیاه شد (Adriely et al., 2023). افزایش دسترسی گیاه به منابع کربنی در اثر کاربرد سلنیوم و اسید هیومیک یکی از دلایل افزایش محتوای ترکیبات فنلی در گیاه می‌باشد.

جدول ۱. تجزیه واریانس تاثیر محلول‌پاشی بر صفات رشدی و فیزیولوژیکی شوید

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول برگ	عرض برگ	وزن خشک برگ	وزن تر برگ	تعداد ساقه	محتوای اسانس	محتوای نیتروژن	محتوای فسفر	محتوای پتاسیم	محتوای آب نسبی برگ	محتوای فنل کل	محتوای فلانوئید
تیمار	۲	۱۲۱*	۳۸*	۰/۱۷*	۴۲۱**	۱۴*	۳/۰**	۸۷*	۴۸*	۳۹*	۲/۵**	۹/۲**	۳/۴**
خطا	۶	۲۴	۷	۰/۰۱	۱۶	۵/۲	۰/۱۹	۱/۹	۳/۷	۷/۱	۰/۶۶	۱/۴	۰/۹
ضریب تغییرات		۷	۱۱	۸	۱۰	۷/۸	۷/۴	۱۰	۵/۹	۴/۴	۳/۴	۶	۸

ns، * و ** به ترتیب به مفهوم عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

جدول ۲. مقایسه میانگین تاثیر محلول‌پاشی بر صفات رشدی و فیزیولوژیکی شوید

محلول پاشی	طول برگ (سانتی‌متر)	وزن خشک برگ (گرم)	وزن‌تر برگ (g)	تعداد ساقه	محتوای اسانس (درصد)	محتوای نیتروژن (گرم بر کیلوگرم)	محتوای فسفر (gگرم بر کیلوگرم)	محتوای پتاسیم (گرم بر کیلوگرم)	محتوای آب نسبی برگ (درصد)	محتوای فنل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)	محتوای فلاونوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)
شاهد	۸^{c}	۰/۲۸^{b}	۱۹^{b}	۳^{c}	۰/۹^{c}	۱۱^{b}	۵/۶^{b}	۲۴^{c}	۷۸^{b}	۶۱^{b}	۲۴^{b}
اسید هیومیک	۱۴^{a}	۰/۳۶^{a}	۳۸^{a}	۶^{a}	۱/۶^{a}	۱۹^{a}	۸/۹^{a}	۳۹^{a}	۹۵^{a}	۷۸^{a}	۳۱^{a}
سلنیوم	۱۲^{b}	۰/۳۱^{ab}	۳۲^{ab}	۴^{b}	۱/۱^{b}	۱۸a	۸/۸^{a}	۳۱^{b}	۹۶^{a}	۶۶^{b}	۳۷^{b}

میانگین‌هایی با حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار آماری بر اساس آزمون LSD (P≤5%) می‌باشند.

نتیجه‌گیری کلی

امروزه به دلیل تمایل به کاهش مصرف کودهای شیمیایی، استفاده از اسید هیومیک و سلنیوم در پرورش گیاهان دارویی و معطر مورد توجه قرارگرفته است. نتایج حاصل از بررسی حاضر نشان‌دهنده تاثیر مثبت اسید هیومیک و سلنیوم بر رشد و بهبود برخی صفات فیزیولوژیک گیاه بود. افزایش جذب عناصر غذایی در اثر کاربرد هر دو ترکیب، منجر به بهبود محتوای اسانس گیاه شد. با توجه به موارد ذکر شده، نتایج حاصل از بررسی حاضر قابل تعمیم به بخش ترویج کشاورزی است.

منابع

Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M. and Cher, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drag Analysis*, *10*, 178-182.

Hanfy, M. R., ElShafay, R. M. M. A., Ali, M. A. M. and Abdallah, S. A. S. (2019). Effect of humic acid and acetyl salicylic acid on improving productivity of oregano (*Origanum syriacum* L.) plant irrigated with saline water. *Menoufia Journal of Plant Production*, *4*, 305–317.

Khorasaninejad, S., Alizadeh Ahmadabadi, A. and Hemmat, K. (2018). The effect of humic acid on leaf morphophysiological and phytochemical properties of *Echinacea purpurea* L. under water deficit stress, *Scientia Horticulturae*, *239*, 314-323.

Noroozisharaf, A. and Kaviani, M. (2018). Effect of soil application of humic acid on nutrients uptake, essential oil and chemical compositions of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.) under greenhouse conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, *24*, 423-431.

Skrypnik, L., Feduraev, P., Golubkina, N., Maslennikov, P., Antipina, M., Katserov, D., Murariu, O. C., Tallarita, A. V. and Caruso, G. (2024). Foliar spraying of selenium in inorganic and organic forms stimulates plant growth and secondary metabolism of sage (*Salvia officinalis* L.) through alterations in photosynthesis and primary metabolism. *Scientia Horticulturae*, *338*, 113633, https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113633.

The effect of humic acid and selenium foliar application on growth and some physiological traits of *Anethum graveolens* L.

Maedeh Mohammadzadeh[1], Mahdiyeh Safavi Hiyag[2], Lamia Vojodi Mehrabani[3*]

1. MS.c. student department of Horticulture Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran
2. MS.c. student department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran
3. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

Corresponding author: Vojodilamia@gmail.com

Abstract

Anethum graveolens L., is an aromatic plant from the Asteraceae family that is widely used in the food, cosmetic, health, and pharmaceutical industries. One of the new approaches in managing medicinal plant farms is the use of nutrients (selenium) and growth stimulants (humic acid), which help improve plant growth, development and increase the biosynthesis of secondary metabolites in the plant. In order to evaluate the effect of foliar application of humic acid and selenium (without spray and 2 mgL^{-1}) on the growth and some physiological traits of dill, an experiment was conducted in the form of a completely randomized design in the research greenhouse of Azerbaijan Shahid Madani University. The results showed that the highest leaf length was observed in humic acid treatment. Humic acid and selenium had a positive effect on nitrogen and phosphorus content of the plant. Potassium content increased under the influence of humic acid application. The top content of leaves relative water content was observed in humic acid and selenium treatments, which showed a 22% increase compared to the control. The application of humic acid increased the content of total phenol and flavonoids of the plant. In terms of essential oil content, the highest essential oil content was observed in the humic acid treatment, which showed an increase of 78% compared to control and 31% compared to selenium. Based on the results, the use of both combinations had a positive effect on the studied traits, and the results can be generalized to the agricultural extension sector.

Keywords: Essential oil, Flavonoid, Phenol, Leaf relative water.

اثر تیمارهای مختلف تغذیه بر رشد و عملکرد مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad)

لیلی صفایی*[۱]، بهلول عباس‌زاده[۲]، داود امین آزرم[۳]

۱. مربی پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

۲. دانشیار، بخش تحقیقات گیاهان داروئی و معطر، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۳. استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

*نویسنده مسئول: lilisafaii1971@gmail.com

چکیده

مدیریت تغذیه گیاهی یکی از عوامل موفقیت کشت و کار گیاهان دارویی می‌باشد و تعیین نوع و مقدار کود مورد نیاز هر گیاه می‌تواند منجر به افزایش عملکرد کمی و کیفی آن گردد. به همین منظور تحقیق حاضر جهت بررسی واکنش مرزه خوزستانی (*S. khuzistanica*) به روش‌های مختلف حاصلخیزی خاک، تحقیقی در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان به مدت سه سال زراعی (۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹) اجرا گردید. تیمارهای تغذیه نسبت‌های مختلفی از کودهای شیمیایی $N_{50}P_{25}K_{25}$ (۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن+ ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم + ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر)، کود گاوی پوسیده (۳۰ و ۶۰ تن در هکتار)، ورمی کمپوست (۵ تن در هکتار) و ترکیبی از کودهای شیمیایی و آلی در مقایسه با تیمار بدون کود بود. صفات اندازه‌گیری شده شامل وزن تر و خشک اندام هوایی، ارتفاع و سایه‌انداز گیاه، نسبت وزن خشک به تر، عملکرد خشک اندام هوایی و برگ بود. داده‌ها بصورت اسپلیت پلات در زمان در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و با استفاده از SAS9.1 آنالیز شد. آنالیز آماری صفات نشان داد که اثر سال، تیمار و برهمکنش سال در تیمار بر صفات مورد بررسی معنی‌دار شد. حداکثر عملکرد خشک اندام هوایی و برگ در سال سوم و به ترتیب معادل ۹۴۲۵ و ۵۳۹۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. طبق نتایج سال‌های آزمایش مشخص شد که تیمار $N_{50}P_{25}K_{25}$ کیلوگرم در هکتار+ ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست در سال سوم، بیشترین عملکرد خشک اندام هوایی و برگ خشک را داشت. در مجموع، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از حاصلخیزکننده‌های خاک بر عملکرد خشک اندام هوایی و برگ گیاه اثرات مثبت و معنی‌داری داشت. افزایش عملکرد کمی گیاه در روش تغذیه تلفیقی به دلیل کاهش قابل توجه مقدار مصرف کودهای شیمیایی می‌تواند راهی مناسب جهت دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار باشد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، کود، مرزه، ورمی‌کمپوست، نیتروژن

مقدمه

مدیریت تغذیه گیاه یکی از مهمترین استراتژی‌های سالم زیست محیطی شناخته شده‌است که بدون افزایش سطح زیر کشت، عملکرد کمی و کیفی گیاهان را بهبود و افزایش می‌بخشد (Pandey et al., 2016). از طرف دیگر حاصلخیزی کم خاک ناشی از کاربرد مداوم کود شیمیایی به چالشی برای تولید پایدار کشاورزی در گیاهان دارویی تبدیل شده است. بنابراین استفاده توامان از کودهای شیمیایی و آلی می‌تواند ضمن تامین مواد غذایی گیاهان، موجب بهبود حاصلخیزی خاک نیز شود.

مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad) یکی از گونه‌های انحصاری و یکی از گونه‌های در معرض انقراض مرزه در ایران می‌باشد، بنابراین اهمیت زراعی کردن آن و توسعه سطح زیر کشت آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اسانس و عصاره حاصل آن غنی از ترکیبات فنلی کارواکرول در اسانس و اسیدهای فنلی آزاد به ویژه رزمارینیک اسید در عصاره بوده و به همین جهت از فعالیت بیولوژیکی قابل توجهی برخوردار می‌باشند. کارواکرول موجود در اسانس مرزه خوزستانی دارای چندین ویژگی بیولوژیکی، از جمله اثر ضدعفونی کننده، فعالیت‌های ضدالتهابی، ضددرد، ضدباکتریایی، ضدقارچی و مخمر و آنتی‌اکسیدان می‌باشد (Sepahvand et al., 2005). بررسی خصوصیات رشدی و عملکرد کمّی و کیفی مرزه خوزستانی در واکنش به شرایط فاریاب و دیم، در شهرستان اندیمشک (شمال خوزستان) نشان داد که در گونه خوزستانی، عملکرد تر (۳/۱۴ تن در هکتار)، عملکرد خشک (۱/۸۲ تن در هکتار)، عملکرد برگ و سرشاخه گلدار (۱/۰۸ تن در هکتار) و شاخص سطح برگ (۰/۴۳ درصد) بود (Nooshkam et al., 2005). در تحقیق محمدی و همکاران (۱۴۰۰) گزارش شد که استفاده از کودهای زیستی موجب افزایش بازده اسانس و میزان عناصر تغذیه‌ای در این گیاه می‌شود و ورمی‌کمپوست به همراه کودهای شیمیایی و زیستی جهت افزایش عملکرد اسانس لازم است. در مرزه موتیکا بیشترین عملکرد سرشاخه گلدار، عملکرد برگ و کل ماده خشک تولیدی (ریشه و اندام هوایی) از تیمار تلفیقی $N_{50}P_{25}K_{25}$+ ورمی‌کمپوست ۱۰ تن در هکتار گزارش شد (Asadollahi et al., 2022).

با توجه به این‌که مرزه خوزستانی گیاهی کمتر شناخته‌شده در نظام زراعی گیاهان به‌شمار می‌رود و اطلاعات موجود در زمینه نیازهای تغذیه‌ای آن محدود می‌باشد، این پژوهش با هدف بررسی اثر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر رشد و عملکرد این گیاه در شرایط اقلیمی اصفهان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی سه سال زراعی (۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹) در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار تغذیه‌ای شامل کود شیمیایی $N_{50}P_{25}K_{25}$ (نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۵۰، ۲۵ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار)، کود دامی (۳۰ و ۶۰ تن در هکتار)، ورمی‌کمپوست (۵ تن در هکتار)، تیمارهای تلفیقی ۳۰ تن در هکتار کود دامی+ $N_{50}P_{25}K_{25}$، ۶۰ تن در هکتار کود دامی+$N_{50}P_{25}K_{25}$، ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ $N_{50}P_{25}K_{25}$ و شاهد (بدون کود) بر روی خوزستانی اجرا شد. فواصل کاشت روی ردیف ۷۰ سانتی‌متر و بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. زمان اعمال تیمارها یک نوبت در مرحله کاشت در زمین اصلی بود.

کشت به‌صورت غیرمستقیم و از طریق نشاء در اردیبهشت ۱۳۹۷ انجام شد. آبیاری بصورت قطره‌ای بود. در زمان ۵۰ درصد گلدهی در شهریور هر سال، گیاهان از ۵ سانتی‌متری بالای سطح خاک برداشت و نسبت به خشک کردن

آن‌ها در سایه اقدام شد. پس از خشک شدن، عملکرد خشک گیاه محاسبه گردید. داده‌ها بصورت اسپلیت پلات در زمان در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و با استفاده از SAS9.1 آنالیز شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان دهنده تأثیر تیمارها، سال و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر برخی صفات رویشی و عملکردی مرزه خوزستانی دارد. این مسئله بیانگر آن است که به تیمارهای متفاوت و سال‌های مختلف، صفت‌های مذکور واکنش‌های متفاوتی را نشان داده‌اند (جدول ۱). تیمار تلفیقی $N_{50}P_{25}K_{25}$ + ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بیشترین ارتفاع (۵۲/۴ سانتی‌متر)، سطح سایه‌انداز (۲۴۳/۲ سانتی‌متر مربع)، وزن برگ خشک (۸۷/۹ گرم بر بوته) و عملکرد برگ (۴۳۹۷/۱ کیلوگرم در هکتار) را در سال دوم آزمایش داشتند (جدول ۲) همچنین، بالاترین وزن تر و خشک اندام هوایی (به ترتیب ۳۸۹/۷ و ۱۵۵/۱ گرم بر بوته)، وزن ساقه‌های خشبی (۷۰/۱ گرم بر بوته) و عملکرد اندام هوایی خشک (۷۷۵۴/۸ کیلوگرم در هکتار) در سال سوم آزمایش حاصل شد (جدول ۲). اثر متقابل کود * سال نشان داد که بیشترین ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی، وزن برگ خشک تک بوته و عملکرد برگ خشک در سال دوم آزمایش مربوط به تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی بود. بیشترین وزن تر اندام هوایی تک بوته در تیمار ۵ تن در هکتار ورمی + $N_{50}P_{25}K_{25}$ در سال دوم، ۹۱۲/۷ گرم بر بوته بود (جدول ۳) و همچنین بیشترین نسبت برگ به ساقه نیز در سال دوم همین تیمار به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سال سوم این تیمار نداشت. بالاترین سطح سایه‌انداز گیاه (۲۶۵ سانتی‌متر مربع) و وزن ساقه (۲۱۵ گرم بر بوته) در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی در سال دوم به‌دست آمد. بالاترین عملکرد خشک اندام هوایی در هکتار مربوط به تیمار ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (۹۴۲۵ کیلوگرم در هکتار) بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی در سال دوم (۹۳۰۸/۳ کیلوگرم در هکتار) نشان نداد (جدول ۳). حداکثر عملکرد خشک اندام هوایی و برگ خشک در سال سوم و معادل ۹۴۲۵ و ۵۳۹۲ کیلوگرم در هکتار بود.

تیمارهای تلفیقی کود شیمیایی و آلی به دلایل، افزایش قابلیت نگهداری آب در خاک، بهبود فعالیت برخی از میکروارگانسیم‌ها، در اختیار گذاشتن عناصر غذایی لازم در طول دوره رشد (استفاده از کودهای شیمیایی بخصوص کود نیتروژنی در مراحل اولیه رشد و آزادسازی تدریجی عناصر موجود در کودهای آلی در مراحل بعدی رشد گیاه)، جلوگیری از شستشو برخی عناصر مانند نیتروژن و همچنین بهبود وضعیت ساختمانی و بافت خاک، موجب بهبود میزان جذب آب و عناصر غذایی و در نتیجه افزایش فتوسنتز و بهبود رشد در گیاهان می‌شوند (عباس‌زاده، ۱۴۰۱؛ Safaii et al., 2022)، که نتایج این تحقیق نیز موید افزایش عملکرد اندام‌های هوایی (سرشاخه گلدار، برگ و ساقه) در اثر استفاده از تیمارهای تلفیقی بود.

در کود آلی ورمی‌کمپوست علاوه بر عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم بالا، وجود ترکیبات هورمونی موجود باعث افزایش زیست توده و رشد بهتر ریشه گیاهان می‌گردد (Nejatzadeh, 2020) که در تحقیقات ما نیز افزایش صفات عملکردی گیاه به‌ویژه دو صفت مهم عملکرد خشک اندام هوایی و عملکرد برگ خشک با اعمال تیمار تلفیقی ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به همراه ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست در سال سوم، مشاهده شد.

با توجه به چند ساله بودن گیاه مرزه خوزستانی و دوره رشد بیش از ۸ ماه این گیاه در طول هر سال زراعی، استفاده از روش‌های تغذیه تلفیقی به صورت ترکیب کودهای آلی و کود شیمیایی جهت افزایش عملکرد کمّی و کیفی

این گونه می‌تواند کاربرد داشته باشد. تاثیر افزایشی استفاده از کودهای دامی و شیمیایی بر عملکرد مرزه خوزستانی در تحقیقات محمدی و همکاران (۲۰۲۱) نیز گزارش شده است.

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در گیاه مرزه خوزستانی طی سال‌های زراعی ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد برگ خشک	عملکرد خشک اندام هوایی	نسبت برگ به ساقه	وزن برگ خشک	وزن اندام هوایی خشک	وزن اندام هوایی تر	سطح سایه‌انداز گیاه	ارتفاع گیاه
سال	۲	۳۷۵۲۶۷۸۳/۶**	۳۷۵۲۶۷۸۳/۶**	۲/۶**	۳۱۶۷/۱**	۱۵۰۱۰۷/۷**	۱۱۱۶۳۴۸/۸**	۹۸۷۰۹/۷**	۵۱۸/۴**
خطای سال	۶	۹۳۷۷۲/۵	۹۳۷۷۲/۵	۰/۰۶	۲۱/۰۱	۳۷/۵	۴۸/۸	۷۹/۴۱	۹/۰۸
کود	۷	۳۹۱۳۸۷۹/۹**	۳۹۱۳۸۷۹/۹**	۰/۷**	۳۰۱/۲**	۱۵۶۵/۶**	۲۲۶۹۱/۳**	۱۹۰/۳**	۱۷/۸۳*
سال*کود	۱۴	۳۷۷۹۱۷۲/۵**	۳۷۷۹۱۷۲/۵**	۰/۸۵**	۳۳۴/۸**	۱۵۱۱/۷**	۲۸۰۲۸/۷**	۳۴۷/۸**	۱۵/۰۱*
خطا	۴۲	۵۸۱۷۶/۷	۵۸۱۷۶/۷	۰/۰۴۵	۱۱/۲	۲۳/۳	۲۶۷/۳	۲۴/۱۲	۷/۶۲

* و ** به ترتیب نشان وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر سال برصفات اندازه‌گیری شده در مرزه خوزستانی طی سال‌های زراعی ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹

سال	عملکرد برگ خشک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد خشک اندام هوایی (کیلوگرم در هکتار)	نسبت برگ به ساقه	وزن برگ (گرم بر بوته)	وزن اندام هوایی خشک (گرم بر بوته)	وزن اندام هوایی تر (گرم بر بوته)	سطح سایه انداز گیاه (سانتی‌متر مربع)	ارتفاع (سانتی‌متر)
اول	۳۳۳۷/۳^{b}	۵۳۰۰^{c}	۱/۷۸^{a}	۶۶/۷c	۱۰۶/۴c	۲۵۸/۸^{c}	۱۲۰/۴^{c}	۴۳/۳^{c}
دوم	۴۳۹۷/۱^{a}	۶۹۴۲/۷^{b}	۱/۱۴^{c}	۸۶/۵b	۱۵۷/۱b	۳۴۰/۱^{b}	۲۴۳/۲^{a}	۵۲/۴^{a}
سوم	۴۲۵۱^{a}	۷۷۵۴/۸^{a}	۱/۳۷^{b}	۱۴۵/۵a	۲۸۹/۷a	۳۸۹/۷^{a}	۲۱۳/۷^{b}	۴۹/۵^{b}

حروف یکسان در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

جدول ۳. مقایسه میانگین برهمکنش سال * کود بر خصوصیات گیاه مرزه خوزستانی طی سال‌های زراعی ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹

سال	تیمار	عملکرد برگ خشک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد خشک اندام هوایی (کیلوگرم در هکتار)	نسبت برگ به ساقه	وزن برگ (گرم بر بوته)	وزن اندام هوایی خشک (گرم بر بوته)	وزن اندام هوایی تر (گرم بر بوته)	سطح سایه انداز گیاه (سانتیمتر مربع)	ارتفاع (سانتیمتر)
۱	Vermi-compost (5 ton/ha) + N50, P25, K25	۲۸۸۵/۶l	۴۲۵۰ l	۱/۹۷a	۱۰۶d	۱۸۸/۵gh	۴۵۹/۷g	۲۰۱/۱i	۴۸/۳e-h
۱	Vermi-compost (5 ton/ha)	۳۵۴۷/۲i	۵۱۱۶/۷k	۱/۲۲d	۷۹/۲j-k	۲۰۲/۳fg	۴۵۷g	۲۳۱/۶ef	۴۸/۶e-h
۱	Cow Manure 60 + N50, P25, K25	۳۲۷۲/۲jk	۶۱۵۱/۱k	۱/۳۱cd	۷۳ k-m	۱۳۷/۷j-l	۳۳۳/۷jk	۲۰۰/۴i	۴۸/۵e-h
۱	Cow Manure 30 + N50, P25, K25	۳۳۱۶/۱j	۵۲۴۴/۴k	۱/۴۵bc	۸۷/۵f-h	۱۳۸/۶j-l	۳۴۷j	۲۲۷/۳fg	۵۰/۱b-f
۱	Cow Manure60	۲۶۱۶/۷m	۴۲۵۵/۶l	۱/۵۸b	۸۴/۲h-j	۱۴۸/۳i-k	۳۷۷/۳i	۲۱۳/۷h	۴۹/۳c-g
۱	Cow Manure30	۴۳۸۳/۳ef	۶۵۷۷/۸h	۱/۲۲d	۸۵/۳g-i	۱۶۹/۳hi	۴۱۴/۵h	۲۰۰/۸i	۴۹/۴b-g
۱	N50, P25, K25	۳۱۴۳/۳k	۵۲۰۵k	۱/۵۷b	۷۷/۸j-l	۱۱۶lm	۲۸۷/۲l	۲۰۰/۸i	۵۰/۹a-e
۱	control	۳۵۳۳/۳i	۶۷۴۱/۷gh	۱/۱۱d	۹۹/۲de	۱۵۶ij	۴۴۰/۲gh	۲۲۱/۱gh	۵۱a-e
۲	Vermi-compost (5 ton/ha) + N50, P25, K25	۴۵۸۳/۳cd	۸۲۶۶/۷d	۱/۹۷a	۲۳۵/۴a	۳۳۰/۷b	۹۱۲/۷a	۲۴۰cd	۵۳/۱a-d
۲	Vermi-compost (5 ton/ha)	۳۵۶۶/۷i	۵۱۶۶/۷k	۱/۲۲d	۹۲/۶ef	۲۲۲/۷ef	۵۲۶/۷e	۲۴۷/۲bc	۴۸/۹d-h
۲	Cow Manure 60 + N50, P25, K25	۴۱۴۱/۷g	۶۱۵۰i	۱/۳۱cd	۱۲۳/۱c	۲۴۶/۳d	۶۶۶/۳c	۲۵۲/۴b	۵۴ab

ادامه جدول ۳

سال	تیمار	عملکرد برگ خشک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد خشک اندام هوایی (کیلوگرم در هکتار)	نسبت برگ به ساقه	وزن برگ (گرم بر بوته)	وزن اندام هوایی خشک (گرم بر بوته)	وزن اندام هوایی تر (گرم بر بوته)	سطح سایه انداز گیاه (سانتیمتر مربع)	ارتفاع (سانتیمتر)
۲	Cow Manure 30 + N50, P25, K25	۴۳۶۶/۷ef	۶۶۵۰gh	۱/۴۵bc	۱۲۴/۲bc	۲۶۶d	۶۱۵d	۲۳۱ef	۵۱/۱b-f
۲	Cow Manure60	۵۳۹۱/۷a	۹۳۰۸/۳a	۱/۵۸b	۲۳۸/۴a	۳۷۲/۳a	۸۶۶/۳b	۲۳۰/۳ef	۵۴/۸a
۲	Cow Manure30	۴۷۱۰c	۸۶۴۱/۷c	۱/۲۲d	۱۳۰/۷b	۳۴۵/۷b	۶۷۲/۷c	۲۶۵a	۵۳/۲a-d
۲	N50, P25, K25	۴۲۵۰fg	۶۱۰۸/۳ij	۱/۵۷b	۱۲۸/۴bc	۲۴۴/۳de	۶۸۳/۳c	۲۴۲/۷cd	۵۱/۶a-e
۲	control	۴۴۵۵de	۶۶۶۶/۷gh	۱/۱۱d	۹۱/۷fg	۲۹۰c	۴۹۸/۳f	۲۳۷/۲de	۵۳/۵a-c
۳	Vermi-compost (5 ton/ha) + N50, P25, K25	۵۳۰۰a	۹۴۲۵a	۱/۹۷a	۵۷/۷pq	۸۵n	۲۲۳/۷n	۱۲۱/۶jk	۵۴/۹f-i
۳	Vermi-compost (5 ton/ha)	۳۹۵۸/۳h	۸۹۰۰/۷b	۱/۲۲d	۷۰/۹l-n	۱۰۲/۳mn	۲۴۲/۴mn	۱۱۷/۹jk	۴۴/۴hi
۳	Cow Manure 60 + N50, P25, K25	۳۶۵۰i	۶۸۸۳/۳gh	۱/۳۱cd	۶۵/۴no	۱۰۳/۲mn	۲۶۳/۸lm	۱۱۷/۳k	۴۱/۷ij
۳	Cow Manure 30 + N50, P25, K25	۴۳۷۵ef	۶۹۲۸/۳g	۱/۴۵bc	۶۶/۳m-o	۱۰۴/۹mn	۲۴۶/۲mn	۱۲۴/۴jk	۳۷/۵j
۳	Cow Manure60	۴۲۰۸/۳g	۷۴۱۶/۷f	۱/۵۸b	۵۲/۳q	۸۵/۱n	۲۵۲/۲m	۱۲۵/۵j	۴۱/۶ij
۳	Cow Manure30	۴۲۶۶/۷fg	۸۴۶۶/۷cd	۱/۲۲d	۸۷/۷f-h	۱۳۱/۶kl	۳۱۵/۸k	۱۱۸/۷jk	۴۸/۱e-h
۳	N50, P25, K25	۳۸۹۱/۷h	۵۸۰۰j	۱/۵۷b	۶۲/۹op	۱۰۴/۱mn	۲۴۴/۹mn	۱۱۹/۲jk	۴۲/۲i
۳	Control	۴۹۵۸/۳b	۷۸۰۰e	۱/۱۱d	۷۰/۷mn	۱۳۴/۸j-l	۲۸۱/۴l	۱۱۸/۲jk	۴۵g-i

تیمارها به ترتیب ۱.کود شیمیایی $N_{50}P_{25}K_{25}$ (نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۵۰، ۲۵ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار)+ ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست، ۲. ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست ۳. ۳۰ تن در هکتار کود دامی+ $N_{50}P_{25}K_{25}$ ۴. ۶۰ تن در هکتار کود دامی+$N_{50}P_{25}K_{25}$ ۵. ۶۰ تن در هکتارکود دامی ۶. ۳۰ تن در هکتار کود دامی۷. $N_{50}P_{25}K_{25}$ ۸. شاهد (بدون کود).

نتیجه‌گیری

در تولید گیاه دارویی مرزه خوزستانی، استفاده از کودهای تلفیقی شیمیایی با کودهای آلی اعم از دامی و ورمی‌کمپوست، بهتر از مصرف جداگانه آنها عمل کرده و علاوه بر افزایش عملکرد ارتفاع گیاه، سرشاخه گلدار و برگ خشک، موجب اثرات مثبت در بهبود ساختمان و بافت خاک می‌شود و به همین دلیل تعدادی از صفات اندازه‌گیری شده در گیاه در سال سوم بیشتر از سال‌های اول و دوم بوده است. همچنین گیاه مرزه خوزستانی، به دلیل چند ساله بودن، کودپذیری خوب و عملکرد سرشاخه بالا می‌تواند یکی از گیاهان اقتصادی برای زراعت و جایگزینی بسیاری از گیاهان زراعی کم بازده معرفی شود.

منابع

Abbaszadeh, b. (2022). The effect of different plant nutrition treatments on the growth and yield of some *Satureja* species under irrigated conditions in six provinces of the country**.** Final report of the National Forest and Rangeland Research Institute. 319p.

Asadollahi, A.; Abbaszadeh, b.; Mohammadi Torkashvand, A; Ghanbari Jahromi, M. (2022). Effect of levels and types of organic, biological, and chemical fertilizers on morphological traits, yield, and uptake rate of elements in *Satureja mutica*. Industrial Crops and Products. (6):1-8.

Jamzad. Z. (2009). Thymes and savory of Iran. Publications of the National Forests and Rangelands Research Institute. 171 pp.

Mohammadi, M., Sefidkon, F., Asadi-Sanam, S. and Kalatejari, S. (2021). Effects of nutritional treatments on morphological characteristics and essential oil yield of *Satureja khuzistanica* Jamzad. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 37(2): 194-213.

Nooshkam, A., Majnoun Hoseini, N., Hadian, J., Jahansooz, M.R. and Khavazi, K. (2005). The effects of irrigated and rainfed conditions on vegetative and essential oil yield of two medicinal species, *Satureja khuzistanica* Jamzad and *S. rechingeri* Jamzad in North of Khuzestan. *Crop production*. 7(2): 61-75.

Pandey, V., Patel, A., and Patra, D.D. (2016). Biochar ameliorates crop productivity, soil fertility, essential oil yield and aroma profiling in basil (*Ocimum basilicum* L.). Ecological Engineering, 90: 361–366.

Safaii, L., Abaszadeh, B., Davazdahemami, S. (2022). The effect of different plant nutrition treatments on the growth and yield of some savory species under irrigated conditions in six provinces of the country. Final report of the National Forest and Rangeland Research Institute 60 p.

Sepahvand, A., Kordbacheh, P., Delfan, B., Zeyni, F. Hashemi, S.J. and Mahmoudi, M. (2005). valuating antifungal effects of *Satureja Khuzistanica* essence in Lorestan province by in vitro assays. *Quarterly Scientific Research Journal of Lorestan University of Medical Sciences*, 2(7): 37-43.

Yadegari, M. (2021). The effect of organic and chemical fertilizers on morpho -physiological traits and essential oil in *Dracocephalum moldavica* L. *Plant Process and Function*. 10(45):27-41.

The effect of different nutritional treatments on the growth and yield of *Satureja khuzistanica*

Lili Safaii*[1], Bohloul Abbaszadeh[2], Davood Aminazarm
1* Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.
2- Associate, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. babaszadeh@rifr-ac.ir, ba.rifr@yahoo.com
3- Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.
*Corresponding Author: lilisafaii1971@gmail.com

Abstract

Plant nutrition management is one of the factors for the success of medicinal plant cultivation, and determining the type and amount of fertilizer required for each plant can lead to an increase in its quantitative and qualitative yield. Therefore, the present study was conducted at the Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center to investigate the response of *S. khuzistanica* to different soil fertility methods, during 2017- 2019. The nutrition treatments were different ratios of NPK chemical fertilizers (50 kg/ha nitrogen + 25 kg/ha potassium + 25 kg/ha phosphorus), rotted cow manure (30 and 60 tons/ha), vermicompost (5 tons/ha), and a combination of chemical and organic fertilizers compared to the no fertilizer treatment. Measured traits included: fresh and dry shoot weight, plant height, dry to wet weight ratio, plant canopy, dry aerial yield and dry pure leaf yield. Data were analyzed as split plots over time in a randomized complete block design with 3 replications using SAS9.1. The results indicated that the effect of year, soil fertility and interaction of year × soil fertility were significant. According to the results, the maximum dry yield of shoots and pure leaves in *S. Khuzistanica* was 9425 and 5392 kg/ha, respectively, in the third year. Based on the results the highest dry aerial yield and dry leaf yield were observed in the combined treatment of 50 kg/ha nitrogen, 25 kg/ha of phosphorus and 25 kg/ha of potash plus 5 tons per hectare of vermicompost, in the third year. The findings of the present study showed that the use of soil fertilizers had positive and significant effects on the performance of the plant's aerial parts. Increasing the quantitative yield of plants in the integrated nutrition method due to a significant reduction in the amount of chemical fertilizer consumption can be a suitable way to achieve sustainable agricultural goals.

Keywords: fertilizer, *Satureja*, yield, Nitrigen, vermicompost

بررسی تاثیر مصرف خوراکی ساقه تازه گیاه آوندول یا گُنور (*Smyrnium Cordifolium*) بر کیفیت خواب و شدت بی‌خوابی افراد مبتلا به بی‌خوابی

حافظ صفری*

دکترای تخصصی روانشناسی بالینی، اداره کل آموزش و پرورش استان کرمانشاه، مدیریت آموزش و پرورش شهرستان سرپل‌ذهاب، سرپل‌ذهاب، ایران

*نویسنده مسئول؛ hafezsafari1991@gmail.com

چکیده

گیاه آوندول (*Smyrnium Cordifolium*) با نام محلی گُنور در استان کرمانشاه، از گیاهانی است که در فصل بهار توسط مردم استان مصرف می‌شود. مردم بومی عقیده دارند که مصرف ساقه خام این گیاه خواب‌آور است. هدف پژوهش حاضر، بررسی تاثیر مصرف خوراکی ساقه تازه گیاه آوندول بر کیفیت خواب و شدت بی‌خوابی افراد مبتلا به بی‌خوابی بوده است. این پژوهش از نوع نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون با گروه کنترل بوده و جامعه آماری آن شامل بیماران مبتلا به بی‌خوابی مراجعه کننده به کلینیک‌های روانشناسی و مشاوره شهر کرمانشاه در بهار سال ۱۴۰۳ بود. با استفاده از نمونه‌گیری در دسترس، ۲۰ بیمار مبتلا به بیخوابی انتخاب و به‌صورت تصادفی در دو گروه مداخله و کنترل سازماندهی شدند. گروه مداخله به صورت روزانه و به مدت دو هفته پس از مصرف وعده شام به میزان صدگرم ساقه تازه گیاه آوندول به‌صورت خوراکی دریافت نموده و برای اعضای گروه کنترل چنین اقدامی انجام نشد. داده‌ها توسط دو پرسشنامه بررسی کیفیت خواب(PSQI) و بررسی شدت بیخوابی(ISI) جمع‌آوری شده و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و روش آماری تحلیل کوواریانس تجزیه و تحلیل شد. در پایان مداخله، کیفیت خواب افراد گروه مداخله به نسبت مرحله پیش‌آزمون و همچنین به نسبت گروه کنترل افزایش یافته و همچنین شدت بی‌خوابی نیز کاهش یافته بود. نتایج نشان داد که استفاده از گیاه آوندول باعث بهبود کیفیت خواب و کاهش شدت بی-خوابی می‌شود. پیشنهاد می‌شود که به این گیاه در درمان بی‌خوابی توجه بیشتری مبذول گردد.

واژه‌های کلیدی: آوندول، بی‌خوابی، کرمانشاه، کیفیت خواب.

The Effect of Oral Consumption of Fresh Stems of the *Smyrnium Cordifolium* on Sleep Quality and Insomnia Severity in People with Insomnia

Hafez Safari*
PhD in Clinical Psychology, General Directorate of Education of Kermanshah Province, Sarpole Zahab County Education Department, Sarpole Zahab, Iran.
**Corresponding author: hafezsafari1991@gmail.com*

Abstract

Smyrnium Cordifolium, locally known as Gunur in Kermanshah province, is a plant consumed by the people of the province in the spring. The natives believe that consuming the raw stem of this plant is a hypnotic. The aim of the present study was to investigate the effect of oral consumption of fresh *Smyrnium Cordifolium* stem on sleep quality and insomnia severity in people with insomnia. This study was a quasi-experimental study with a pre-test-post-test design with a control group, and its statistical population included patients with insomnia who referred to psychology and counseling clinics in Kermanshah in the spring of 1403. Using convenience sampling, 20 patients with insomnia were selected and randomly organized into two intervention and control groups. The intervention group received 100 grams of fresh *Smyrnium Cordifolium* stem orally daily for two weeks after dinner, while the control group did not receive such a measure. Data were collected using two questionnaires: Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) and the Insomnia Severity Index (ISI) and analyzed using SPSS version 22 software and the analysis of covariance statistical method. At the end of the intervention, the sleep quality of the intervention group increased compared to the pre-test stage and the control group, and the severity of insomnia also decreased. The results showed that the use of *Smyrnium Cordifolium* improves sleep quality and reduces the severity of insomnia. It is suggested that this plant be given more attention in the treatment of insomnia.

Keywords: Insomnia, Kermanshah, Sleep Quality, Smyrnium Cordifolium.

سوءمصرف مداوم دانه اسپند (*Peganum harmala*) در یک جوان عشایری؛ گزارش موردی

حافظ صفری*

دکترای تخصصی روانشناسی بالینی، اداره کل آموزش و پرورش استان کرمانشاه، مدیریت آموزش و پرورش شهرستان سرپل‌ذهاب، سرپل‌ذهاب، ایران

*نویسنده مسئول؛ hafezsafari1991@gmail.com

چکیده

تقریباً تمام ایرانی‌ها با گیاه اسپند (*Peganum harmala*) آشنا هستند. این گیاه دارای اثرات محرک و توهم‌زاست. کهنسالان عشایر مناطق غرب کشور روایت می‌کنند که جنگاوران و شکارچیان قدیم پس از مصرف دانه‌های اسپند دچار شهامت و روحیه بالایی شده و به جنگ دشمن و حیوانات وحشی می‌رفتند. مقاله حاضر گزارش یک مورد سوءمصرف مداوم دانه اسپند در یک جوان ۳۹ ساله عشایری ساکن غرب استان کرمانشاه است. این فرد هربار ۱۰ الی ۱۵ گرم دانه اسپند را با یک لیوان آب گرم یا چای مصرف می‌کند و نیم تا یک ساعت پس مصرف از بین رفتن غم و اندوه، افزایش هوشیاری و گوش به زنگی، قهقهه‌های خنده، احساس شهامت و قدرت بدنی زیاد را گزارش می‌کند که این وضعیت را با عبارت "غُرّشِ زور" وصف می‌کند. فرد یک بار پس از مصرف دانه‌ها در کوهستان، اقدام به زنده‌گیری یک گرزه‌مار (*Macrovipera lebetinus*) بزرگ با دست کرده که دچار گزش‌های شدید شده و چندروز در واحد مراقبت‌های ویژه بستری شده است. ایجاد جراحات عمیق ناشی از مبارزه و درگیری با گورکن عسل‌خوار (*Mellivora capensis*)، رانندگی با سرعت زیاد و حرکات خطرناک و بروز تصادف و جراحات جدی پس از مصرف گزارش شد. اسهال، استفراغ و دل‌درد شدید پس از مصرف از عوارض بدنی تجربه‌شده بوده است. دانه‌های اسپند می‌توانند مورد سوءمصرف قرار گرفته و فرد و اطرافیان را در معرض خطرات جانی و مالی جدی قرار دهد. پیشنهاد می‌گردد که در مورد خطر مصرف گیاهان بومی محرک و توهم زا اطلاع رسانی و آگاهی بخشی صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: اسپند، توهم، دالاهو، سوءمصرف، کرمانشاه.

Persistent Abuse of *Peganum harmala* Seeds in a Nomadic Youth; A Case Report

Hafez Safari*
PhD in Clinical Psychology, General Directorate of Education of Kermanshah Province, Sarpole Zahab County Education Department, Sarpole Zahab, Iran.
Corresponding author: hafezsafari1991@gmail.com

Abstract

Almost all Iranians are familiar with the *P. harmala* plant. This plant has stimulant and hallucinogenic effects. The elders of the nomads of the western regions of the country narrate that ancient warriors and hunters gained courage and high spirits after consuming *P. harmala* seeds and went to fight the enemy and wild animals. The present article reports a case of continuous abuse of *P. harmala* seeds in a 39-year-old nomad living in the west of Kermanshah province. This person consumes 10-15 grams of *P. harmala* seeds with a glass of hot water or tea each time and half to one hour after consumption, he reports the disappearance of sadness and sadness, increased alertness, laughter, a feeling of courage and great physical strength, which he describes as a "roar of strength". Once, after consuming the seeds, he tried to catch a large viper (*Macrovipera lebetinus*) in the mountains, which resulted in severe bites and he was hospitalized in the intensive care unit for several days. Deep injuries resulting from fighting with a honey badger (*Mellivora capensis*), driving at high speed and dangerous movements, and serious accidents and injuries were reported after consumption. Diarrhea, vomiting, and severe stomach pain were among the physical side effects experienced after consumption. *P. harmala* seeds can be abused and expose the individual and those around them to serious life and financial risks. It is recommended that information and awareness be raised about the dangers of consuming indigenous stimulant and hallucinogenic plants.

Keywords: Abuse, Dalahou, Hallucination, Kermanshah, Peganum harmala.

نشئگی در سایه گُرز شقایق؛ بررسی جامعه خریداران دانه شقایق (*Papaver rhoeas*) در عطاری‌های کلانشهر مشهد

حافظ صفری*

دکترای تخصصی روانشناسی بالینی، اداره کل آموزش و پرورش استان کرمانشاه، مدیریت آموزش و پرورش شهرستان سرپل‌ذهاب، سرپل‌ذهاب، ایران

*نویسنده مسئول؛ hafezsafari1991@gmail.com

چکیده

گرز شقایق همان محفظه (کپسول) خشک شده حاوی دانه گیاه شقایق(*Papaver rhoeas*) است که به‌طور گسترده در عطاری‌ها به فروش می‌رسد و کاربردهای دارویی متعددی دارد. این گیاه دارای خواص مخدر است و در بین بسیاری از عطارها و مردم به تریاک بی‌زیان مشهور است و به‌همین جهت، ممکن است از سوی بعضی از افراد به‌عنوان ماده مخدر مورد سوءمصرف قرار گیرد. هدف پژوهش حاضر، بررسی جامعه مشتریان و خریداران کپسول بذر شقایق در عطاری‌های کلانشهر مشهد در سال ۱۴۰۳ بوده است. روش بررسی در این مطالعه مصاحبه میدانی بوده و از طریق مصاحبه با ۶۷ نفر از افراد شاغل در عطاری‌های سطح شهر مشهد، افرادی که بیشتر از همه خریدار گرز شقایق بودند، شناسایی شدند. نتایج نشان داد که معتادان، افراد مبتلا به دردهای مزمن و شدید همچون افراد مبتلا به سرطان، دیسک کمر و کسانی که عمل‌های جراحی سنگین داشته و همچنین رانندگان وسایل نقلیه سنگین به‌ترتیب بیشترین خریدار گرز شقایق هستند. این موضوع نشان‌دهنده این است که علت اصلی خرید و استفاده از این محصول، خاصیت مخدر و مسکن آن است و این موضوع ممکن است مشکلاتی را به دنبال داشته باشد. به نظر می‌رسد که اطلاع رسانی و آگاه‌سازی عموم مردم از خواص مفید و عوارض گیاهان دارویی رایج موجود در عطاری‌ها، بسیار لازم و ضروری است. پیشنهاد می‌گردد که در زمینه اثرات مخدر و عوارض گرز شقایق اطلاع‌رسانی و آگاهی‌سازی‌های لازم در جامعه صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: اعتیاد، شقایق، عطاری، گرز شقایق، مشهد.

Euphoria in the Shadow of the Common Poppy Mace: A Study of the Community of Common Poppy Seed Buyers (*Papaver rhoeas*) in the Apothecaries of Mashhad Metropolis

Hafez Safari*
PhD in Clinical Psychology, General Directorate of Education of Kermanshah Province, Sarpole Zahab County Education Department, Sarpole Zahab, Iran.
**Corresponding author: hafezsafari1991@gmail.com*

Abstract

The Common Poppy mace is the dried capsules containing the seeds of the Common poppy plant (*Papaver rhoeas*). It is widely sold in apothecaries and has numerous medicinal uses. This plant has narcotic properties and is known as harmless opium among many apothecaries and people, and for this reason, it may be abused by some people as a narcotic. The aim of the present study was to investigate the community of customers and buyers of common poppy seed capsules in apothecaries in the metropolitan city of Mashhad in 1403. The method of investigation in this study was a field interview, and through interviews with 67 people working in apothecaries in the city of Mashhad, the people who were the most buyers of common poppy seed capsules were identified. The results showed that addicts, people with chronic and severe pain such as people with cancer, lumbar disc and those who have had major surgeries, as well as drivers of heavy vehicles are the most buyers of common poppy seed capsules, respectively. This indicates that the main reason for buying and using this product is its narcotic and analgesic properties, and this may lead to problems. It seems that informing and educating the public about the beneficial properties and side effects of common medicinal plants found in apothecaries is very necessary and essential. It is suggested that necessary information and awareness be provided in the community about the narcotic effects and side effects of the common poppy seeds.

Keywords: Addiction, Apothecary, Common Poppy, Mashhad, Papaver rhoeas.

مطالعه اثراسید آسکوربیک بر عملکردبوته و محتوای اسانس بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) تحت تنش شوری

سعیده رشیدی*
استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: rashidi@pnu.ac.ir

چکیده

شوری خاک به عنوان یک عامل محدود کننده رشد گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک شناخته شده است. استقرار ضعیف و غیریکنواخت گیاهان دارویی در خاک‌های مناطق خشک خصوصاً در شرایط تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری یکی از مهم‌ترین موانع توسعه و کشت این گیاهان در کشور است. گیاه دارویی بادرشبی یکی از مهمترین گیاهان ارزشمند از خانواده نعناعیان می‌باشد که در صنایع مختلف داروسازی، بهداشتی و غذایی به کار می‌رود. آزمایش حاضر به منظور بررسی تأثیر کاربرد اسید آسکوربیک بر عملکرد و اسانس بادرشبی تحت شرایط تنش شوری انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار سطح اسید آسکوربیک (عدم کاربرد، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) و سه سطح شوری با کلرید سدیم (عدم تنش شوری، ۲/۵ و ۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر) در سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای اجرا شد. نتایج نشان داد که تعداد ساقه گل دهنده تحت تنش‌های شوری ۲/۵ و ۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر به ترتیب ۳/۹ و ۲۸/۴ درصد نسبت به شرایط بدون تنش کاهش پیدا کرد، همچنین مصرف ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک به طور متوسط باعث افزایش ۳۲/۵ درصدی تعداد ساقه گل دهنده نسبت به شاهد شد. برهم کنش شوری و اسید آسکوربیک بر عملکرد خشک بوته، درصد اسانس و عملکرد اسانس معنی‌دار شد. در شوری ۲/۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر مصرف هر سه غلظت اسید آسکوربیک و در شوری ۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر کاربرد ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک مانع از کاهش معنی‌دار عملکرد خشک بوته نسبت به شاهد گردید. نتایج همچنین نشان داد که کاربرد اسید آسکوربیک در غلظت‌های مختلف در سطح شوری ۲/۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر و مصرف آن با غلظت‌های ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار در سطح شوری ۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر، باعث افزایش معنی‌دار درصد اسانس بادرشبی نسبت به شاهد شد. نتایج نشان داد که با افزایش سطح تنش شوری پارامترهای رشدی بادرشبی و درصد اسانس کاهش یافت و علاوه براین اسید آسکوربیک به عنوان یک تنظیم کننده رشد گیاهی برای بهبود وضعیت رشد بادرشبی در شرایط تنش شوری می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، اسیدآسکوربیک، بادرشبی، شوری، عملکرد

Effect of ascorbic acid on the plant yield and essential oil content of Moldavian Balm(*Dracocephalum moldavica* L.) under salinity stress

Saedeh Rashidy*
Assistant Professor of Department of Agriculture, Payam Noor University, Tehran. Iran

*Corresponding Author: rashidi@pnu.ac.ir

Abstract:

Soil salinity is known to be a limiting factor for plant growth in arid and semi-arid regions. The poor and uneven establishment of medicinal plants in soils of arid regions, especially under conditions of environmental stress including salinity, is one of the most important obstacles to developing and cultivating these plants in the country. Moldavian Balm is a valuable plant from the mint family that is used in various pharmaceutical, health, and food industries. This experiment was conducted to investigate the effect of ascorbic acid application on the yield and essential oil content of Moldavian Balm under salinity stress conditions. The experiment was carried out as a factorial experiment based on a completely randomized block design with four levels of ascorbic acid (control, 0.5, 1 and 1.5 mM) and three levels of sodium chloride salinity (control, 2.5 and 5 mS/cm) in three replications under greenhouse conditions. The results showed that the number of flowering stems decreased by 3.9 and 28.4 percent under salinity stresses of 2.5 and 5 mS/cm, respectively, compared to non-stressed condition. Also, the application of 0.5, 1, and 1.5 mM ascorbic acid resulted in an average increase of 32.5% in the number of flowering stems compared to the control. The interaction of salinity and ascorbic acid on dry yield, plant essential oil percentage, essential oil yield, and essential oil harvest index was significant. At a salinity of 2.5 mS/cm, the use of all three concentrations of ascorbic acid and at a salinity of 5 mS/cm, the use of 1 and 1.5 mM ascorbic acid prevented a significant decrease in plant dry yield compared to the control The results also showed that the application of ascorbic acid in different concentrations at a salinity level of 2.5 mS/cm and its use at concentrations of 1 and 1.5 mM at a salinity level of 5 mS/cm caused a significant increase in the percentage of essential oil in Moldavian Balm compared to the control. The results showed that with increasing salinity stress levels, the growth parameters of marigold and the percentage of essential oil decreased. In addition, ascorbic acid can be considered as a plant growth regulator to improve the growth status of marigold under salinity stress conditions.

Keywords: Essential oil, ascorbic acid, Moldavian Balm, salinity, yield

اثراسید فولیک وهورمون اسید جیبرلیک بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و اسانس گیاه دارویی نعنا فلفلی (*Mentha piperita*)

سعیده رشیدی*

استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: rashidi@pnu.ac.ir

چکیده

نعناع فلفلی یکی از مهمترین گیاهان اسانس دار با کاربردهای گوناگون است. به منظور بررسی اثر اسید فولیک و هورمون اسید جیبرلیک روی خصوصیات رشدی، عملکرد و اسانس گیاه نعناع فلفلی آزمایشی به صورت گلدانی و در شرایط گلخانه‌ای به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در دانشگاه صنعتی شاهرود اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل اسید فولیک در چهار سطح (عدم کاربرد، ۵۰، ۱۱۰، ۲۱۰ میلی‌مولار) به عنوان عامل اصلی و محلول پاشی با هورمون اسید جیبرلیک در چهار سطح (عدم کاربرد، ۵، ۱۰، ۲۰ پی پی ام) به عنوان عامل فرعی بود. نتایج جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمارهای اسید فولیک و هورمون اسید جیبرلیک در گیاه نعناع فلفلی بر صفات مورد بررسی در مقایسه با تیمار شاهد دارای اثر مثبت و معناداری بود. تیمارهای مورد استفاده در عملکرد اندام هوایی و عملکرد اسانس تاثیر مثبتی داشت و باعث افزایش شاخص‌های رشد و عملکرد در اندام هوایی و همچنین افزایش میزان اسانس در مقایسه با تیمار شاهد شد. بهترین تیمار اسید فولیک ۲۱۰ میلی‌مولار و هورمون اسید جیبرلیک ۲۰ پی‌پی‌ام بود و به تیمار اسید فولیک ۲۱۰ میلی‌مولار و هورمون اسید جیبرلیک ۱۰ پی‌پی‌ام نزدیک بود. نتایج حاصل از این آزمایش نشان دادکه مصرف اسید فولیک و هورمون اسید جیبرلیک بر روی صفات اصلی نعنا فلفلی مانند عملکرد اندام هوایی و عملکرد اسانس تاثیر مثبت داشت.

واژه‌های کلیدی: اسانس، عملکرد، نعنا فلفلی، هورمون

The Effect of Folic Acid and Gibberellic Acid on Morphological Characteristics and Essential Oil of Peppermint (*Mentha piperita*)

Saedeh Rashidy*
Assistant Professor of Department of Agriculture, Payam Noor University, Tehran. Iran
*Corresponding Author: rashidi@pnu.ac.ir

Abstract:

Peppermint is one of the most important aromatic plants with a variety of applications. In order to investigate the effect of folic acid and the hormone gibberellic acid on the growth characteristics, yield, and essential oil of peppermint, an experiment was conducted in pots and under greenhouse conditions as a factorial experiment in a randomized complete block design with three replications at Shahrood University of Technology. The experimental treatments included folic acid at four levels (control, 50, 110, 210 mM) as the main factor and foliar spraying with the hormone gibberellic acid at four levels (control, 5, 10, 20 ppm) as the secondary factor.The results of the analysis of variance table of traits showed that the simple and interactive effects of folic acid and gibberellic acid treatments in peppermint plants on the studied traits had a positive and significant effect compared to the control. These treatments had a positive impact on shoot and essential oil yields, promoting shoot growth and yield indices, and enhancing essential oil content compared to the control treatment. The best treatment was 210 mM folic acid and 20 ppm gibberellic acid, and it was close to the treatment of 210 mM folic acid and 10 ppm gibberellic acid. The results of this experiment showed that the use of folic acid and the hormone gibberellic acid had a positive effect on the main traits of peppermint, such as shoot yield and essential oil yield.

Keywords: Essential oil, Yield, Peppermint, Hormone

بررسی نقش زنجیره ارزش زعفران و آویشن در ارتقای ایمنی و امنیت غذایی با تأکید بر فراوری و بسته‌بندی استاندارد

ابوالقاسم رهبری*
گروه فناوری کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: Abolghasem.rahbari@gmail.com

چکیده

زنجیره ارزش محصولات کشاورزی، به‌ویژه گیاهان دارویی، به عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی در تحقق امنیت و ایمنی غذایی جوامع مطرح است. در این پژوهش، نقش زنجیره ارزش دو گیاه استراتژیک و بومی ایران، زعفران و آویشن، با تأکید بر فرآوری و بسته‌بندی استاندارد، در ارتقای ایمنی و امنیت غذایی مورد بررسی قرار گرفته است. این تحقیق به روش توصیفی-تحلیلی و با بهره‌گیری از مطالعات کتابخانه‌ای، مشاهدات میدانی و مصاحبه با ذی‌نفعان کلیدی در منطقه دامغان، به عنوان یکی از قطب‌های تولید این دو گیاه در کشور، انجام شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که در صورت طراحی و اجرای صحیح زنجیره ارزش، از مرحله کاشت تا بازاریابی، می‌توان ضمن افزایش بهره‌وری و کاهش ضایعات، کیفیت و سلامت محصول نهایی را تضمین کرده و از ورود محصولات آلوده یا فاقد ارزش غذایی به سفره خانوار جلوگیری نمود. بررسی‌ها همچنین حاکی از آن است که یکی از خلأهای اصلی در این زنجیره، نبود زیرساخت‌های کافی برای فرآوری استاندارد، نبود بسته‌بندی‌های علمی و بهداشتی و همچنین ضعف در برندسازی و صادرات هدفمند است. به‌ویژه، بسته‌بندی نامناسب علاوه بر کاهش کیفیت و ماندگاری، زمینه‌ساز آلودگی‌های ثانویه و کاهش اعتماد مصرف‌کنندگان می‌شود. در نهایت، توسعه زنجیره ارزش-گیاهان دارویی نیازمند سیاست‌گذاری‌های حمایتی، آموزش بهره‌برداران، سرمایه‌گذاری در صنایع تبدیلی و ایجاد سامانه‌های نظارتی دقیق بر فرآوری و بسته‌بندی است. چنین اقداماتی می‌تواند نقش مؤثری در تحقق اهداف کلان امنیت غذایی و توسعه پایدار ایفا کند.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی، ایمنی غذایی، بسته‌بندی استاندارد، زنجیره ارزش، گیاهان دارویی.

مقدمه

در دهه‌های اخیر، موضوع ایمنی و امنیت غذایی به یکی از دغدغه‌های اساسی کشورهای درحال‌توسعه تبدیل شده است. با افزایش جمعیت، تغییرات اقلیمی، محدودیت منابع طبیعی و افزایش مخاطرات بهداشتی ناشی از مصرف محصولات غذایی ناسالم، لزوم بهره‌گیری از منابع بومی و پایدار برای تولید مواد غذایی ایمن بیش‌ازپیش احساس می‌شود. در این میان، گیاهان دارویی به‌عنوان منابعی طبیعی و دارای ترکیبات زیست فعال، جایگاهی ویژه در ارتقای سلامت عمومی و کاهش وابستگی به داروهای شیمیایی یافته‌اند. این گیاهان، ضمن دارابودن خواص درمانی، می‌توانند در قالب افزودنی‌های غذایی، دمنوش‌ها، مکمل‌های دارویی و محصولات ترکیبی، نقش مؤثری در تأمین بخشی از نیازهای غذایی و دارویی جامعه ایفا کنند.

ایران با دارابودن اقلیم متنوع و پیشینه غنی در طب سنتی، از ظرفیت بالایی در تولید گیاهان دارویی برخوردار است. منطقه دامغان یکی از نواحی مستعد در کشت و بهره‌برداری از گیاهان دارویی مانند زعفران و آویشن است که در کنار ارزش اقتصادی، از ارزش تغذیه‌ای و دارویی بالایی نیز برخوردارند. بااین‌حال، نبود زیرساخت‌های کافی برای فراوری، بسته‌بندی و بازاریابی اصولی این محصولات، موجب کاهش کیفیت، ماندگاری و ایمنی آن‌ها شده و فرصت‌های ارزشمند اقتصادی و بهداشتی را با چالش مواجه ساخته است.

مطالعات انجام‌شده در حوزه گیاهان دارویی عمدتاً بر جنبه‌های زراعی، دارویی یا اقتصادی آن‌ها متمرکز بوده‌اند. برای مثال، پژوهش «عزیزی و همکاران (۱۳۹۸)» به بررسی نقش به‌کارگیری استانداردهای بهداشتی در فراوری زعفران پرداخته و نشان داده است که رعایت استانداردهای کیفی، تأثیر مستقیمی بر ماندگاری و ارزش صادراتی این محصول دارد. همچنین «کریمی و همکاران (۱۴۰۰)» در تحقیقی با محوریت زنجیره ارزش گیاهان دارویی، به نقش مشارکت بهره‌برداران محلی و توسعه خوشه‌های صنعتی در ارتقای کارآفرینی و اشتغال پرداخته‌اند. بااین‌وجود، خلأ مطالعات میان‌رشته‌ای که به‌صورت هم‌زمان به امنیت غذایی، ایمنی مصرف، فراوری بهداشتی و بسته‌بندی استاندارد گیاهان دارویی بپردازند، همچنان احساس می‌شود.

ازاین‌رو، پژوهش حاضر باهدف بررسی نقش زنجیره ارزش گیاهان دارویی در ارتقای ایمنی و امنیت غذایی طراحی شده است. تمرکز ویژه این پژوهش بر دو گیاه دارویی زعفران و آویشن در منطقه دامغان است، و تلاش دارد تا با تحلیل فرایندهای برداشت، فراوری، بسته‌بندی و عرضه، راهکارهایی کاربردی برای بهبود کیفیت و ایمنی این محصولات ارائه دهد؛ به‌گونه‌ای که ضمن حمایت از کارآفرینی محلی، گامی مؤثر در تحقق امنیت غذایی پایدار نیز برداشته شود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با رویکردی کاربردی و به روش توصیفی- تحلیلی انجام‌گرفته است و هدف آن بررسی نقش زنجیره ارزش گیاهان دارویی در ارتقای ایمنی و امنیت غذایی با تأکید بر فراوری و بسته‌بندی استاندارد است. باتوجه‌به ماهیت موضوع و ضرورت تحلیل عمیق شرایط موجود، از رویکرد ترکیبی (کمّی و کیفی) برای گردآوری و تحلیل داده‌ها استفاده شده است. این روش پژوهشی امکان بهره‌گیری هم‌زمان از داده‌های عینی و تجربیات ذهنی مشارکت‌کنندگان را فراهم می‌سازد.

جامعه آماری و روش نمونه‌گیری

جامعه آماری تحقیق شامل کلیه تولیدکنندگان، بهره‌برداران، کارشناسان جهاد کشاورزی، فعالان حوزه فراوری، بسته‌بندی و فروش گیاهان دارویی (زعفران و آویشن) در شهرستان دامغان است. این شهرستان به‌عنوان یکی از مناطق مستعد در کشت و بهره‌برداری از گیاهان دارویی انتخاب شده است، چرا که هم دارای ظرفیت تولید بالا و هم زنجیره‌های ابتدایی ارزش در آن فعال هستند.

برای انتخاب نمونه‌ها از روش نمونه‌گیری هدفمند (Purposeful Sampling) استفاده شد، به‌گونه‌ای که افراد منتخب از میان کسانی انتخاب شدند که تجربه عملی و دانش فنی در حوزه‌های کشت، برداشت، فراوری، بسته‌بندی و بازاریابی گیاهان دارویی داشتند. در مجموع، تعداد ۳۰ نفر به‌عنوان نمونه انتخاب گردیدند. برای انتخاب نمونه‌ها از روش نمونه‌گیری هدفمند (Purposeful Sampling) استفاده شد. از میان ۳۰ نفر مشارکت‌کننده، ۱۲ نفر کشاورز

کوچک‌مقیاس، ۷ نفر مدیر کارگاه‌های فرآوری، ۶ نفر فروشنده گیاهان دارویی و ۵ نفر کارشناس دولتی انتخاب شدند. معیار انتخاب، داشتن تجربه عملی و دانش فنی در حوزه‌های کشت، برداشت، فرآوری، بسته‌بندی و بازاریابی گیاهان دارویی (زعفران و آویشن) بود. تلاش شد ترکیبی از کشاورزان کوچک‌مقیاس، مدیران کارگاه‌های فراوری، فروشندگان گیاهان دارویی و کارشناسان دولتی در نمونه لحاظ شوند.

ابزار گردآوری داده‌ها

در این تحقیق از سه ابزار اصلی برای جمع‌آوری داده‌ها استفاده شده است:

۱. مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی: برای استخراج مبانی نظری، مرور پیشینه تحقیق و بررسی تجربیات جهانی در حوزه زنجیره ارزش گیاهان دارویی، از منابع معتبر فارسی و لاتین شامل مقالات علمی، گزارش‌های وزارت جهاد کشاورزی، دستورالعمل‌های سازمان غذا و دارو، سازمان بهداشت جهانی و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد استفاده شد. همچنین استانداردهای ملی ایران در حوزه بسته‌بندی و فراوری نیز بررسی گردید.

۲. مصاحبه نیمه‌ساختاریافته: به‌منظور شناسایی چالش‌ها، فرصت‌ها و وضعیت موجود در زنجیره ارزش زعفران و آویشن، مصاحبه‌هایی عمیق با مشارکت‌کنندگان منتخب صورت گرفت. این مصاحبه‌ها بر پایه یک چارچوب مفهومی طراحی‌شده از مبانی نظری انجام شدند. تحلیل داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها با روش تحلیل مضمون (Thematic Analysis) و مطابق با رویکرد براون و کلارک (Braun & Clarke,2006) در شش مرحله (آشنایی با داده‌ها، تولید کد اولیه، جست‌وجوی مضامین، بازبینی مضامین، تعریف و نام‌گذاری مضامین، و تدوین گزارش نهایی) انجام گردید.

۳. پرسشنامه محقق‌ساخته: برای سنجش شاخص‌های مرتبط با فراوری ایمن، بسته‌بندی استاندارد و میزان تأثیر آن‌ها بر ایمنی و امنیت غذایی، پرسشنامه‌ای با ۲۰ گویه طراحی شد که پنج محور اصلی را پوشش می‌دهد: بهداشت تولید، رعایت استانداردهای بسته‌بندی، آموزش بهره‌برداران، کیفیت نگهداری محصول و اثرات اقتصادی زنجیره ارزش. پرسشنامه دارای طیف پنج‌درجه‌ای لیکرت از «کاملاً مخالف» تا «کاملاً موافق» بود. روایی محتوایی آن با نظر ۵ متخصص حوزه کشاورزی و صنایع غذایی تأیید شد و پایایی ابزار با آزمون آلفای کرونباخ محاسبه گردید (α=0.82) که بیانگر پایایی قابل قبول ابزار است.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های کیفی حاصل از مصاحبه‌ها با استفاده از روش تحلیل مضمون بررسی و کدگذاری شدند تا الگوها، مضامین کلیدی و مفاهیم پنهان در سخنان مشارکت‌کنندگان استخراج گردد. تحلیل کیفی به پژوهشگر امکان می‌دهد تا ضمن احترام به زمینه بومی و محلی، به تفسیر عمیق‌تری از پدیده‌ها برسد.

داده‌های کمّی به‌دست‌آمده از پرسش‌نامه‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ تجزیه‌وتحلیل شدند. در بخش آمار توصیفی، از شاخص‌هایی چون میانگین، انحراف معیار، نمودارهای ستونی و درصد فراوانی استفاده شد. در بخش تحلیل استنباطی نیز، برای بررسی فرضیه‌های تحقیق از آزمون t تک‌نمونه‌ای برای مقایسه میانگین نظرات با سطح معیار (عدد ۳) استفاده شد. همچنین از آزمون همبستگی پیرسون برای تحلیل ارتباط بین متغیرها مانند «رعایت استانداردهای فراوری» و «ایمنی غذایی» بهره گرفته شد.

آزمون t تک‌نمونه‌ای نشان داد که میانگین نمرات مربوط به «رعایت استانداردهای فرآوری» به‌طور معناداری بیشتر از سطح معیار (عدد ۳) است ($t = ۲/۴۵$، $df = ۲۹$، $p < ۰/۰۵$)، که نشان‌دهنده رعایت نسبی اما ناکامل

استانداردهاست. همچنین آزمون همبستگی پیرسون بین متغیر «رعایت استانداردهای فرآوری» و «ایمنی غذایی» همبستگی مثبت و معناداری نشان داد ($r = ۰/۶۵$، $p < ۰/۰۱$)، که بیانگر نقش مستقیم فرآوری ایمن بر ارتقاء سطح ایمنی غذایی در زنجیره ارزش زعفران و آویشن است.

ملاحظات اخلاقی

در تمام مراحل تحقیق، اصل محرمانه بودن اطلاعات شرکت‌کنندگان رعایت گردید. مصاحبه‌ها با کسب رضایت قبلی انجام شدند و اطلاعات حاصل تنها برای اهداف پژوهشی مورداستفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج این پژوهش بر اساس داده‌های گردآوری‌شده از پرسش‌نامه‌ها، مصاحبه‌ها و مطالعات اسنادی به ترتیب موضوعات اصلی مشخص شده در بخش مواد و روش‌ها ارائه می‌شود.

نتیجه‌گیری کاربردی

نتایج نشان می‌دهد که بهبود زنجیره ارزش دو گیاه زعفران و آویشن از مرحله تولید تا فراوری و بسته‌بندی، می‌تواند نقشی کلیدی در ارتقای ایمنی و امنیت غذایی داشته باشد؛ لذا پیشنهاد می‌شود با توسعه آموزش‌های تخصصی، تأمین تجهیزات فراوری بهداشتی و بسته‌بندی‌های مقاوم و استاندارد، زمینه برای بهبود کیفیت محصولات دارویی و افزایش ارزش افزوده آنها فراهم گردد. بهبود فرآوری بهداشتی و بسته‌بندی استاندارد، آموزش بهره‌برداران و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها از راهکارهای کلیدی در این راستاست. پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران و نهادهای اجرایی با حمایت هدفمند از تولیدکنندگان و ارتقاء زنجیره‌های ارزش محلی، بستر لازم برای تولید گیاهان دارویی ایمن، با کیفیت و قابل رقابت در بازار داخلی و صادراتی را فراهم سازند.

۱. وضعیت فراوری و رعایت بهداشت در تولید گیاهان دارویی

یافته‌های کمی حاصل از پرسش‌نامه نشان داد که میزان رعایت استانداردهای بهداشتی در فراوری گیاهان دارویی زعفران و آویشن در سطح متوسط قرار دارد (میانگین ۳/۲ از ۵ با انحراف معیار ۰/۵۶). این موضوع نشان‌دهنده آن است که علی‌رغم آگاهی نسبی تولیدکنندگان، چالش‌هایی در اجرای دقیق استانداردهای بهداشتی وجود دارد. مصاحبه‌های کیفی نیز تأکید داشتند که مهم‌ترین عوامل محدودکننده، کمبود آموزش تخصصی و فقدان تجهیزات به‌روز و استاندارد برای فراوری محصولات است. یکی از کشاورزان گفت: «ما بسیاری از نکات بهداشتی را می‌دانیم، اما امکانات کافی برای اجرای آن‌ها نداریم.» این یافته‌ها با نتایج مطالعات مشابه مطابقت دارد که نشان می‌دهد تجهیزات ناکافی و آموزش نامناسب باعث کاهش کیفیت فراوری گیاهان دارویی می‌شود (Mozaffarian, 2021).

۲. کیفیت و کارایی بسته‌بندی

تحلیل داده‌های پرسش‌نامه نشان داد که رضایت شرکت‌کنندگان از کیفیت بسته‌بندی محصولات در حد متوسط (میانگین ۳/۱ از ۵، انحراف معیار ۰/۶۲) است. مصاحبه‌ها نیز بر اهمیت استفاده از بسته‌بندی‌های مقاوم و استاندارد تأکید داشتند که بتواند از ورود رطوبت، هوا و نور جلوگیری کند و به این ترتیب باعث افزایش ماندگاری و حفظ خواص دارویی گیاهان شود. یکی از فعالان حوزه فراوری بیان کرد: «بسته‌بندی نامناسب، باعث خراب شدن سریع محصول و

کاهش کیفیت آن می‌شود.» این موضوع در مطالعات قبلی نیز مطرح شده است که بسته‌بندی مناسب، عاملی کلیدی در حفظ کیفیت و افزایش ایمنی غذایی به شمار می‌رود (Santos and Martins, 2023).

۳. میزان و تأثیر آموزش بهره‌برداران

میانگین نمره مربوط به کیفیت و کمیت آموزش‌های ارائه شده به بهره‌برداران ۲/۸ از ۵ بود که نشان‌دهنده ضعف نسبی در این زمینه است. مصاحبه‌ها این یافته‌ها را تأیید کردند و نشان دادند که آموزش‌های ارائه شده در حال حاضر ناکافی، غیرمتمرکز و بدون پیگیری‌های لازم هستند. کارشناسان بر ضرورت برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی، کاربردی و به‌روز تأکید کردند تا بهره‌برداران بتوانند مراحل فراوری و بسته‌بندی را به بهترین شکل اجرا کنند. این یافته‌ها مشابه نتایج مطالعه «Hazrati et al. 2024» است که آموزش مؤثر را به عنوان عاملی مهم در ارتقای کیفیت و امنیت غذایی گیاهان دارویی معرفی کرده است.

۴. تأثیر زنجیره ارزش بر امنیت غذایی

تحلیل همبستگی پیرسون نشان داد که بین رعایت استانداردهای فراوری و بسته‌بندی با شاخص‌های ایمنی و امنیت غذایی رابطه مثبت و معناداری وجود دارد ($r = ۰/۶۵$ ،$p < ۰/۰۱$). این یافته نشان می‌دهد که بهبود در هر مرحله از زنجیره ارزش، از کشت تا بسته‌بندی و عرضه، نقش مؤثری در افزایش امنیت غذایی محصولات گیاهان دارویی دارد. تحلیل مصاحبه‌ها نیز بر این نکته تأکید داشت که توجه جامع به کل زنجیره ارزش، نه‌تنها باعث افزایش کیفیت محصول نهایی می‌شود، بلکه رضایت مصرف‌کنندگان و بازارپسندی آن را نیز افزایش می‌دهد. این موضوع در مطالعات «Mozaffarian, 2021» و (Santos and Martins, 2023) نیز موردتوجه قرار گرفته است.

یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که در منطقه دامغان، علی‌رغم ظرفیت بالای تولید گیاهان دارویی، مشکلات ساختاری و فنی متعددی در فراوری و بسته‌بندی این محصولات وجود دارد که می‌تواند به کاهش کیفیت و ایمنی غذایی منجر شود. در مرحله فراوری، عدم دسترسی به تجهیزات به‌روز و کمبود آموزش‌های تخصصی باعث شده است که استانداردهای بهداشتی به طور کامل رعایت نشوند. این مسئله، همان‌طور که در مطالعات «Mozaffarian, 2021» نیز آمده است، یکی از چالش‌های اصلی توسعه پایدار صنعت گیاهان دارویی است.

از سوی دیگر، کیفیت بسته‌بندی محصولات با میانگین رضایت ۳/۱ نشان‌دهنده این است که هنوز جای کار زیادی برای بهبود مواد و فناوری‌های بسته‌بندی وجود دارد. بسته‌بندی مناسب نه تنها از نظر ظاهری اهمیت دارد، بلکه نقش حیاتی در حفظ خواص گیاهی و کاهش خطر آلودگی‌ها دارد. تحقیقات «Santos and Martins, 2023» نشان داده است که بسته‌بندی‌های نوین با خواص محافظتی ویژه می‌تواند ماندگاری و ایمنی محصول را به طور چشمگیری افزایش دهد. بنابراین، توجه به این بخش از زنجیره ارزش امری ضروری است.

ضعف در آموزش بهره‌برداران به‌عنوان سومین یافته مهم، یکی از موانع اساسی برای پیشرفت کیفیت فراوری و بسته‌بندی است. باتوجه‌به سرعت تغییرات فناوری و استانداردهای بین‌المللی، آموزش مستمر و هدفمند می‌تواند باعث افزایش مهارت‌ها، کاهش خطاها و در نهایت ارتقای امنیت غذایی شود. یافته‌های «Hazrati et al. 2024» نیز نشان می‌دهد که آموزش موثر نقش کلیدی در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی و فراوری شده دارد.

نکته قابل‌توجه این است که ارتباط مثبت و معنادار بین رعایت استانداردهای فراوری و بسته‌بندی و امنیت غذایی، بر اهمیت نگاه سیستمی به زنجیره ارزش تأکید می‌کند. به عبارتی، موفقیت در هر مرحله، مستلزم توجه به مراحل قبل و بعد خود است. این یافته‌ها ضرورت تدوین سیاست‌های هماهنگ و حمایتی از تولیدکنندگان،

فراوری‌کنندگان و توزیع‌کنندگان را در جهت ارتقای کیفیت و ایمنی محصولات نشان می‌دهد. در مورد زعفران، مصاحبه‌ها نشان داد که فرآوری به‌صورت دستی و غیراستاندارد همچنان رایج است و نیاز به ورود تجهیزات نیمه‌صنعتی حس می‌شود. در مورد آویشن، مشکل اصلی نبود بسته‌بندی مقاوم به رطوبت گزارش شد که می‌تواند خواص دارویی گیاه را کاهش دهد. در جدول ذیل میانگین نمرات رضایت شرکت‌کنندگان درباره محورهای مختلف فراوری و بسته‌بندی را مشاهده می‌نماییم.

محور ارزیابی	میانگین نمره (از ۵)	انحراف معیار
رعایت استانداردهای بهداشتی فراوری	۳/۲	۰/۵۶
کیفیت بسته‌بندی و نگهداری	۳/۱	۰/۶۲
آموزش بهره‌برداران	۲/۸	۰/۷۰

منابع

Azizi, S., Mohammadi, A., & Rezaei, N. (2019). Barrasi-ye asar-e faravari bar keyfiyat-e giāhān-e dārui-ye khoshk-shodeh [Effect of processing on the quality of dried medicinal plants]. Iranian Journal of Medicinal Plants, 35(2), 85–96. [In Persian]

Karimi, A., Hosseini, M., & Jafari, S. (2021). Barrasi-ye ta’sir-e ravesh-hā-ye khoshk-kardan bar tarkibat-e mo’assere-ye giāhān-e dārui [Effects of drying methods on the active compounds of medicinal plants]. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 37(3), 112–124. [In Persian]

Hazrati, S., Mousavi, Z., & Nicola, S. (2024). Harvest time optimization for medicinal and aromatic plant secondary metabolites. Plant Physiology and Biochemistry, 22, 108735. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108735

Mozaffarian, V. (2021). Hygiene and quality standards in medicinal plant processing: A practical approach. Iranian Journal of Medicinal Plant Research, 37(2), 99–114. https://doi.org/10.22092/ijmpr.2021.123456

Santos, L. G., & Martins, V. G. (2023). Optimization of the green extraction of polyphenols from the edible flower Clitoria ternatea by high-power ultrasound: A comparative study with conventional extraction techniques. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 34, 100458. https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2023.100458

Shahbazi, M., & Ahmadi, R. (2022). Evaluating packaging materials for enhanced shelf life of dried medicinal herbs. Journal of Food Engineering, 330, 111229. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111229

Torkaman, J., & Fallahi, H. (2023). Education and knowledge transfer in the herbal products value chain: Challenges and solutions. International Journal of Agricultural Management, 19(1), 44–57. https://doi.org/10.1016/j.ijagrman.2023.03.005

Zarei, A., & Esfandiari, F. (2024). Role of value chain integration in improving food safety of medicinal herbs in Iran. Food Control, 156, 110295. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110295

Investigating the role of the saffron and thyme value chain in promoting food safety and security with an emphasis on standard processing and packaging

Abolghasem Rahbari*
Department of Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran
*Corresponding Author: abolghasem.rahbari@gmail.com

Abstract

The value chain of agricultural products, especially medicinal plants, is considered as one of the key components in achieving food security and safety of societies. In this study, the role of the value chain of two strategic and indigenous plants of Iran, saffron and thyme, with emphasis on standard processing and packaging, in promoting food safety and security has been examined. This study was conducted using a descriptive-analytical method and using library studies, field observations and interviews with key stakeholders in the Damghan region, as one of the production hubs of these two plants in the country.

The findings show that if the value chain is designed and implemented correctly, from the planting stage to marketing, it is possible to increase productivity and reduce waste, ensure the quality and health of the final product, and prevent contaminated or non-nutritious products from entering the household table. Studies also indicate that one of the main gaps in this chain is the lack of sufficient infrastructure for standard processing, the lack of scientific and hygienic packaging, as well as weaknesses in branding and targeted exports. In particular, inappropriate packaging, in addition to reducing quality and shelf life, leads to secondary contamination and reduced consumer confidence.

Finally, the development of the medicinal plant value chain requires supportive policies, training of operators, investment in processing industries, and the establishment of strict monitoring systems for processing and packaging. Such measures can play an effective role in achieving the macro goals of food security and sustainable development.

Keywords: Food security, food safety, standard packaging, value chain, medicinal plants.

ارزیابی اثر ترانس سدیم کروستینات و کروستین بر آسیب رپرفیوژن در انفارکتوس حاد میوکارد با بالا رفتن قطعه ST: یک کارآزمایی بالینی تصادفی دوسوکور، کنترل شده با دارونما

غزاله اله‌آبادی[۱]، امیر هوشنگ محمدپور[۱،۲]، حسین حسین زاده[۲،۳*]

۱. گروه داروسازی بالینی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۲. مرکز تحقیقات دارویی، پژوهشکده فناوری دارویی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۳. گروه فارماکودینامیک و سم‌شناسی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

* نویسنده مسئول: HosseinzadehH@mums.ac.ir -MohammadpoorAH@mums.ac.ir

چکیده

این کارآزمایی، اثر ترانس سدیم کروستینات (TSC)، ترکیبی مشتق شده از کروستین، که به عنوان یک آنتی‌اکسیدان با اثرات دارویی مختلف دیگر عمل می‌کند، را بر آسیب رپرفیوژن در بیماران مبتلا به انفارکتوس میوکارد با بالا رفتن قطعه ST (STEMI) پس از مداخله کرونری اولیه از راه پوست (PPCI) ارزیابی کرد. TSC اثربخشی خود را بر آسیب رپرفیوژن در مدل‌های حیوانی نشان داده است. این کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده دوسوکور آینده‌نگر، اثر TSC (۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) درست قبل از PPCI و قرص‌های کروستین ۷/۵ میلی‌گرمی به مدت ۳ روز پس از PPCI را بر آسیب رپرفیوژن در ۹۰ بیمار مبتلا به STEMI بررسی کرد. پیامد اولیه، وقوع رفع قطعه ST≥70٪ یک ساعت پس از PCI بود، و پیامدهای ثانویه شامل ترومبولیز اصلاح‌شده در تعداد فریم انفارکتوس میوکارد (CTIMIFC)، فراوانی آریتمی‌های فوق بطنی و بطنی و پارامترهای اکوکاردیوگرام بود. وقوع رزولیشن کامل قطعه ST در گروه TSC در مقایسه با گروه دارونما به طور قابل توجهی بیشتر بود. (p-value=0.018) هیچ تفاوتی در CTIMIFC بین دو گروه وجود نداشت. پارامترهای اکوکاردیوگرافی بین گروه‌های TSC و دارونما مشابه بود. اگرچه از نظر آماری معنی‌دار نبود، فراوانی آریتمی‌های فوق بطنی و بطنی در گروه TSC کمتر بود. عوارض جانبی دارو بین دو گروه قابل مقایسه بود. تجویز TSC نتایج امیدوارکننده‌ای در بهبود وضوح قطعه ST در بیماران STEMI تحت PPCI نشان می‌دهد که نشان‌دهنده نقش بالقوه آن در کاهش آسیب رپرفیوژن است. در حالی که مطالعات بیشتری برای تأیید این مزایا و بررسی پیامدهای اضافی مورد نیاز است، این مطالعه آزمایشی گامی مهم در جهت افزایش انفارکتوس میوکارد و پیش‌آگهی بیمار ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: کروستینات ترانس سدیم، کروستین، آسیب رپرفیوژن، انفارکتوس میوکارد با بالا رفتن قطعه ST

Evaluation of the effect of trans sodium crocetinate and crocetin on reperfusion injury in acute myocardial infarction with ST-segment elevation: A double-blind, randomized, placebo-controlled clinical trial

Ghazaleh Elahabadi[1], Amir Hooshang Mohammadpour[1,2,*], Hossein Hosseinzadeh[2,3,*]
1. Department of Clinical Pharmacy, School of Pharmacy, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran
2 . Pharmaceutical Research Center, Pharmaceutical Technology Institute, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran
3. Department of Pharmacodynamics and Toxicology, School of Pharmacy, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran
Corresponding Author: MohammadpoorAH@mums.ac.ir -HosseinzadehH@mums.ac.ir

Abstract

This trial evaluated the effect of trans sodium crocetinate (TSC), a compound derived from crocetin, which acts as an antioxidant with various other pharmacological effects, on reperfusion injury in patients with ST-elevation myocardial infarction (STEMI) after primary percutaneous coronary intervention (PPCI). TSC has demonstrated efficacy on reperfusion injury in animal models. This prospective double-blinded, randomized controlled trial investigated the effect of TSC (0.5 mg/kg) just before PPCI and 7.5 mg crocetin tablets for 3 days after PPCI on reperfusion injury in 90 patients with STEMI. The primary outcome was the occurrence of ST-segment resolution ≥70% one hour after PCI, with secondary outcomes including corrected thrombolysis in myocardial infarction frame count (CTIMIFC), frequency of supraventricular and ventricular arrhythmias, and echocardiogram parameters. Complete ST-segment resolution occurrence was significantly higher in the TSC group compared to the placebo group.(p-value=0.018) There was no difference in CTIMIFC between the two groups. Echocardiographic parameters were similar between the TSC and placebo groups. Although not statistically significant, the frequency of supraventricular and ventricular arrhythmias was lower in the TSC group. Adverse drug effects were comparable between the two groups. The administration of TSC shows promising results in improving ST-segment resolution in STEMI patients undergoing primary percutaneous coronary intervention (PPCI), suggesting a potential role in reducing reperfusion injury. While further studies are needed to confirm these benefits and explore additional outcomes, this pilot study represents an important step toward improving myocardial infarction outcomes and patient prognosis.

Keywords: Trans sodium crocetinate, crocetin, Reperfusion injury, ST-elevation myocardial infarction.

اهمیت اصلاح و اهلی سازی چای کوهی به عنوان گیاه دارویی در طب سنتی

نرگس شیرنوش*[۱]، محبوبه ربیعی[۲]

۱- علوم و مهندسی صنایع غذایی، گرایش فناوری مواد غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲- بهداشت مواد غذایی، دانشکده پیرادامپزشکی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

*نویسنده مسئول: shirnooshn@gmail.com

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی وبژگی‌های دارویی و امکان اهلی سازی گیاه چای کوهی است. چای کوهی، گیاه بومی مناطق کوهستانی ایران که با نام‌های محلی همچون توکلیجه نیز شناخته می‌شود. چای کوهی، به عنوان یک گیاه دارویی ارزشمند، از دیرباز در طب سنتی مورد توجه اهالی منطقه قرار گرفته است و تنها به عنوان داروی درمان و التیام زخم و درمان سوختگی‌ها از این نوع گیاه دارویی استفاده می‌کردند. علاوه بر این، چای کوهی به عنوان دمنوش ملایم و آرامبخش دارای خواص گسترده‌ای از جمله افزایش سلامت رحم و باروری، درمان کیست تخمدان، درمان سندروم‌های مختلف مرتبط با دستگاه گوارش، درمان انواع عفونت‌ها، درمان کبد چرب، کنترل فشار خون، کاهش استرس و اضطراب و ضد افسردگی می‌باشد. بنابراین، این گیاه دارویی ارزشمند، جایگاه ویژه‌ای در طب سنتی ایران داشته و حتی امروزه نیز کاربردهای درمانی بسیاری در جوامع مدرن دارد. دستگاه‌های اجرایی بایستی در راستای حفاظت از تنوع زیستی در رویشگاه‌های طبیعی، به افزایش آگاهی مردم منطقه، آموزش و توسعه روش‌های بهره‌برداری سازگار با حفظ منابع طبیعی بپردازند. در این مطالعه مروری با هدف شناخت خواص دارویی و سلامتی‌بخش چای کوهی و اصلاح رشد و اهلی‌سازی این گیاه دارویی، به بررسی ویژگی‌های زیستی و ترکیبات شیمیایی، تنوع رشد گیاه در مناطق مختلف، انواع نام‌های محلی، روش مصرف و نگهداری این گیاه دارویی ارزشمند پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: اصلاح، اهلی‌سازی، بیماری، چای کوهی، گیاهان دارویی

مقدمه

گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن‌ها منابع ارزشمندی از ترکیبات بیولوژیکی هستند. این محصولات به دلیل طبیعی بودن، عوارض کمتر، در دسترس بودن و قیمت مناسب نسبت به داروهای شیمیایی، کاربردهای گسترده‌ای در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی بهداشتی یافته‌اند. تقاضا برای این محصولات در بازار جهانی به طور چشمگیری افزایش یافته است. به عنوان یکی از شاخص‌ترین گیاهان دارویی می‌توان به چای کوهی با نام علمی (Stachys lavandulifolia Vahl) اشاره کرد (Lotfi et al., 2022). این گیاه علفی چند ساله و چند ساقه با کرک‌های خاکستری پشمی از راسته "Lamiale"، خانواده "Lamiaceae" و جنس "Stachys" به صورت درختچه‌های چوبی شکوفه‌دار در دامنه کوه‌های ایران، ترکیه و آذربایجان می‌روید. زمان گل‌دهی چای کوهی اواخر بهار و اوایل تابستان است وگل‌های آن به صورت سنبله‌های پنبه‌مانند از رنگ آبی تا بنفش متغیر هستند (Hazrati et al., 2021). ساقه‌های این گیاه تا ارتفاع ۱۵ الی ۲۵ سانتی‌متر می‌توانند رشد کنند (Hassanpouraghdam et al., 2022). در جدول ۱ به مناطق پراکنش جمعیتی و

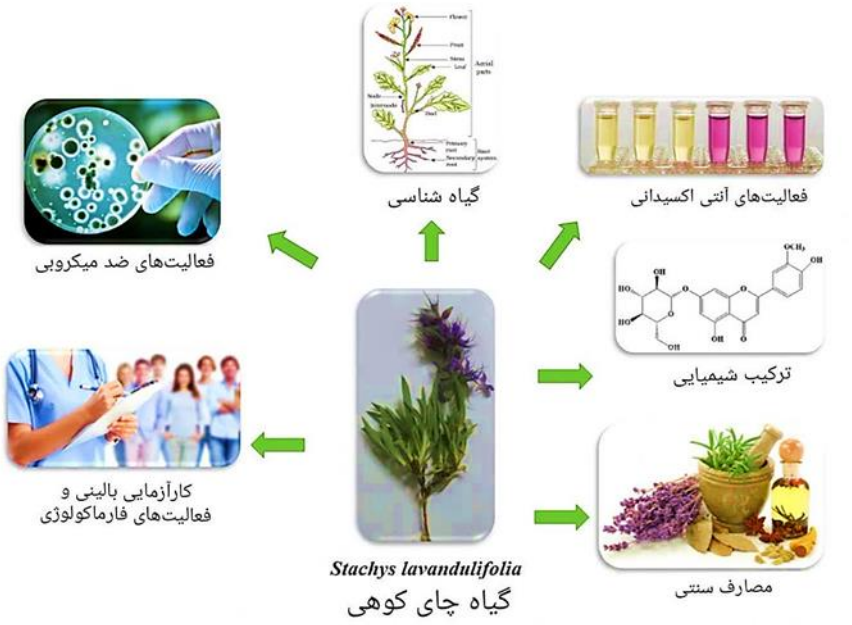
عناوین محلی این گیاه دارویی اشاره شده است. این گیاه دارای مقادیر مختلف ترکیبات شیمیایی از جمله ترپنوئیدها، ایریدوئیدها، فلاونوئیدها و فنیل اتانوئیدها است.

جدول ۱. مناطق پراکنش جمعیتی و عناوین محلی چای کوهی (Hassanpouraghdam et al., 2022).

منطقه رشد چای کوهی	نام محلی چای کوهی
آذربایجان	توکلیجه
خراسان	گل پهپووک، گل پر کوهی
خوانسار	گل گربه
شیراز	کرک گربه
کردستان	گل کبود
کهگلویه و بویراحمر	پشمینه، پشموک
لرستان	کرکینه، کرک خرگوش
همدان	گل کوفته

اسانس‌ها مخلوطی از ترکیبات فرار با وزن مولکولی کم و ترکیبات آبگریز هستند که در قسمت‌های مختلف گیاه معطر از جمله برگ‌ها، گل‌ها، دانه‌ها، جوانه‌ها و شاخه‌ها یافت می‌شوند (Hassanpouraghdam et al., 2022). ترکیبات اسانس موجود (EO) در گیاه دارویی چای کوهی، شامل ترکیباتی مانند مانند فنیل اتانوئیدها، مونوترپن‌ها و سسکوی‌ترپن‌ها است که اثرات دارویی متعددی دارند. از عوامل اثرگذار بر محتوای کلی برخی از ترکیبات گیاهان دارویی می‌توان به موقعیت جغرافیایی، شرایط محیطی و ژنیتیکی اشاره کرد. موقعیت جغرافیایی، شرایط محیطی و عوامل ژنتیکی، شرایط محیطی و موقعیت جغرافیایی مانند خواص فیزیکی و شیمیایی خاک از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر محتوای ترکیبات شیمیایی گیاهان دارویی هستند. همچنین دما، بارش، ارتفاع، رطوبت، شدت نور نیز اثرگذار است. هنگامی که عوامل محیطی تغییر می‌کنند، گیاهان نیز باید ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی خود را تغییر دهند تا با محیط سازگار شوند و این تغییرات تأثیر قابل توجهی بر میزان متابولیت‌های ثانویه دارد (Lotfi et al., 2022).

افزایش عوارض جانبی ناشی از مصرف داروهای شیمیایی صنعتی، کاربرد استفاده از گیاهان دارویی را برجسته‌تر می‌کند (Abbasi et al., 2022). با توجه به اهمیت دارویی و اقتصادی ترکیبات مؤثر در این گیاه، در مطالعات متعددی ویژگی‌های آن مورد بررسی قرار گرفته است (Lotfi et al., 2022). چای کوهی به دلیل ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، ضد سرطانی، ضد باکتریایی، ضد قارچی، ضد التهابی و... دارای کاربرد متنوع و پتانسیل قابل توجهی در زمینه سلامت و درمان بیماری‌های مختلف می‌باشد (Yilmaz and Fidan, 2024). مطالعات نشان داده‌اند که بخش گل این گیاه نسبت به سایر اندام‌های آن اثرات درمانی قوی‌تری دارد (Hassanpouraghdam et al., 2022).



شکل ۱. بررسی ساختار و کاربرد گیاه چای کوهی (Dastan et al., 2024)

خواص دارویی

مصرف تیره گیاهان استاکیس مانند چای کوهی در طب سنتی ایران، به دلیل ویژگی‌های مؤثر در درمان بیماری‌هایی از قبیل زخم و عفونت‌ها، بیماری‌های التهابی و روماتیسم، دردهای مفصلی و عصبی، سرگیجه و سردرد، سرفه و اسکلروز طحال رو به گسترش است (Hazrati et al., 2021). مطالعات بالینی و آزمایشگاهی بر گونه‌های Stachys فواید متعددی مانند آنتی‌اکسیدان، ضد اضطراب، ضد تومور، آنتی‌کولین استراز، ضد میکروبی، محافظت کننده عصبی، ضد دیابت و مؤثر در رفع سوء هاضمه را نشان داده‌اند. علاوه بر این، مطالعات فارماکولوژیک، اثرات چای کوهی را در افزایش طول عمر انسان، کاهش خستگی، حالت تهوع مرتبط با دیسمنوره اولیه و کنترل خونریزی غیرطبیعی رحمی گزارش کرده‌اند. با این حال، مصرف چای کوهی ممکن است موجب عوارضی مانند تهوع، سقط جنین و آسیب کلیوی شود (Yilmaz and Fidan, 2024).

امروزه به دلیل شیوع زیاد بیماری‌های عفونی استفاده از آنتی‌بیوتیک‌های شیمیایی افزایش یافته است. مصرف بی‌رویه داروهای ضد میکروبی باعث افزایش مقاومت باکتری در مقابل اثر آنتی‌بیوتیک‌ها شده و روند بیماری طولانی‌تر خواهد شد. بدین منظور، پژوهشگران تأثیر خواص ضد باکتریایی چای کوهی در درمان عفونت‌ها را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد عصاره‌های گیاهان دارویی مانند چای کوهی را می‌توان به عنوان جایگزین داروهای شیمیایی برای درمان عفونت‌ها مورد استفاده قرار داد. چای کوهی از جنس Stachys در برابر استافیلوکوک اورئوس، استرپتوکوک پیوژنز، اشریشیاکلی، سودوموناس آئروجینوزا و سالمونلا اثرات میکروب کشی نشان داد و در درمان عفونت‌های مجاری تنفسی دارای کاربرد می‌باشد (Meshki Baf et al., 2010). همچنین محققان در زمینه فعالیت ضد میکروبی و حداقل غلظت بازدارنده (MIC) عصاره Stachys Lavandulifolia در برابر ۸ نوع از باکتری‌های بیماری‌زا انسانی مانند P. Mirabilis و

E. Faecalis مطالعه نمودند. نتایج حاکی از آن بود که عصاره Stachys Lavanduifolia می‌تواند یک ماده مؤثر برای توسعه داروهای ضدباکتری شناخته شود (Foladvand and Fazeli Nasab, 2014).

علائمی مانند علائمی مانند تهوع، خستگی، اسهال، سردرد، کمردرد همراه با انقباض‌های رحمی از جمله نشانه‌های شایع دیسمنوره اولیه هستند. افزایش سطح پروستاگلاندین در بدن در هنگام قاعدگی موجب انقباض و احساس درد در ناحیه شکم و لگن می‌گردد. مصرف چای گیاهی یا دمنوش‌ها در کنار سایر روش‌ها مانند ماساژدرمانی و استفاده از پارچه گرم در کاهش درد می‌تواند مؤثر باشد. بدین منظور، محققان اثر مصرف توکلیجه بر دردهای ناشی از دیسمنوره اولیه را مورد مطالعه قرار دادند. با توجه به این که افزایش ترشح پروستاگلاندین با شدت دیسمنوره و دردهای ناشی از آن ارتباط مستقیم دارد، نتایج نشان داد گیاهان خانوادهٔ توکلیجه احتمالاً باعث مهار تولید پروستاگلاندین می‌شوند و در نتیجه برای کاهش درد در دوران قاعدگی پیشنهاد می‌شود و می‌تواند به عنوان جایگزینی برای داروهای شیمیایی ضدالتهابی و عوارض آن‌ها کاربرد داشته باشد (Shabeiri et al., 2014).

سندروم تخمدان پلی‌کیستیک شایع‌ترین اختلال غدد درون‌ریز زنان می‌باشد و یکی از دلایل ناباروری و عدم تخمگذاری محسوب می‌شود. در این سندروم تخمدان‌های بزرگ حاوی تعداد زیادی کیست‌های کوچک تشکیل می‌شود. امروزه محققان به دلیل عوارض ناشی از داروهای شیمیایی به استفاده از داروهای گیاهی جهت درمان این اختلالات روی آورده‌اند. نقش داروهای گیاهی، به‌ویژه چای کوهی، در درمان سندرم تخمدان پلی‌کیستیک در مطالعات حیوانی بررسی شده است. نتایج حاکی از آن بود اپی‌ژنین، یکی از فلاونوئیدهای موجود در چای کوهی، دارای اثرات شبه‌استروژنی است. ترکیبات استروژنی قابلیت اشغال گیرنده‌های استروژنی داشته و باعث کاهش عملکرد استروژن می‌شود. در نتیجه میزان ترشح استروژن در بیماران مبتلا به سندروم تخمدان پلی‌کیستیک کاهش یافت (Swabi Esfahani et al., 2021).

روش نگهداری

چای گیاهی به‌صورت دمنوش یا جوشانده برای درمان ناراحتی‌های گوارشی مصرف می‌شود و عصاره آن نیز خاصیت ضد اضطراب و آرام‌بخش ملایمی دارد. رطوبت باقیمانده در گیاهان دارویی آن‌ها را در معرض خطر رشد قارچ‌ها و فساد میکروبی قرار می‌دهد. یکی از رایج‌ترین روش نگهداری گیاهان دارویی و حفاظت از ترکیبات بیوشیمیایی آن‌ها، خشک کردن تا رطوبت ۱۰٪ تا ۱۲٪ است. مطالعات نشان می‌دهد که روش خشک‌کردن در سایه نسبت به خشک‌کردن در دماهای ۶۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد، بهتر از ترکیبات اسانسی موجود در برگ چای کوهی محافظت می‌کند. روش خشک‌کردن با ماکروویو و فر باعث کاهش قابل توجه ترکیباتی نظیر α-پینن، β-پینن و میرسن می‌شود (Hazrati et al., 2021).

نتایج و بحث

گیاهان دارویی از جمله چای کوهی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و متعادل‌کننده هورمون‌ها می‌توانند جایگزین داروهای شیمیایی در درمان یا کاهش برخی بیماری‌ها از جمله دردهای گوارشی، عفونت، آسم، بیماری‌های التهابی، دردهای مفصلی، سردرد، سرگیجه، دردهای عصبی، اضطراب، بیخوابی، درد ناشی از دیسمنوره اولیه، سندرم تخمدان پلی کیستیک کاربرد گسترده‌ای پیدا کنند (Abbasi et al., 2022). شناسایی جمعیت‌های مختلف و عوامل مؤثر بر ترکیبات فعال آن‌ها در زیستگاه‌های طبیعی، برای دستیابی به حداکثر عملکرد کمی و کیفی بسیار مهم است؛

زیرا سطح زیرکشت گیاهان دارویی نسبت به گیاهان زراعی کمتر است. مطالعات پیشین نشان دادند که دستکاری در زیستگاه‌های طبیعی به منظور جمع آوری گونه‌های دارویی باعث تخریب تدریجی جمعیت‌های گیاهان وحشی می‌گردد. بنابراین، برای جلوگیری از تخریب مراتع طبیعی، تدوین برنامه‌های اصلاحی به منظور شناسایی تنوع بین جمعیت‌های گیاهی ضروری است؛ همچنین پرورش‌دهندگان و مصرف‌کنندگان باید با ویژگی‌ها و میزان تنوع این گیاهان آشنا شوند (Lotfi et al., 2022). کشت و بهره‌برداری، اهلی‌سازی و یا اصلاح نژاد گیاهان دارویی، حفظ ذخایر میراثی و جلوگیری از فرسایش و انقراض گونه‌ها، به‌ویژه گونه‌های بومی در هر زیستگاه نیازمند شناسایی عوامل بوم‌شناختی مانند تنوع فنوتیپی و ژنتیکی گیاهان از رویشگاه‌های طبیعی مؤثر بر استقرار و پراکندگی آن‌ها می‌باشد (Abbasi et al., 2022). امروزه اصلاح گیاهان دارویی با هدف افزایش کمیت و کیفیت مواد مؤثره در این گیاهان جهت کاربرد در صنایع غذایی، عطرسازی و دارویی انجام می‌شود. اولین و مهم‌ترین مراحل اصلاح گیاهان دارویی، جمع آوری ذخایر ژنتیکی جمعیت‌های گیاهی مورد نظر و بررسی طرح حفاظت از آن‌ها، نگهداری از هر مجموعه گیاهی و تعیین ویژگی‌ها و تنوع ژنتیکی نمونه‌های جمع آوری شده می‌باشد (Lotfi et al., 2022). در نهایت برای تولید انبوه متابولیت‌های ثانویه مورد نظر، کشت اکوتیپ‌های انتخابی در سیستم‌های کشاورزی ضروری خواهد بود (Hassanpouraghdam et al., 2022).

منابع

Abbasi, M., Jafary, M., & Pairevand, V. (2022). Investigation of the most Influential Environmental Factors Affecting Habitat Preference of Stachys lavandulifolia Vahl in Qazvin Province's Alamut Sharghi Rangelands. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, *10*(21), 30-44.

Dastan, D., Dobie, C., Zadali, R., Pourrashid, M. H., Skropeta, D., & Miran, M. (2024). Botanical description, phytochemical constituents, ethnobotany, traditional medicinal use, and pharmacological activities of Stachys lavandulifolia Vahl. *Natural Product Research*, *38*(24), 4479-4493.

Fooladvand, Z., & FAZELI, N. B. (2014). Antibacterial activities of Stachys lavandulifolia Vahl. extract against eight bacteria. *Journal of Herbal Drugs*. 5(1),13-18.

Hassanpouraghdam, M. B., Salimi, Y., Morshedloo, M. R., Asadi, M., Rasouli, F., Ercisli, S & Marc, R. A. (2022). Stachys lavandulifolia populations: volatile oil profile and morphological diversity. *Agronomy*, 12(6), 1430.

Hazrati, S., Lotfi, K., Govahi, M., & Ebadi, M. T. (2021). A comparative study: Influence of various drying methods on essential oil components and biological properties of Stachys lavandulifolia. *Food Science & Nutrition*, 9(5), 2612-2619.

Meshkibaf, M. H., Abdollahi, A., Ramandi, M. F., Sadati, S. A., Moravvej, A., & Hatami, S. H. (2010). Antibacterial effects of hydro-alcoholic extracts of Ziziphora tenuior, Teucrium polium, Barberis corcorde and Stachys inflate. *Koomesh*. 11(4), 240-245 ref. 32.

Shabeiri, F., Janabi, A., Hajilo Mohajeran, M., & Turkmani. M. (2014). Studying the effect of consuming Toklijeh on pain caused by primary dysmenorrhea. *Journal of Complementary Medicine*, 4(1), 713-719.

Yilmaz, S., & Fidan, H. (2024). Pharmacological and toxicological profile of the Stachys lavandulifolia Vahl: a comprehensive review. *Zeitschrift für Naturforschung C*, Dec 31 (0).

The importance of breeding and domesticating mountain tea as a medicinal plant in traditional medicine

Narges Shirnoush[1]*, Mahboobe Rabie[2]
1. Food Science and Engineering, Food Technology, Faculty of Food Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
2. Food Hygiene, Faculty of Para-Veterinary Medicine, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
*Corresponding Author: shirnooshn@gmail.com

Abstract

The aim of this study is to investigate the medicinal properties and the possibility of domestication of the mountain tea plant. Mountain tea is a plant native to the mountainous regions of Iran, also known by local names such as Toklijeh. Mountain tea, as a valuable medicinal plant, has long been of interest to the people of the region in traditional medicine, and they used this type of plant only as a medicine for treating and healing wounds and burns. In addition, mountain tea, as a mild and soothing tea, has extensive properties, including supporting uterine health and enhancing fertility, treating ovarian cysts, treating various syndromes related to the digestive system, treating various infections, treating fatty liver, controlling blood pressure, reducing stress and anxiety, and being an antidepressant. Therefore, this valuable medicinal plant has a special place in traditional Iranian medicine and even today has many therapeutic applications in modern societies. Executive bodies should raise public awareness, provide education, and promote sustainable harvesting methods aligned with natural resource conservation in order to protect biodiversity in natural habitats. In this review study, with the aim of understanding the medicinal and health-promoting properties of mountain tea and improving the growth and domestication of this medicinal plant, the biological characteristics and chemical compounds, the diversity of plant growth in different regions, various local names, and the method of consumption and preservation of this valuable medicinal plant have been investigated.

Keywords: Breeding, domestication, disease, mountain tea, medicinal plants

کاربرد عصاره‌ها و متابولیت‌های گیاهان دارویی در کنترل آفات، بیمارگرها و علف‌های هرز و مکانیسم عمل آن‌ها

سعیده دهقانپور فراشاه*

گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

*Corresponding Author: sdfarashah@pnu.ac.ir

چکیده

افزایش تولید مواد غذایی برای برآوردن نیازهای جمعیت روبه رشد جهان به‌دلیل عواملی مانند آفات گیاهی، زمین کشاورزی محدود، تغییرات اقلیمی و ترجیح مصرف‌کنندگان برای شیوه‌های کشاورزی ایمن و سبزتر، همراه‌با مقررات سختگیرانه در مورد آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها، چالش‌برانگیز است. سیستم‌های کشاورزی پایدار که از روش‌های طبیعی نظیر کودهای زیستی، محرک‌های زیستی و آفت‌کش‌های طبیعی استفاده می‌کنند، برای ایجاد تعادل بین افزایش تولید با پایداری زیست‌محیطی و ایمنی مصرف‌کننده بسیار مهم هستند. گیاهان دارویی و معطر با ترکیبات غنی مانند آلکالوئیدها، اسانس‌ها، گلیکوزیدها، پلی‌فنول‌ها، کینون‌ها، استروئیدها و ترپنوئیدها که رشد گیاه و مقاومت در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی را افزایش می‌دهند، نقش حیاتی در این رویکرد ایفا می‌کنند. دراین بررسی به خلاصه‌ای از تحقیقات کلیدی در مورد ظرفیت عصاره‌ها و متابولیت‌های گیاهان دارویی و معطر در ایجاد محصولات کشاورزی سازگار با محیط زیست پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: آفت‌کش‌های زیستی، کشاورزی پایدار، متابولیت‌های گیاهی، محیط‌زیست.

مقدمه

عوامل متعددی از جمله آفات و بیماری‌های گیاهی و تنش‌های غیرزیستی، تلاش‌ها برای افزایش تولید مواد-غذایی مورد نیاز با افزایش جمعیت و توصیه سازمان خواربار و کشاورزی (FAO) برای برآوردن نیازهای جمعیت دنیا را پیچیده‌تر می‌کند. کودهای زیستی محصولات زیستی هستند که به صورت شیمیایی مرسوم تولید نشده‌اند و مواد مغذی ضروری را برای گیاهان برای حمایت از رشد و نمو آن‌ها فراهم می‌کنند. همچنین این کودها محرک‌هایی هستند که می‌توانند کارایی مصرف مواد مغذی شیمیایی و تحمل گیاه در برابر تنش‌های غیرزیستی را افزایش دهند. آفت‌کش‌های زیستی نیز مواد طبیعی هستند که برای محافظت از محصولات در برابر آفات، بیمارگرهای گیاهی و علف‌های هرز استفاده می‌شوند. متابولیت‌ها به صورت مستقیم یا از تغذیه آفت و گسترش بیماری ممانعت می‌کنند یا بصورت کیفی سیستم ایمنی گیاه را در برابر این عوامل تقویت می‌کنند. در میان همه گونه‌های گیاهی، گیاهان دارویی و معطر، غنی از متابولیت‌های ثانویه هستند. ترکیبات فیتوشیمیایی در این گیاهان، پیچیده و متنوع است و تحت‌تأثیر عوامل مختلفی از جمله شرایط آب و هوایی، شیوه‌های کشت، سن گیاه و ویژگی‌های ژنتیکی قرار دارد. ترکیبات شیمیایی اولیه در این گیاهان شامل آلکالوئیدها، اسانس‌ها، گلیکوزیدها، فنیل پروپانوئیدها، کینون‌ها، استروئیدها و ترپنوئیدها هستند. آلکالوئیدها گیاهان را در برابر آفات، گیاه‌خواران و علف‌های هرز محافظت می‌کنند. این ترکیبات باعث نظیم رشد گیاه، ایجاد فعالیت آنتی‌اکسیدانی، القاء سیستم‌های دفاعی گیاه، برهمکنش مستقیم با عوامل میکروبی

بیمارگر و پیام‌رسانی در میکروبیوم گیاهی می‌شوند. اسانس‌ها ترکیبات فراری هستند که به‌دلیل خواص معطر و زیست‌فعال خود نظیر اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدمیکروبی و حشره‌کشی با ارزش هستند. گلوکوزیدها به تنظیم رشد کمی و کیفی گیاه کمک می‌کنند. همچنین این ترکیبات دارای خواص آنتی‌اکسیدانی بوده و به‌صورت مستقیم (با ممانعت از تغذیه آفات، شکارچیان و گسترش بیماری و برهمکنش مستقیم با عوامل میکروبی) و بصورت غیرمستقیم با القاء سیستم‌های دفاعی از گیاهان دربرابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی محافظت می‌کنند. کینون‌ها برای دفاع از گیاهان در برابر آفات، بیمارگرها و گیاه‌خواران حیاتی هستند. این ترکیبات خواص آنتی‌اکسیدانی دارند و از رشد کمی و کیفی گیاه حمایت می‌کنند. استروئیدها در گیاهان در جوانه‌زنی بذر، تشکیل غشاء، تنظیم معماری مورفولوژیکی گیاه، تولیدمثل گیاه و افزایش پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی نقش دارند. ترپنوئیدها عملکردهای اساسی از جمله بازدارندگی از گیاهخواران، خاصیت ضدمیکروبی مستقیم، اثرات آنتی‌اکسیدانی و القای مقاومت گیاه در برابر آفات و بیمارگرها را در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی بر عهده دارند (Chrysargyris et al., 2024, El-Rokiek et al., 2024, Pacyga et al., 2024). در این بررسی به نمای کلی تاثیر عصاره‌های گیاهان دارویی و معطر بر بهبود کشاورزی با گردآوری خلاصه‌ای از تحقیقات کلیدی در این زمینه پرداخته شده است.

پتانسیل گیاهان دارویی و معطر در کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی

تحقیقات نشان می‌دهد که عصاره‌های گیاهان دارویی و معطر دارای پتانسیل قابل‌توجهی به‌عنوان ترکیبات اختصاصی در کنترل آفات و بیمارگرهای کشاورزی هستند و به‌عنوان جایگزین مناسب ترکیبات سنتزی شیمیایی و سازگار با محیط زیست محسوب می‌شوند (Seimandi et al., 2024, Martin et al., 2023, Topuz, 2023). در جدول ۱ خلاصه‌ای از مطالعات مختلف انجام شده روی تاثیر عصاره‌های گیاهان دارویی و معطر در کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی آورده شده است.

جدول ۱. مطالعات انجام شده روی تاثیر عصاره‌های گیاهان دارویی و معطر در کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی

نوع تاثیر	نحوه استفاده	میزبان بیمارگر	ارگانیسم مورد هدف	مکانیسم عمل	اسم علمی گیاه
فعالیت ضدتغذیه‌ای بالا	محلول‌پاشی برگ	*Malus domestica* leaves	*Yponomeuta malinellus*	حشره‌کش	*Achillea coarctata*
ممانعت از رشد هیف قارچ	تیمار میوه بعد از برداشت	*Citrus paradisi* fruits	*Alternaria alternata*, *Penicillium digitatum*	قارچ‌کش	*Aloe vera*
حلزون‌کش	تماس مستیقیم	*Oryza sativa*	*Pomacea canaliculata*	حلزون‌کش	*Ambrosia artemisiifolia*
ممانعت از رشد لارو	خوراندن به لارو	No plant tested	*Agrotis ipsilon*	حشره‌کش	*Ammi majus*
کاهش جمعیت آفات	تماس مستقیم	No plant tested	*Toxoptera aurantii*	حشره‌کش	*Ammi visnaga*
فعالیت ضدتغذیه	بخاردهی	No plant tested	*Lymantria dispar*	حشره‌کش	*Anethum graveolens*
ممانعت از رشد	آزمایشگاهی	No plant tested	*Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Fusarium graminearum*, *P. citrinum*, *P. verrucosum* *P. italicum*	قارچ‌کش	*Anethum graveolens*
ممانعت از رشد	تیمار میوه بعد از برداشت	*Citrus sinensis* fruits		قارچ‌کش	*Arenaria rubra*
دور کننده و ممانعت از تشکیل تخم	بخاردهی	No plant tested	*Tetranychus cinnabarinus*	کنه‌کش	*Artemisia absinthium*
کاهش جمعیت آفات	خوراندن دهانی	No plant tested	*Rattus norvegicus*	جونده‌کش	*Calendula aegyptiaca*

جدول ۱. مطالعات انجام شده روی تاثیر عصاره‌های گیاهان دارویی و معطر در کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی

نوع تاثیر	نحوه استفاده	میزبان بیمارگر	ارگانیسم مورد هدف	مکانیسم عمل	اسم علمی گیاه
ممانعت کننده رشد	محلول‌پاشی برگ	No plant tested	*Brevicoryne brassicae*	حشره‌کش	*Cannabis sativa*
کاهش جمعیت آفات	تماس مستقیم	No plant tested	*Sitophilus zeamais, Tribolium castaneum*	حشره‌کش	*Carum carvi*
ممانعت کننده رشد	تست‌های آزمایشگاهی برای محصولات بعد از برداشت	No plant tested/*Solanum lycopersicum* fruits	*A. alternata, P. digitatum*	حشره‌کش	*Carum copticum*
کاهش جمعیت و باروری آفات	بخاردهی	No plant tested	*T. urticae*	کنه‌کش	*Deverra scoparia*
کاهش جمعیت آفت	تماس مستقیم	No plant tested	*Spodoptera littoralis*	حشره‌کش	*Echinophora spinosa*
ممانعت کننده از رشد	روی هیچ گیاهی تست نشده است	*In vitro*	*A. alternata, P. digitatum*	قارچ‌کش	*Foeniculum vulgare*
کاهش تخم‌گذاری و بقاء	تیمار بذر	*Zea mays seeds*	*Prostephanus truncatus, Sitophilus zeamais*	حشره‌کش	*Hyptis suaveolens*
بی‌حرکت کردن نماتد گال‌زای ریشه	تست آزمایشگاهی	No plant tested	*Meloidogyne incognita*	نماتدکش	*Lantana camara*
ممانعت کننده رشد	تست آزمایشگاهی	No plant tested	*Xanthomonas campestris*	باکتری‌کش	*Lippia gracilis*
کاهش خروج نماتد از تخم و کاهش خسارت روی ریشه	استفاده در خاک	No plant tested	*M. incognita*	نماتدکش	*Monarda didyma*
افزایش فعالیت‌های دفاعی گیاه و کاهش علائم	محلول‌پاشی	*Nicotiana tabacum*	*Nicotiana tabacum Mosaic virus*	ویروس‌کش	*Rosmarinus officinalis*

پتانسیل علف‌کشی گیاهان دارویی و معطر

علف‌های هرز یک چالش جدی در کشاورزی هستند زیرا برای منابع ضروری مانند آب، مواد مغذی، نور و فضا با محصولات کشاورزی رقابت می‌کنند و همچنین به‌طور بالقوه به‌عنوان میزبان آفات و بیماری‌های گیاهی محسوب می‌شوند. عصاره گیاهان دارویی و معطر می‌توانند از رشد و نمو علف‌های هرز جلوگیری کنند. آن‌ها می‌توانند در جوانه‌زنی بذر، فرآیندهای سلولی ضروری مانند تنفس و فتوسنتز، تقسیم سلولی، تعادل هورمونی و عملکرد غشای سلولی اختلال ایجاد و یا منجربه القای تنش‌های اکسیداتیو شوند (El-Rokiek et al., 2024, Chrysargyris et al., 2024). در جدول ۲ خلاصه‌ای از مطالعات مختلف انجام شده روی تاثیر عصاره‌های گیاهان دارویی و معطر در کنترل علف‌های هرز آورده شده است.

جدول ۲. مطالعات انجام شده روی تاثیر عصاره‌های گیاهان دارویی و معطر در کنترل علف‌های هرز

مکانیسم عمل	علف هرز مورد هدف	نام متابولیت	اسم علمی گیاه
ممانعت از جوانه‌زنی و رشد ریشه	*Amaranthus retroflexus, Cardaria draba*	β-Caryophyllene, caryophyllene oxide, α-copaene, β-cubebene	*Acroptilon repens*
ممانعت از جوانه‌زنی و رشد گیاه	*Chrysanthemum zawadskii, Majorana hortensis, Melissa officinalis, Rudbeckia hirta, Tagetes patula, Taraxacum platycarpum, Trifolium repens*	d-Limonene, linalool	*Agastache rugosa*

ادامه جدول ۲

اسم علمی گیاه	نام متابولیت	علف هرز مورد هدف	مکانیسم عمل
Aglaia odorata	Rocaglaol	*Echinochloa crus-galli, Lolium perenne*	ممانعت از رشد گیاه
Bassia muricata	6-Methyl-α-ionone, endo-borneol, hexahydrofarnesyl acetone, methoxy-1-acetonaphthone, n-dotriacontane, α-gurjunene	*Chenopodium murale*	ممانعت از جوانه‌زنی و رشد ریشه
Cannabis sativa	Myrcene, (E)-β-ocimene, terpinolene	*A .retroflexus, Bromus secalinus*	ممانعت از جوانه‌زنی و رشد گیاه
Eriocephalus africanus	Artemisia ketone	*A. hybridus*	ممانعت از جوانه‌زنی و رشد گیاه
Foeniculum vulgare	α-Pinene	*A. retroflexus, Portulaca oleracea*	ممانعت از جوانه‌زنی و رشد ریشه
Heliotropium curassavicum	(−)-Caryophyllene oxide, hexahydrofarnesyl acetone, farnesyl acetone, humulene oxide, farnesyl acetone C, nerolidol epoxy acetate	*Ch. murale*	ممانعت از جوانه‌زنی و رشد گیاه
Lactuca serriola	alloaromadendrene oxide-1, isocembrol, iso-shyobunone	*Bidens pilosa, A. hybridus, Portulaca oleracea*	ممانعت از جوانه‌زنی و رشد گیاه
Lavandula angustifolia	Geraniol, linalool, linalyl acetate	*L. sativa, Lepidium sativum, Raphanus sativus*	ممانعت از جوانه‌زنی و رشد گیاه
Majorana hortensis	1,8-Cineole, linalool, β-phellandrene, α-pinene	*L. sativa, L. sativum, Raphanus sativus*	ممانعت از جوانه‌زنی و رشد گیاه
Nepeta curviflora	β-Caryophyllene, caryophyllene oxide, (E)-β-farnesene	*Eruca sativa, L. sativum, Raphanus sativus*	ممانعت از جوانه‌زنی
Piper nigrum	Sarmentine	*Arachis hypogaea, Cucurbita moschata, Digitaria sanguinalis, E. crus-galli, Glycine max, Raphanus sativus, Stylosanthes guianensis, Vigna mungo, Zea mays*	ممانعت از جوانه‌زنی و رشد گیاه
Salvia multicaulis	1,8-Cineole, α-copaene, myrtenol, α-pinene, sabinyl acetate	*L. sativa, L. sativum, Portulaca oleracea*	ممانعت از جوانه‌زنی و رشد گیاه
Senecio amplexicaulis	o-Cymene, β-ocimene, α-phellandrene	*Phalaris minor, Triticum aestivum*	ممانعت از جوانه‌زنی

نتایج و بحث

تحقیقات گسترده روی عصاره‌های گیاهان دارویی و معطر نشان می‌دهد که این گیاهان دارای پتانسیل زیادی به عنوان راه حل جایگزین ترکیبات شیمیایی در کشاورزی و ترویج کشاورزی پایدار هستند. عصاره این گیاهان شامل ترکیبات غنی موثر برای کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز گیاهی است و در عین حال به گیاهان برای مقاومت در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی کمک می‌کند. همچنین آن‌ها می‌توانند به عنوان محرک‌های زیستی، باعث افزایش رشد گیاه و بهبود پارامترهای کیفیت و کارایی مصرف مواد مغذی توسط گیاه شوند (Chrysargyris et al., 2024, Seimandi et al., 2024, El-Rokiek et al., 2024).

منابع

Chrysargyris, A., Petrovic, J. D., Tomou, E. M., Kyriakou, K., Xylia, P., Kotsoni, A., Gkretsi, V., Miltiadous, P., Skaltsa, H., Soković, M.D., & Tzortzakis, N. (2024). Phytochemical profiles and biological activities of plant extracts from aromatic plants cultivated in Cyprus. *Biology*, *13*(1), 45.

El-Rokiek, K. G., Nasr Shehata, A., El-Din, S. A. S., & Tarraf, S. A. (2024). An allelopathic evaluation of aqueous *Aloe vera* leaf and root extracts on the weed Sonchus oleraceus associated *Vicia faba* L. *Ahead of print*.

Martin, A. P., Martínez, M. F., Chiesa, M. A., Garcia, L., Gerhardt, N., Uviedo, F., Torres, P.S., & Marano, M. R. (2023). Priming crop plants with rosemary (*Salvia rosmarinus* Spenn, syn

Rosmarinus officinalis L.) extract triggers protective defense response against pathogens. *Plant Physiology and Biochemistry*, *197*, 107644.

Pacyga, K., Pacyga, P., Boba, A., Kozak, B., Wolko, Ł., Kochneva, Y., & Michalak, I. (2024). Potential of plant-based extracts to alleviate sorbitol-induced osmotic stress in cabbage seedlings. *Plants*, *13*(6), 843.

Seimandi, G. M., Imhoff, S. D. C., & Derita, M. G. (2024). Bioactivity of *Raphanus* Species against Agricultural Phytopathogens and its Role in Soil Remediation: A Review. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, *27*(4), 516-544.

Topuz, E. (2023). Insecticidal activity of *Mentha pulegium* essential oil against *Thrips tabaci*, *Bemisia tabaci* and *Tuta absoluta* adults. *International Journal of Tropical Insect Science*, *43*(5), 1475-1483.

Application of extracts and metabolites of medicinal plants in controlling pests, pathogens and weeds and their mechanism of action

Saeedeh Dehghanpour Farashah
Department of Agriculture, Payame Noor University, Thehran, Iran.

*Corresponding Author: sdfarashah@pnu.ac.ir

Abstract

Increasing food production to meet the demands of a growing global population is challenging due to factors like plant pests, limited land, climate change, and consumer preferences for safer, greener agricultural practices, alongside stricter regulations on pesticides and herbicides. Sustainable agricultural systems utilizing natural solutions like biofertilizers, biostimulants, and natural pesticides are crucial for balancing increased production with environmental sustainability and consumer safety. Medicinal and aromatic plants, rich in compounds such as alkaloids, essential oils, glycosides, polyphenols, quinones, steroids and terpenoids that enhance plant growth and biotic and abiotic stress resilience, play a vital role in this approach. This review summarizes key research investigating the potential of medicinal and aromatic plant extracts and metabolites to create environmentally friendly agricultural products.

Keywords: Biopesticides, Environment, Plant Metabolites, Sustainable Agriculture.

مطالعه تطبیقی ابعاد کیفری تبلیغات گمراه‌کننده در حوزه دارو و فرآورده‌های دارویی (با نگاهی بر قوانین کیفری درباره بازاریابی‌های غیرواقعی یا بدون مجوز)

محمدعلی چاپاری*[۱]، نگین رشتچی جباری[۲]

۱- گروه حقوق، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۲- دکتری عمومی داروسازی، مرکز تحقیقات کاربردی دارویی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی، تبریز، ایران.

*نویسنده مسئول: Dr.M.Ali.Chapari@iau.ir

چکیده

پدیده تبلیغات گمراه‌کننده در حوزه دارو و فرآورده‌های دارویی از چالش‌های اساسی در تقاطع حقوق کیفری، حقوق مصرف‌کننده و نظام سلامت عمومی است. این تبلیغات، با تکیه بر ادعاهای خلاف واقع، بزرگ‌نمایی آثار درمانی یا کتمان عوارض جانبی، مصرف‌کنندگان را به استفاده از داروهایی سوق می‌دهد که یا فاقد اثربخشی کافی‌اند یا اساساً مجوز قانونی ندارند. چنین رویه‌ای نه‌تنها سلامت جسمی و روانی افراد را تهدید می‌کند بلکه اعتماد عمومی به نظام سلامت، اعتبار علمی نهادهای دارویی و رقابت سالم میان شرکت‌ها را نیز مخدوش می‌سازد. در پرتو این پیامدها، ورود حقوق کیفری به‌منظور پیشگیری و مقابله با این پدیده ضرورتی اجتناب‌ناپذیر دارد.

این مقاله با رویکرد تحلیلی- توصیفی و با بهره‌گیری از منابع قانونی، فقهی، رویه‌های قضایی و مطالعه تطبیقی با نظام‌های حقوقی پیشرفته نظیر ایالات متحده و اتحادیه اروپا، ابعاد کیفری تبلیغات فریبکارانه دارویی را در ایران بررسی می‌کند. یافته‌ها نشان می‌دهد با وجود برخی مقررات نظیر قانون تعزیرات حکومتی امور بهداشتی و درمانی و آیین‌نامه‌های مربوطه، هنوز چارچوب جامع و روشنی برای تعریف و جرم‌انگاری تبلیغات گمراه‌کننده وجود ندارد. فقدان تعریف دقیق «تبلیغ فریبنده»، پراکندگی در جرم‌انگاری، ضعف در مسئولیت کیفری اشخاص حقوقی و خلأ در نظارت بر بسترهای دیجیتال از جمله مهم‌ترین چالش‌هاست.

در پایان، مقاله پیشنهادهایی همچون تدوین قانون خاص و جامع در زمینه تبلیغات دارویی، جرم‌انگاری مستقل و متناسب با شدت تخلف، گسترش مسئولیت کیفری اشخاص حقوقی، تقویت نقش نهادهای نظارتی در فضای مجازی و آموزش تخصصی مراجع قضایی ارائه می‌دهد؛ اصلاحاتی که می‌تواند حقوق مصرف‌کنندگان و سلامت عمومی جامعه را در برابر تهدیدات فزاینده ناشی از تبلیغات فریبنده تضمین کند.

واژه‌های کلیدی: تبلیغات گمراه‌کننده، دارو، مسئولیت کیفری، سلامت عمومی، جرم‌انگاری

مقدمه

صنعت داروسازی به‌عنوان یکی از ارکان بنیادین نظام سلامت، نقشی اساسی در تأمین رفاه عمومی دارد. در این میان، تبلیغات دارویی به‌منزله ابزاری برای اطلاع‌رسانی و بازاریابی، جایگاهی ویژه یافته است. با این حال، زمانی که تبلیغات از چارچوب‌های علمی، اخلاقی و قانونی خارج شود و به سمت اغراق، گمراه‌سازی یا فریب افکار عمومی میل کند، سلامت افراد و اعتماد عمومی به نظام سلامت به خطر می‌افتد.

تبلیغات گمراه‌کننده در حوزه دارو می‌تواند به شیوه‌های گوناگون بروز یابد: ارائه اطلاعات خلاف واقع درباره خواص دارو، پنهان کردن عوارض جانبی، تبلیغ داروهای بدون مجوز رسمی یا ادعای کارایی برای گروه های خاص. این نوع تبلیغات بستر جرایم دیگری همچون فروش داروهای تقلبی یا مصرف خودسرانه را نیز فراهم می‌آورد.

در بسیاری از نظام های حقوقی پیشرفته، واکنش های کیفری صریحی نسبت به این رفتارها پیش‌بینی شده است؛ زیرا تبلیغات فریبکارانه نه صرفاً یک تخلف اداری، بلکه تهدیدی علیه سلامت عمومی و نظم اجتماعی تلقی می شود. در نظام حقوقی ایران نیز مقرراتی برای مقابله با این پدیده وجود دارد، اما پراکندگی و ابهام در حدود جرم انگاری موجب کاهش کارایی نظام کیفری شده است.

مقاله حاضر با رویکردی تحلیلی به بررسی ابعاد کیفری تبلیغات گمراه کننده دارویی در ایران می پردازد. در این مسیر، ضمن تبیین مفاهیم و مبانی نظری، مقررات کیفری ایران نقد و بررسی می‌شود و با نمونه‌هایی از نظام‌های حقوقی پیشرفته مقایسه خواهد شد. هدف اصلی، ارائه تصویری روشن از وضعیت موجود و پیشنهاد راهکارهایی برای ارتقای پاسخ کیفری به این پدیده نوظهور است.

مفهوم‌شناسی و پیش‌زمینه

تعریف تبلیغات دارویی و دسته‌بندی آن

تبلیغات دارویی به هرگونه فعالیت اطلاع‌رسانی یا ترویجی اطلاق می‌شود که با هدف ترغیب مصرف داروها یا فرآورده‌های بهداشتی به عموم یا متخصصان ارائه می‌گردد. این تبلیغات می‌تواند از طریق رسانه‌هایی مانند تلویزیون، رادیو، اینترنت، شبکه‌های اجتماعی و نشریات تخصصی منتشر شود.

از نظر مخاطب، تبلیغات دارویی به دو دسته اصلی تقسیم می‌شود:

۱. تبلیغات به مصرف‌کنندگان: مستقیماً افراد عادی و بیماران را هدف قرار می‌دهد و در بسیاری از کشورها از جمله ایران محدود یا ممنوع است.

۲. تبلیغات به متخصصان سلامت: برای پزشکان، داروسازان و کادر درمانی انجام می‌شود و معمولاً در قالب بروشورها، مقالات یا سمینارهای علمی ارائه می‌گردد.

مفهوم تبلیغات گمراه‌کننده دارویی

تبلیغات گمراه‌کننده دارویی به ارائه اطلاعات ناقص، اغراق‌آمیز یا خلاف واقع اطلاق می‌شود که مصرف‌کننده را در خصوص کیفیت، ایمنی یا کارایی دارو دچار خطا می سازد. سازمان جهانی بهداشت این نوع تبلیغات را «ارائه ناقص یا نادرست اطلاعات درباره دارو که موجب برداشت غلط مخاطب می‌شود» تعریف کرده است.

نمونه‌های رایج:

- ادعای درمان قطعی بیماری‌های صعب‌العلاج؛
- تأکید بر طبیعی بودن دارو بدون ذکر عوارض؛
- استفاده از تصاویر افراد مشهور یا پزشکان بدون مجوز؛
- ارائه آمار غیرواقعی از موفقیت درمانی.

جایگاه تبلیغات در سلامت عمومی

چنانچه تبلیغات دارویی در چارچوب علمی و اخلاقی انجام شود، می‌تواند نقش مؤثری در افزایش آگاهی بیماران و بهبود روند درمان ایفا کند. در مقابل، تبلیغات فریبکارانه تهدیدی جدی برای سلامت عمومی به شمار می‌رود و می‌تواند موجب مصرف بی‌رویه، مقاومت دارویی و حتی مرگ بیماران شود. از این‌رو مداخله کیفری برای جلوگیری از این پیامدها ضروری است.

تحلیل حقوقی و کیفری تبلیغات گمراه‌کننده دارویی

جرم‌انگاری تبلیغات فریبکارانه بر اصول بنیادین حقوق کیفری چون حمایت از سلامت عمومی، حفظ نظم اقتصادی و صیانت از اعتماد عمومی استوار است. دولت وظیفه دارد در برابر اطلاعات نادرست و فریبنده‌ای که سلامت مردم را تهدید می‌کند، مداخله کیفری مؤثر داشته باشد. افزون بر این، تبلیغات گمراه‌کننده با اخلاق حرفه‌ای تعارض دارد و می‌تواند منجر به تجارت ناعادلانه و رقابت ناسالم گردد.

عناصر جرم در تبلیغات گمراه‌کننده

۱. عنصر قانونی:

در حقوق ایران مواد متعددی قابل استناد است، از جمله:

- ماده ۱۳ قانون تعزیرات حکومتی امور بهداشتی و درمانی (۱۳۶۷) که تبلیغات خلاف واقع یا غیرمجاز را ممنوع دانسته است؛
- آیین‌نامه اجرایی تبلیغات فرآورده‌های دارویی و بهداشتی (وزارت بهداشت)؛
- برخی مواد قانون مجازات اسلامی (۱۳۹۲) مانند ماده ۲۸۶ در موارد افساد فی الارض ناشی از آثار گسترده، یا ماده ۶۹۰ در زمینه ضرر به سلامت عمومی.

۲. عنصر مادی:

انتشار آگهی یا محتوا در رسانه‌ها و فضای مجازی همراه با ارائه اطلاعات خلاف واقع یا بدون مجوز رسمی.

۳. عنصر معنوی:

شامل سوءنیت عام (قصد انتشار تبلیغ) و سوءنیت خاص (قصد فریب مخاطب و کسب منفعت مالی).

مسئولیت کیفری اشخاص

- اشخاص حقیقی: مدیران شرکت‌های دارویی، مسئولان تبلیغات، پزشکان یا داروسازان معرفی‌کننده دارو، و حتی اینفلوئنسرها می‌توانند در صورت آگاهی از ماهیت غیرقانونی تبلیغ، مسئول شناخته شوند.
- اشخاص حقوقی: بر اساس ماده ۱۴۳ قانون مجازات اسلامی، شرکت‌های دارویی، تبلیغاتی و حتی رسانه‌های منتشرکننده آگهی می‌توانند مسئولیت کیفری مستقل داشته باشند.

مصادیق عملی

- تبلیغ داروهای گیاهی به‌عنوان درمان قطعی بیماری‌های صعب‌العلاج بدون تأیید رسمی؛
- تبلیغ داروهای لاغری یا چاقی بدون ذکر عوارض؛

- استفاده از عباراتی نظیر «بی‌خطر»، «تضمینی» یا «بدون عارضه» بدون پشتوانه علمی.

پیامدهای تبلیغات گمراه‌کننده دارویی و واکنش کیفری

آثار و تبعات تبلیغات گمراه‌کننده دارویی بر سلامت عمومی و نظام اقتصادی

تبلیغات فریبکارانه در حوزه دارو از مصادیق بارز تهدید سلامت عمومی است و پیامدهایی همچون:

- اعتماد نابه‌جا به داروهای بی‌اثر یا خطرناک که می‌تواند موجب تأخیر درمان، تشدید بیماری یا حتی مرگ شود؛
- مصرف خودسرانه و بدون نظارت پزشک که نظام تجویز و نظارت دارویی را تضعیف می‌کند؛
- تحمیل هزینه‌های سنگین بر نظام سلامت در نتیجه درمان‌های پیچیده ناشی از عوارض دارویی؛
- اخلال در رقابت سالم بازار دارو و آسیب به شرکت‌هایی که ضوابط قانونی را رعایت می‌کنند.

رویه قضایی در ایران

در رویه قضایی ایران، برخورد با تبلیغات غیرمجاز بیشتر در قالب تخلفات بهداشتی یا صنفی صورت گرفته است و کمتر به عنوان جرم کیفری مستقل شناخته شده است. احکام صادره غالباً شامل تعطیلی واحد متخلف یا جزای نقدی بوده و در مواردی بازداشت مدیران. با این حال، نبود وحدت رویه و ضعف نظارت بر تبلیغات در فضای مجازی همچنان از چالش‌های اساسی است.

بررسی تطبیقی با نظام‌های حقوقی پیشرفته

- **ایالات متحده آمریکا**: نظارت سختگیرانه FDA و کمیسیون تجارت فدرال بر تبلیغات دارویی. تخلفات می‌تواند منجر به جریمه‌های سنگین، تعلیق مجوز یا تعقیب کیفری شود. نمونه بارز، پرونده Purdue Pharma و بحران ناشی از تبلیغ داروی OxyContin است.
- **اتحادیه اروپا**: تبلیغات دارویی تابع مقررات آژانس دارویی اروپاست و انتشار اطلاعات خلاف واقع می تواند به سلب صلاحیت حرفه ای و مجازات کیفری منجر شود. مسئولیت کیفری اشخاص حقوقی نیز در این نظام به رسمیت شناخته شده است.

خلأهای قانون‌گذاری در حقوق کیفری ایران و پیشنهادهای اصلاحی

چالش‌های موجود

۱- پراکندگی و تعارض مقررات: قواعد مرتبط در قوانین مختلفی از جمله قانون تعزیرات حکومتی (۱۳۶۷)، قانون مجازات اسلامی (۱۳۹۲)، قانون امور پزشکی و آیین نامه های وزارت بهداشت پراکنده است و یک قانون جامع وجود ندارد.

۲- فقدان تعریف دقیق مفاهیم کلیدی: اصطلاحاتی چون «تبلیغات گمراه کننده»، «اطلاعات خلاف واقع» یا «تبلیغ فریبنده» در قوانین تعریف روشنی ندارند و همین موجب تفسیرهای متفاوت قضات می‌شود.

۳- نبود جرم‌انگاری مستقل: تبلیغات دارویی گمراه‌کننده در قانون به‌عنوان جرم مستقل پیش‌بینی نشده و صرفاً از طریق مقررات صنفی یا بهداشتی پیگیری می‌شود.

۴-ضعف در مسئولیت کیفری اشخاص حقوقی: هرچند ماده ۱۴۳ قانون مجازات اسلامی مسئولیت کیفری اشخاص حقوقی را پذیرفته، اما در مقررات خاص دارویی سازوکار روشنی برای آن وجود ندارد.

۵-فقدان نظارت کیفری بر تبلیغات مجازی: بخش زیادی از تبلیغات به فضای آنلاین منتقل شده اما مقررات کافی برای رصد و برخورد قضایی با آن‌ها وجود ندارد.

پیشنهادهای اصلاحی

۱. تدوین قانون جامع تبلیغات دارویی با تعریف روشن مفاهیم، تعیین مصادیق جرم و مجازات متناسب؛
۲. پیش‌بینی جرم‌انگاری مستقل برای تبلیغات فریبکارانه دارویی در قانون مجازات یا قانون خاص؛
۳. تقویت مسئولیت کیفری اشخاص حقوقی شامل شرکت‌های دارویی، تبلیغاتی و رسانه‌های منتشرکننده؛
۴. ایجاد نهاد نظارتی مشترک میان قوه قضاییه، وزارت بهداشت و پلیس فتا برای کنترل تبلیغات دارویی در فضای مجازی؛
۵. ارتقای آموزش قضات و ضابطان دادگستری در حوزه جرایم علیه سلامت عمومی به‌ویژه دارو.

نتیجه‌گیری

تبلیغات گمراه‌کننده در حوزه دارو و فرآورده‌های دارویی پدیده‌ای نوظهور و خطرآفرین است که می‌تواند سلامت جسمی و روانی افراد و همچنین نظم اقتصادی و اجتماعی را به‌شدت تحت تأثیر قرار دهد. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که علی‌رغم وجود برخی مقررات پراکنده در نظام حقوقی ایران، از جمله قانون تعزیرات حکومتی امور بهداشتی و درمانی و قانون مجازات اسلامی، هنوز چارچوب جامع و منسجمی برای پیشگیری، شناسایی و مجازات مؤثر این تبلیغات وجود ندارد.

فقدان تعریف دقیق از «تبلیغات فریبنده»، جرم‌انگاری پراکنده و ناکافی، ضعف در مسئولیت‌پذیری اشخاص حقوقی و فقدان نظارت کارآمد بر فضای مجازی از مهم‌ترین موانع تحقق عدالت کیفری در این حوزه است. مقایسه با نظام‌های حقوقی پیشرفته نظیر ایالات متحده و اتحادیه اروپا نشان می‌دهد که ایران نیازمند اصلاحات تقنینی و نهادی اساسی در این زمینه است.

از جمله راهکارهای پیشنهادی، تصویب قانون جامع تبلیغات دارویی، ایجاد نهاد نظارتی مشترک، گسترش مسئولیت کیفری اشخاص حقوقی، و آموزش تخصصی مراجع قضایی است. این اصلاحات می‌تواند ضمن حفظ حقوق مصرف‌کنندگان، سلامت عمومی جامعه را نیز در برابر تهدیدات ناشی از تبلیغات فریبنده تضمین کند. در نهایت، صیانت از حق بنیادین سلامت، رسالتی خطیر برای نظام عدالت کیفری است و بی‌توجهی به آن مشروعیت و کارآمدی این نظام را با چالش مواجه خواهد ساخت.

منابع

رفیعی، م. ح. (۱۴۰۰). حقوق کیفری اختصاصی (جلد دوم: جرایم علیه امنیت، آسایش و سلامت عمومی). تهران: انتشارات میزان.

اردبیلی، م. ع. (۱۳۹۹). حقوق کیفری اختصاصی ۲: جرایم علیه اشخاص و امنیت عمومی. تهران: انتشارات میزان.

خالقی، ع. (۱۴۰۲). آیین دادرسی کیفری. تهران: انتشارات میزان.

صادقی، ح. (۱۳۹۸). حقوق کیفری اقتصادی (با رویکرد جرایم علیه سلامت عمومی). تهران: نشر خرسند.

قانون تعزیرات حکومتی امور بهداشتی و درمانی کشور، مصوب (۱۳۶۷).

قانون مجازات اسلامی، مصوب (۱۳۹۲).

قانون تجارت الکترونیک، مصوب (۱۳۸۲).

قانون مربوط به مقررات امور پزشکی، دارویی و مواد خوردنی و آشامیدنی، مصوب (۱۳۳۴).

آیین‌نامه اجرایی تبلیغات فرآورده‌های دارویی، آرایشی و بهداشتی، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، آخرین اصلاحیه.

U.S. Food and Drug Administration. (2023). Prescription Drug Advertising. Retrieved from https://www.fda.gov

Federal Trade Commission. (2022). Truth in advertising and enforcement of drug marketing rules. Retrieved from https://www.ftc.gov

European Medicines Agency. (2023). Advertising of medicinal products. Retrieved from https://www.ema.europa.eu

Gunningham, N., & Grabosky, P. (1998). Smart regulation: Designing environmental policy. Oxford University Press.

Henning-Bodewig, F. (2006). Misleading advertising and unfair commercial practices: EC law and national law. Hart Publishing.

Clark, C. L. (2014). Pharmaceutical advertising, ethics, and regulation. Journal of Law, Medicine & Ethics, 42(2), 232–240. https://doi.org/10.1111/jlme.12137

World Health Organization. (1988). Ethical criteria for medicinal drug promotion. Geneva: WHO. Retrieved from https://www.who.int/publications

A Comparative Study of the Criminal Dimensions of Misleading Advertising in the Field of Pharmaceuticals and Medicinal Products: With Reference to Criminal Regulations on Unrealistic or Unlicensed Marketing

Mohammad Ali Chapari*
Department of Law, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
Negin Rashtchi Jabari
Doctor of Pharmacy (Pharm.D.), Applied Pharmaceutical Research Center, Faculty of Pharmacy, Tabriz,University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
**Corresponding Author: Dr.M.Ali.Chapari@iau.ir*

Abstract

The phenomenon of misleading advertising in the field of pharmaceuticals and medicinal products represents a significant challenge at the intersection of criminal law, consumer protection, and public health. Such advertising, by relying on false claims, exaggerating therapeutic effects, concealing adverse side effects, or providing incomplete information, directs consumers toward the use of medicines that either lack sufficient therapeutic efficacy or are distributed without legal authorization. This practice not only endangers the physical and psychological health of individuals but also undermines public trust in the healthcare system, damages the scientific credibility of pharmaceutical institutions, and disrupts fair competition among manufacturers and distributors. In light of these serious consequences, the intervention of criminal law in order to prevent, regulate, and sanction such practices is indispensable.This article, employing a descriptive–analytical methodology and drawing upon statutory provisions, Islamic jurisprudence, judicial precedents, and comparative studies with advanced legal systems such as the United States and the European Union, examines the criminal dimensions of misleading pharmaceutical advertising within the Iranian legal framework. The findings reveal that despite the existence of certain regulations, including the Law on Governmental Sanctions in Health and Medical Affairs and related by-laws, the Iranian legal system lacks a comprehensive framework for defining, criminalizing, and imposing sanctions on deceptive pharmaceutical advertising. The absence of a clear legal definition of “fraudulent advertising,” fragmented and insufficient criminalization, the lack of corporate criminal liability, and weak regulatory mechanisms in digital platforms constitute the most pressing legal gaps.Accordingly, this study proposes legislative and judicial policy reforms, including the enactment of a specific and comprehensive pharmaceutical advertising law, independent and proportionate criminalization of such conduct, expansion of corporate criminal liability, enhancement of supervisory mechanisms in cyberspace, and specialized training for judges and law enforcement officers. These reforms can safeguard consumer rights while ensuring the protection of public health against the growing risks posed by deceptive pharmaceutical advertising.

Keywords: Misleading Advertising, Pharmaceuticals, Criminal Liability, Public Health, Criminalization

گیاه‌پالایی با استفاده از گیاهان دارویی: رویکردی نوین برای پاکسازی محیط زیست

مینا امانی*[۱]، محمدرضا جلالی[۱]
۱- علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
*نویسنده مسئول: Mina76amani@yahoo.com

چکیده

گیاه‌پالایی به عنوان یک روش پایدار و طبیعی برای پاکسازی محیط زیست، به ویژه در برابر آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی، در حال توجه روزافزون است. این مقاله به بررسی نقش گیاهان دارویی در فرایند گیاه‌پالایی می‌پردازد و ویژگی‌ها، مکانیسم‌ها و پتانسیل‌های آن‌ها را در حذف آلاینده‌ها تحلیل می‌کند. گیاهان دارویی به دلیل توانایی‌های خاص خود در جذب و تجزیه آلاینده‌ها، تولید متابولیت‌های ثانویه و تحمل شرایط نامساعد محیطی، به عنوان کاندیداهای مناسبی برای این روش شناخته می‌شوند. با بررسی مطالعات موردی، نتایج نشان می‌دهد که استفاده از گیاهان دارویی می‌تواند به‌طور مؤثری غلظت آلاینده‌ها را کاهش دهد و به حفظ کیفیت محیط زیست کمک کند. با این حال، چالش‌هایی مانند انتخاب گونه‌های مناسب و زمان‌بر بودن فرایند گیاه‌پالایی نیز وجود دارد. در نهایت، مقاله به چشم‌اندازهای آینده و ضرورت تحقیقات بیشتر در این زمینه اشاره می‌کند و تأکید می‌کند که گیاه‌پالایی با استفاده از گیاهان دارویی می‌تواند به عنوان یک راهکار نوین و مؤثر در مدیریت آلودگی‌های زیست‌محیطی مطرح شود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه بیولوژیکی، تنوع زیستی، چالش‌های زیست‌محیطی، فلزات سنگین، متابولیت‌های ثانویه.

مقدمه

گیاه‌پالایی روشی سازگار با محیط‌زیست برای حذف آلودگی خاک‌های کشاورزی است. پس از تیمار، سلامت خاک بهبود می‌یابد و باعث می‌شود که تولید محصول پایدار بماند. اگر به صرفه‌های اقتصادی در درمان توجه شود، این روش معمولاً ارزانتر از هزینه‌های فیزیکی هستند. گیاه‌پالایی محدودیت‌های زیادی دارد: ۱) ضخامت کم خاک که بسته به عمق ته‌نشینی که از نیم متر تجاوز نمی‌کند، توسط گیاهان قابل حل است و ۲) میزان انتقال کم فلزات از ریشه به شاخساره. علاوه بر این، محدودیت اصلی کندشدن تیمار بدلیل دسترسی کم فلزات در یک زمان معین است. دوره معمول اصلاح کمتر از پنج سال در نظر گرفته می‌شود؛ درحالی‌که معمولاً برای اصلاح خاک به زمان بیشتری نیاز هست (Park & Oh, 2023; Asiminicesei *et al.*, 2024). برای افزایش غلظت فلزات خطرناک و سمی در اختیار گیاه، از ترکیبات کیلیت مصنوعی مختلف مانند اسید دی اتیلن تریامین پنتا استیک[۱] (DTPA) و اسید اتیلن دی آمین ترا استیک[۲] (EDTA) استفاده شد. تجزیه‌پذیری زیستی این ترکیبات نسبتاً کم است یا می‌تواند به‌عنوان یکی از عوامل محدودکننده آن در نظر گرفته شود و ممکن است برای گیاهان، میکروارگانیسم‌ها (زیست‌توده و تنوع) و نماتدهای

1. Diethylenetriamine pentaacetic acid
2. Ethylenediaminetetraacetic acid

سمی موجود در خاک باشند (Kumar *et al.*, 2020). اگر به سلامت خاک توجه شود، قطعاً به‌عنوان یکی از تهدیدها عمل می‌کند. علاوه بر این، تحرک سریعتر سرب توسط EDTA نسبت به گیاهان با خطر ترشح سرب در خاک نشان می‌دهد (Park & Oh, 2023; Asiminicesei *et al.*, 2024) که گیاهان نمی‌توانند مقادیر بالایی از فلزات را در یک دوره کوتاه استخراج کنند. درنهایت، این ترکیبات بر اساس مقدار مصرف در هکتار گران هستند. یک گزینه جایگزین بالقوه شامل بهینه‌سازی اثر هم‌افزایی گیاهان و میکروارگانیسم‌ها از طریق جفت‌کردن استخراج گیاهی با افزایش زیستی خاک است که باز اصلاحی ریشه یا Rhizoremediation نیز نامیده می‌شود (Wani *et al.*, 2021). این تکنیک برای اصلاح خاک‌های آلوده به آلاینده‌های آلی به‌طور گسترده توسعه یافته است (Hayat *et al.*, 2022). به‌طورکلی جذب فلزات توسط گیاهان را می‌توان با دو روش هماهنگ افزایش داد:

۱. تقویت تحرک فلزات در خاک و رسوبات که به افزایش غلظت فلزات در گیاهان منجر می‌شود. در این شرایط، قطعاً با استفاده از میکروارگانیسمی که بیوسورفکتانت، سیدروفورها و اسیدهای آلی (Kumar *et al.*, 2020). تولید می‌کند، انتقال می‌یابد. این ترکیبات به‌عنوان عامل کیلیت طبیعی در نظر گرفته می‌شوند و با فلز ترکیب می‌شوند و ترکیبات مختصات آلی - فلزی را تشکیل می‌دهند.

۲. افزایش زیست‌توده گیاهان با ارتباط آن‌ها با ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه و یا قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا (Patra *et al.*, 2020).

۱. روش‌های مختلف گیاه‌پالایی

گیاه‌پالایی بعنوان یکی از روش‌های پاکسازی محیط زیست، روشی ارزشمند و سازگار با محیط زیست و از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه می‌باشد. تکنیک سازگار با محیط زیست و ارزان قیمت، موجب بهبود زیستی فلزات روی، کبالت، نیکل و جیوه به طور مداوم از طریق فعالیت سنگین خاک می‌شود. فلزاتی از قبیل سرب، کادمیم، مس‌های کشاورزی مانند استفاده از مواد شیمیایی کشاورزی، کاربرد طولانی مدت فاضلاب شهری در اراضی کشاورزی، فعالیت‌های صنعتی، دفن پسماندها، سوزاندن بقایا و دود حاصل از وسایل نقلیه به خاک اضافه می‌شوند. همه این منابع سبب تجمع فلزات و شبه فلزات در خاک‌های کشاورزی می‌شوند و موجب تهدید امنیت غذایی و ایجاد خطرات بالقوه بهداشتی به دلیل انتقال از خاک به گیاه می‌شوند. فلزات سنگین در خاک، سبب آلودگی غذا یا آب آشامیدنی می‌شود. همچنین می‌تواند سبب خسارت قابل توجهی به اکوسیستم خاک شوند (Wani *et al.*, 2021).

گیاه پالایی عنوان ابزار جدیدی برای اصلاح خاک، آب و هوا معرفی شده است. در فرایند گیاه پالایی گیاهان سبز به عنوان پمپ خورشیدی عمل کرده و می‌توانند فلزات سنگین را از محیط زیست استخراج و جمع‌آوری نمایند. در فنآوری استفاده از گیاهان با عنوان گیاه پالایی، از گیاهان سبز و ارتباط آن‌ها با میکروارگانیسم‌های خاک برای کاهش آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شود. این فنآوری می‌تواند برای رفع هر دو نوع آلاینده خاک یعنی معدنی و آلی به کار رود. بررسی‌ها نشان می‌دهد کاربرد روش‌های فیزیکوشیمیایی، سبب از میان رفتن موجودات زنده مفید خاک مانند تثبیت‌کننده‌های نیتروژن میکروریزا می‌شوند (Han *et al.*, 2021).

ترکیبات موجود در فاضلاب خصوصاً فاضلاب‌های صنعتی می‌توانند باعث بروز سمیت برای انسان و سایر موجودات زنده و نیز آلودگی آب‌های زیرزمینی شوند، بنابراین حذف این ترکیبات از خاک و محیط زیست ضروری به نظر می‌رسد. یکی از راه‌های رفع نیاز آب مصرفی، استفاده از پساب‌ها و تصفیه آن‌ها می‌باشند، ولی رهاسازی فلزات سنگین به محیط زیست به دلیل سمیت و پایداری آن‌ها باعث ایجاد خطر برای سلامتی و محیط زیست می‌شود؛

بنابراین باید آن‌ها از محیط حذف شوند. در این فرایند از گیاهان سبز و ارتباط آن‌ها با موجودات زنده خاک برای کاهش آلودگی خاک و آب‌های زیر زمینی استفاده می‌گردد (Patra *et al.*, 2020).

۲. مزایای فناوری گیاه‌پالایی

مهمترین مزیت استفاده از گیاهان به منظور پاکسازی محیط زیست، شامل بهره‌برداری از صفات ذاتی آن‌ها نظیر زیست توده فراوان، سیستم ریشه‌ای گسترده، توانایی تحمل تنش‌های محیطی، افزایش متابولیت‌های ثانویه از طریق کشت ریشه مویین و غیره می‌باشد (Hayat *et al.*, 2022). گیاه‌پالایی از لحاظ زیبایی خوشایند و مطبوع است و محیط زیست را سبز و پاک می‌کند. از آن جایی که گیاه پالایی باعث پاکسازی آلودگی‌ها می‌شود، به حرکت در آمدن آن توسط نور خورشید صورت می‌پذیرد و پس از کاشت گیاه به حداقل عملیات داشت و نگهداری نیاز دارد، هزینه آن به طور میانگین نسبت به سایر روش‌های فیزیکی، شیمیایی یا حرارتی کمتر است. گیاهان روشی پایدار، درجا، غیرمخل، خودکفا و مستقل را به منظور پاکسازی آلاینده‌ها از خاک را فراهم می‌آورند (Kumar *et al.*, 2021). حضور گیاهان در مکان آلوده، فرسایش آبی و بادی خاک را نیز کاهش می‌دهد. با استفاده از روش استخراج گیاهی می‌توان فلزات گرانبها و مواد با ارزش دیگر را از خاک جمع‌آوری و بازیافت نمود و این امر موجب می‌شود که فرایند استخراج گیاهی از لحاظ اقتصادی برای سرمایه‌گذاران سودبخش و ترغیب کننده باشد (Wani *et al.*, 2021). به علاوه، گیاهانی که در فرایند زیست پالایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، خاک سطحی را آشفته نمی‌کنند و بنابراین سبب حفظ سودمندی و کارایی آن نیز می‌گردند. گیاه‌پالایی از تخریب مناظر طبیعی جلوگیری نموده و موجب افزایش فعالیت و تنوع ریزجانداران خاک و ارتقای سلامت اکوسیستم‌ها می‌گردد (Guidi Nissim *et al.*, 2023).

۳. نتیجه‌گیری و چشم‌انداز آینده

چشم‌انداز آینده گیاه‌پالایی، به ویژه با تمرکز بر گیاهان دارویی، امیدوارکننده به نظر می‌رسد. با توجه به چالش‌ها و فرصت‌های موجود، تحقیقات بیشتر در زمینه شناسایی و توسعه گونه‌های جدید گیاهی که قادر به تحمل و حذف آلاینده‌های خاص هستند، می‌تواند به بهبود کارایی این روش کمک کند (Han *et al.*, 2021). این تحقیقات می‌توانند شامل استفاده از فناوری‌های نوین، مانند مهندسی ژنتیک و تکنیک‌های اصلاح نژادی، برای ایجاد گونه‌های گیاهی با توانایی‌های بهتر در جذب و تجزیه آلاینده‌ها باشد. همچنین، همکاری‌های بین‌المللی و تبادل دانش و فناوری می‌تواند به گسترش استفاده از گیاه‌پالایی در مقیاس‌های بزرگ و در کشورهای مختلف کمک کند. این همکاری‌ها می‌توانند شامل اشتراک‌گذاری بهترین شیوه‌ها، داده‌های تجربی و نتایج تحقیقات باشند. به عنوان مثال، برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی و کارگاه‌های آموزشی می‌تواند به افزایش آگاهی و توانمندی‌های محققان و متخصصان در زمینه گیاه‌پالایی کمک کند (Park and Oh, 2023). گیاه‌پالایی با استفاده از گیاهان دارویی نه‌تنها می‌تواند به پاکسازی محیط زیست کمک کند، بلکه می‌تواند به‌عنوان یک راهکار پایدار برای مدیریت منابع طبیعی و حفظ سلامت عمومی در جوامع انسانی نیز مورد استفاده قرار گیرد. این رویکرد می‌تواند به ایجاد یک آینده سالم‌تر و پایدارتر کمک کند و نقش مهمی در حفاظت از محیط‌زیست ایفا نماید. با توجه به چالش‌ها و فرصت‌های موجود، پیگیری و توسعه این رویکرد نیازمند همکاری‌های بین‌المللی و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه در این زمینه است (Asiminicesei *et al.*, 2024).

منابع

Asiminicesei, D. M., Fertu, D. I., & Gavrilescu, M. (2024). Impact of heavy metal pollution in the environment on the metabolic profile of medicinal plants and their therapeutic potential. *Plants*, *13*(6), 913.

Guidi Nissim, W., Castiglione, S., Guarino, F., Pastore, M. C. and Labra, M. (2023). Beyond cleansing: Ecosystem services related to phytoremediation. *Plants*, *12*(5), 1031.

Han, R., Dai, H., Guo, B., Noori, A., Sun, W. nad Wei, S. (2021). The potential of medicinal plant extracts in improving the phytoremediation capacity of *Solanum nigrum* L. for heavy metal contaminated soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *220*, 112411.

Hayat, K., Menhas, S., Hayat, S., Salam, A., Aftab, T., Zhou, Y. and Zhou, P. (2022). Stress-tolerant species of medicinal plants and phytoremediation potential. In *Environmental Challenges and Medicinal Plants: Sustainable Production Solutions under Adverse Conditions* (pp. 433-448). Cham: Springer International Publishing.

Kumar, J., Malik, N. A. and Atri, N. S. (2021). Aromatic and medicinal plants for phytoremediation: a sustainable approach. *Medicinal and Aromatic Plants: Healthcare and Industrial Applications*, 485-543.

Kumar, S., Kumari, N., Karmakar, S., Ankit, Singh, R., Behera, M. and Kumar, N. (2020). Advances in plant–microbe-based remediation approaches for environmental cleanup. *Emerging Eco-friendly Green Technologies for Wastewater Treatment*, 103-128.

Park, J. K. and Oh, K. (2023). Advancements in phytoremediation research for soil and water resources: Harnessing plant power for environmental cleanup. *Sustainability*, *15*(18), 13901.

Patra, D. K., Pradhan, C. and Patra, H. K. (2020). Toxic metal decontamination by phytoremediation approach: Concept, challenges, opportunities and future perspectives. *Environmental Technology & Innovation*, *18*, 100672.

Wani, M. S., Malik, N. A., Wani, N. A. and Tantray, Y. R. (2021). Environmental pollutants and their remediation using medicinal and aromatic plants. *Medicinal and Aromatic Plants: Healthcare and Industrial Applications*, 545-569.

Phytoremediation Using Medicinal Plants: A Novel Approach for Environmental Cleanup

Mina Amani[1]*, Mohammad-Reza Jalali[1]
1. Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
*Corresponding Author: Mina76amani@yahoo.com

Abstract

Phytoremediation, as a sustainable and natural approach to environmental cleanup, is gaining increasing attention, particularly in addressing pollution resulting from industrial and agricultural activities. This article examines the role of medicinal plants in the phytoremediation process, analyzing their characteristics, mechanisms, and potentials in pollutant removal. Medicinal plants are recognized as suitable candidates for this method due to their unique abilities to absorb and degrade pollutants, produce secondary metabolites, and withstand adverse environmental conditions. By reviewing case studies, the results indicate that the use of medicinal plants can effectively reduce pollutant concentrations and contribute to maintaining environmental quality. However, challenges such as selecting suitable species and the time-consuming nature of the phytoremediation process also exist. Ultimately, the article highlights future prospects and the necessity for further research in this field, emphasizing that phytoremediation using medicinal plants can emerge as an innovative and effective solution for managing environmental pollution.

Keywords: Biodiversity, Biological degradation, Environmental challenges, Heavy metals, Secondary metabolites.

بهینه‌سازی عوامل محیطی در کشت‌های گلخانه‌ای به منظور افزایش سنتز متابولیت‌های ثانویه

مینا امانی*[۱]، محمدرضا جلالی[۱]

۱- علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

*نویسنده مسئول: Mina76amani@yahoo.com

چکیده

کشت‌های گلخانه‌ای به عنوان یک روش مدرن و کارآمد در تولید گیاهان، قابلیت کنترل دقیق عوامل محیطی را فراهم می‌کنند. یکی از مهم‌ترین اهداف این کشت‌ها، افزایش سنتز متابولیت‌های ثانویه است که نقش مهمی در بهبود کیفیت محصولات، افزایش ارزش اقتصادی و تقویت سیستم‌های دفاعی گیاهان دارند. در این مطالعه، به بررسی تأثیر عوامل محیطی نظیر دما، رطوبت، نور و ترکیب‌های غذایی بر سنتز متابولیت‌های ثانویه در کشت‌های گلخانه‌ای پرداخته می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که با بهینه‌سازی شرایط محیطی، می‌توان به طور قابل توجهی میزان تولید این متابولیت‌ها را افزایش داد. همچنین، استفاده از تکنیک‌های نوین مانند کنترل هوشمند محیط و استفاده از ترکیب‌های مغذی خاص، به افزایش کیفیت و کمیت محصولات کمک شایانی می‌کند. این تحقیق می‌تواند راهگشای بهبود روش‌های کشت و افزایش بهره‌وری در کشت‌های گلخانه‌ای باشد.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی تولید، تنش‌های محیطی، ترکیبات موثره، محیط کنترل شده.

مقدمه

گیاهان ترکیبات آلی مختلفی را سنتز می‌کنند که عمدتاً به‌عنوان متابولیت‌های اولیه و ثانویه طبقه‌بندی می‌شوند. متابولیت‌های اولیه برای فرایندهای بیوشیمیایی ضروری مانند رشد، تکامل، فتوسنتز و تنفس نیاز هستند. متابولیت‌های ثانویه عمدتاً در دفاع و محافظت در برابر تنش‌های محیطی نقش دارند و همچنین رنگ، بو و طعم خاصی به گیاهان می‌دهند. ترکیبات زیست فعال در مزارع کشاورزی برای محافظت از محصولات در برابر آفات و همچنین در انتقال سیگنال برای جذب پراکندگی بذر و گرده‌افشانی استفاده می‌شوند. متابولیت‌های ثانویه گیاهی، در حفظ فرایندهای حیات در گیاهان هیچ نقشی ندارند. این ترکیبات برای داروها، حشره‌کش‌ها، عوامل طعم‌دهنده، داروها (مورفین[۱]، کدئین[۲]، کوکائین[۳]، کینین[۴] و غیره) و بسیاری دیگر از مواد بیوشیمیایی منبع مهمی است. علاوه بر این، برخی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی مانند فنولیک‌ها[۵]، ترپنوئیدها[۶]، فلاونوئیدها[۷]، مشتقات گوگرد و نیتروژن در پیشگیری از بسیاری از بیماری‌های انسانی نقش مهمی ایفا می‌کنند. تنش‌های زیستی و غیرزیستی در تجمع

1. Morphine
2. Codeine
3. Cocaine
4. Quinine
5. Phenolics
6. Terpenoids
7. Flavonoids

متابولیت‌های ثانویه در گونه‌های مختلف گیاهی نقش اساسی دارند. متابولیت‌های ثانویه گیاهی به سه دسته ترپن‌ها[1]، ترکیبات فنولی[2] و نیتروژن‌دار[3] تقسیم می‌شوند (Aguirre-Becerra *et al.*, 2021).

در سال‌های اخیر، با توجه به تغییرات اقلیمی، افزایش جمعیت و نیاز به تولید محصولات با کیفیت بالا و پایدار، اهمیت متابولیت‌های ثانویه در کشاورزی، به ویژه در سیستم‌های گلخانه‌ای، به طرز قابل توجهی افزایش یافته است. گلخانه‌ها به‌عنوان محیط‌های کنترل‌شده، امکان بهینه‌سازی شرایط رشد گیاهان را فراهم می‌کنند (Pant *et al.*, 2021). این شرایط شامل کنترل دما، رطوبت، نور و تغذیه گیاهان است.

در این راستا، تولید و انباشت متابولیت‌های ثانویه می‌تواند به‌عنوان یک مکانیسم دفاعی مؤثر در برابر این تنش‌ها عمل کند و به بهبود کیفیت محصولات کمک نماید. به‌عنوان مثال، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی عمل کرده و به کاهش اثرات منفی تنش‌های اکسیداتیو کمک می‌کنند (Jamloki *et al.*, 2021). همچنین، ترپنوئیدها و آلکالوئیدها می‌توانند به‌عنوان ترکیبات دفاعی علیه آفات و بیماری‌ها عمل کنند و در نتیجه سلامت گیاهان را حفظ کنند.

علاوه بر این، متابولیت‌های ثانویه می‌توانند تأثیرات مثبتی بر ویژگی‌های کیفی محصولات، از جمله طعم، عطر و ارزش غذایی داشته باشند. در محصولات گلخانه‌ای مانند گیاهان دارویی و معطر، سبزیجات و میوه‌ها، غلظت بالای این ترکیبات می‌تواند به افزایش جذابیت و بازارپسندی کمک کند (Akhi *et al.*, 2021). لذا، تولید و بهینه‌سازی شرایط کشت به منظور افزایش غلظت متابولیت‌های ثانویه در گیاهان گلخانه‌ای، یک استراتژی مهم برای بهبود کیفیت و افزایش مقاومت در برابر تنش‌های محیطی محسوب می‌شود.

- انواع متابولیت‌های ثانویه و کاربردهای آن‌ها

آلکالوئیدها یکی از مهم‌ترین گروه‌های متابولیت‌های ثانویه هستند که به طور طبیعی در گیاهان تولید می‌شوند. این ترکیبات معمولاً دارای اثرات سمی و دارویی بوده و به گیاهان کمک می‌کنند تا در برابر آفات و بیماری‌ها مقاومت نمایند. در گلخانه‌ها، گیاهانی که غنی از آلکالوئیدها هستند، می‌توانند به عنوان یک روش طبیعی برای کنترل آفات و بیماری‌ها مورد استفاده قرار گیرند، به‌ویژه در شرایطی که استفاده از سموم شیمیایی محدود یا ممنوع است (Pérez-Llorca *et al.*, 2023). تحقیقات نشان می‌دهند که تولید آلکالوئیدها می‌تواند تحت تأثیر عوامل محیطی مانند نور، دما و تنش‌های بیوشیمیایی قرار گیرد. به‌عنوان مثال، تنش‌های اکسیداتیو ناشی از کم‌آبی یا آلودگی می‌تواند منجربه افزایش تولید آلکالوئیدها در برخی از گیاهان شود (Qaderi *et al.*, 2023).

ترپن‌ها یکی از بزرگترین گروه متابولیت‌های ثانویه هستند که از واحدهای ایزوپرن[4] ساخته می‌شوند. ترپن از کلمه "turpentine" گرفته شده است و بر اساس تعداد واحدهای ایزوپرنی به مونوترپن‌ها[5] (مانند کاروون[6]، الکل پریلیل[7]، گرانیو[8]، لیمونن[9])، سسکوئی‌ترپن[10]، دی‌ترپن[11] (اسید رتینوئیک[12]، رتینول[13])، تری‌ترپن[14] (اسید اولئانولیک[15]،

1. Terpenes
2. Phenolic compounds
3. Nitrogen-containing compounds
4. Isoprene
5. Monoterpenes
6. Carvone
7. Perillyl alcohol
8. Geraniol
9. Limonene
10. Sesquiterpene
11. Diterpene
12. Retinoic acid
13. Retinol
14. Triterpene
15. Olealonic acid

اسید بتولینیک[1]، لوپئول[2]) و تتراترپن[3] (لیکوپن[4]، بتاکاروتن[5]، آلفا-کاروتن[6]، لوتئین[7]) تقسیم می‌شوند. در گیاهان عالی، بیوسنتز ترپن از طریق دو مسیر، یعنی مسیر اسید موالونیک[8] و مسیر متیل اریتریتول فسفات[9] انجام می‌شود. تغییرات جزئی در آنزیم ترپن سنتازها می‌تواند خواص کاتالیزوری جدید را براحتی ایجاد کند و درنتیجه باعث تولید ترپن شود. ترپن‌ها تعدادی از عملکردهای ارزشمند را برای جذب گرده‌افشان‌ها، ترکیبات سیگنال دهنده در مسیر متابولیکی، اثر متقابل گیاه و پاتوژن، تنش‌های محیطی و سایر روش‌های دفاعی گیاهی ارائه می‌دهند. برخی گزارش‌ها نشان داده‌اند که قارچ اندوفیت *Hypericum perforatum* به تولید ترپن در برخی گیاهان کمک می‌کند (Zhang *et al.*, 2021).

فلاونوئیدها دسته‌ای از متابولیت‌های ثانویه هستند که به‌ویژه به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی خود شناخته شده‌اند. این ترکیبات نه‌تنها به گیاهان در حفاظت از خود در برابر تنش‌های محیطی کمک می‌کنند، بلکه بر بهبود کیفیت محصولات نیز تأثیر می‌گذارند (Zhang *et al.*, 2021). فلاونوئیدها در میوه‌ها، سبزیجات و گیاهان دارویی به فراوانی وجود دارند و می‌توانند به افزایش طعم و عطر آن‌ها کمک کنند. در گلخانه‌ها، بالابودن سطح فلاونوئیدها می‌تواند به افزایش جذابیت محصولات برای مصرف‌کنندگان کمک کند و به‌عنوان یک عامل بازاریابی مؤثر عمل کند. افزایش تولید فلاونوئیدها به شرایط محیطی و تغذیه گیاه بستگی دارد.

اسانس‌های گیاهان دارویی، مایعات فرار و معطری هستند که از بافت‌های گیاهی استخراج می‌شوند و حاوی ترکیبات شیمیایی پیچیده‌ای نظیر ترپن‌ها، الکل‌ها، کتون‌ها، استرها و فنول‌ها می‌باشند. این ترکیبات نه‌تنها به عطر و طعم خاص گیاه کمک می‌کنند، بلکه خواص دارویی و درمانی نیز دارند. بسیاری از اسانس‌ها دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتری، ضدالتهابی و ضدویروسی هستند و در طب سنتی و مدرن به عنوان درمان‌های طبیعی برای بیماری‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. اسانس‌ها در صنایع غذایی به عنوان طعم‌دهنده و نگهدارنده طبیعی، در صنایع آرایشی و بهداشتی برای تولید عطرها و محصولات بهداشتی و همچنین در طب سنتی و مکمل‌های طبیعی کاربرد دارند. روش‌های استخراج اسانس‌ها شامل تقطیر بخار، استخراج با حلال و فشردن است که هر یک مزایا و معایب خاص خود را دارند (Zhang *et al.*, 2021).

نقش متابولیت‌های ثانویه در مقاومت به تنش‌های محیطی

تنش آبی یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در کشاورزی است که می‌تواند تأثیرات منفی بر رشد و توسعه گیاهان داشته باشد. در پاسخ به این تنش، گیاهان معمولاً شروع به تولید متابولیت‌های ثانویه نموده که به آن‌ها کمک می‌کند تا با شرایط کم‌آبی مقابله نمایند (Akhi *et al.*, 2021). به‌عنوان مثال، برخی از متابولیت‌های ثانویه مانند فلاونوئیدها می‌توانند به‌عنوان عوامل محافظتی عمل نموده و از آسیب‌های ناشی از تنش‌های اکسیداتیو جلوگیری کنند. تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که افزایش غلظت متابولیت‌های ثانویه در شرایط کم‌آبی می‌تواند منجربه افزایش عملکرد و کیفیت محصولات شود (Pant *et al.*, 2021).

1. Betulinic acid
2. Lupeol
3. Tetraterpene
4. Lycopene
5. β-carotene
6. α-carotene
7. Lutein
8. Mevalonic acid
9. C-Methylerythritol-4-phosphate-2

تنش‌های حرارتی به‌عنوان یکی از چالش‌های جدی در کشاورزی مدرن شناخته می‌شوند، به ویژه در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری. افزایش دما می‌تواند به کاهش عملکرد گیاهان و کاهش کیفیت محصولات منجر شود. در پاسخ به این چالش، تولید متابولیت‌های ثانویه، به ویژه فنول‌ها، ترپن‌ها و آلکالوئیدها، می‌تواند به گیاهان کمک نموده تا از آسیب‌های حرارتی جلوگیری کنند (Jamloki *et al.*, 2021). این ترکیبات می‌توانند به کاهش تنش‌های اکسیداتیو ناشی از دماهای بالا کمک کنند و درنتیجه سلامت گیاه را حفظ نمایند.

تأثیر شرایط کشت بر تولید متابولیت‌های ثانویه

نور یکی از عوامل کلیدی در تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان است. شدت و نوع نور می‌تواند بر فرآیندهای فتوسنتز و تولید متابولیت‌ها تأثیر بگذارد. به‌عنوان مثال، در گیاهان گلخانه‌ای، استفاده از نورهای LED با طول موج‌های خاص می‌تواند به افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه مانند فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها منجر شود (Zhang *et al.*, 2021). علاوه بر این، تغییرات در مدت زمان نوردهی نیز می‌تواند تأثیرگذار باشد.

رطوبت و دما نیز از عوامل حیاتی در تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان هستند. شرایط رطوبت می‌تواند بر فعالیت‌های متابولیکی گیاه تأثیر گذاشته و منجر به تغییرات در تولید متابولیت‌ها شود (Qaderi *et al.*, 2023). دما نیز نقش مهمی در تولید متابولیت‌های ثانویه دارد. دماهای بالاتر می‌تواند به افزایش تولید برخی متابولیت‌های ثانویه کمک نموده، اما در عین حال ممکن است به کاهش عملکرد گیاه نیز منجر شود (Pérez-Llorca et al., 2023).

نتیجه‌گیری

متابولیت‌های ثانویه به‌عنوان ترکیبات کلیدی در گیاهان، نقش بسزایی در بهبود کیفیت، مقاومت و بقای آن‌ها در برابر تنش‌های محیطی ایفا می‌کنند. این ترکیبات به‌ویژه در گیاهان گلخانه‌ای که تحت شرایط کنترل‌شده کشت می‌شوند، اهمیت ویژه‌ای دارند. با توجه به افزایش تقاضا برای محصولات با کیفیت و ارگانیک، درک عمیق‌تر از تولید و کاربرد متابولیت‌های ثانویه می‌تواند به بهبود عملکرد کشاورزی و تأمین نیازهای بازار کمک کند. تحقیقات نشان داده‌اند که عوامل محیطی مانند نور، دما و رطوبت می‌توانند تأثیر قابل توجهی بر تولید متابولیت‌های ثانویه داشته باشند. به همین دلیل، بهینه‌سازی شرایط کشت می‌تواند به افزایش غلظت این ترکیبات ارزشمند کمک کند. همچنین، شناسایی و معرفی متابولیت‌های جدید و بررسی اثرات متقابل آن‌ها با سایر ترکیبات بیوشیمیایی، می‌تواند به توسعه استراتژی‌های مؤثر در کشاورزی پایدار و افزایش کیفیت محصولات منجر شود.

منابع

Aguirre-Becerra, H., Vazquez-Hernandez, M. C., Saenz de la O, D., Alvarado-Mariana, A., Guevara-Gonzalez, R. G., Garcia-Trejo, J. F. and Feregrino-Perez, A. A. (2021). Role of stress and defense in plant secondary metabolites production. Bioactive natural products for pharmaceutical applications, 151-195.

Akhi, M. Z., Haque, M. M. and Biswas, M. S. (2021). Role of secondary metabolites to attenuate stress damages in plants. In *Antioxidants-benefits, sources, mechanisms of action*. IntechOpen.

Jamloki, A., Bhattacharyya, M., Nautiyal, M. C. and Patni, B. (2021). Elucidating the relevance of high temperature and elevated CO_2 in plant secondary metabolites (PSMs) production. *Heliyon*, *7*(8).

Pant, P., Pandey, S. and Dall'Acqua, S. (2021). The influence of environmental conditions on secondary metabolites in medicinal plants: A literature review. *Chemistry & Biodiversity*, *18*(11), e2100345.

Pérez-Llorca, M., Pollmann, S. and Müller, M. (2023). Ethylene and jasmonates signaling network

mediating secondary metabolites under abiotic stress. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(6), 5990.

Qaderi, M. M., Martel, A. B. and Strugnell, C. A. (2023). Environmental factors regulate plant secondary metabolites. *Plants*, *12*(3), 447.

Zhang, S., Zhang, L., Zou, H., Qiu, L., Zheng, Y., Yang, D. and Wang, Y. (2021). Effects of light on secondary metabolite biosynthesis in medicinal plants. *Frontiers in plant science*, *12*, 781236.

Optimization of Environmental Factors in Greenhouse Cultivation to Enhance the Synthesis of Secondary Metabolites

Mina Amani[1]*, Mohammad-Reza Jalali[1]
1. Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
*Corresponding Author: Mina76amani@yahoo.com

Abstract

Greenhouse cultivation provides a modern and efficient approach to plant production, allowing for precise control of environmental factors. One of the primary goals of this type of cultivation is to enhance the synthesis of secondary metabolites, which play a significant role in improving product quality, increasing economic value, and strengthening the plants' defense systems. This study examines the impact of environmental factors such as temperature, humidity, light, and nutrient composition on the synthesis of secondary metabolites in greenhouse cultivation. The results indicate that by optimizing environmental conditions, it is possible to significantly increase the production of these metabolites. Additionally, the use of innovative techniques such as smart environmental control and specific nutrient formulations greatly contributes to enhancing both the quality and quantity of the products. This research could pave the way for improved cultivation methods and increased productivity in greenhouse farming.

Keywords: Active compounds, Controlled environme, Environmental stress, Production optimization.

تأثیر تنش‌های زیستی و غیرزیستی بر افزایش متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی: بررسی مکانیسم‌ها و کاربردها

مینا امانی*[1]، محمدرضا جلالی[1]
۱- علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
*نویسنده مسئول: Mina76amani@yahoo.com

چکیده

متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی به عنوان ترکیبات فعال با خواص درمانی و بهداشتی، نقش حیاتی در صنایع دارویی ایفا می‌کنند. این متابولیت‌ها تحت تأثیر تنش‌های زیستی (از جمله آلودگی‌های میکروبی و حملات آفات) و غیرزیستی (مانند کم‌آبی، شوری و دماهای نامناسب) قرار می‌گیرند. این مقاله به بررسی تأثیرات مختلف این تنش‌ها بر تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی می‌پردازد. ابتدا مکانیسم‌های مولکولی و فیزیولوژیکی که در پاسخ به این تنش‌ها فعال می‌شوند، تحلیل می‌شود. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که تنش‌های زیستی و غیرزیستی می‌توانند منجر به افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه شوند که این امر به عنوان یک واکنش دفاعی گیاهان به شرایط نامساعد محیطی عمل می‌کند.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات زیست‌فعال، تنش‌های محیطی، فیتوشیمیایی.

مقدمه

متابولیت‌های ثانویه ترکیباتی هستند که به طور عمده توسط گیاهان تولید می‌شوند و نقش‌های کلیدی در بقاء، رشد و سازگاری آن‌ها با محیط ایفا می‌کنند. این ترکیبات در دسته‌های مختلفی قرار می‌گیرند، از جمله آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، ترپنوئیدها و اسیدهای فنولیک، که هر یک ویژگی‌ها و کاربردهای خاص خود را دارند. متابولیت‌های ثانویه به عنوان عوامل دفاعی طبیعی گیاهان عمل کرده و می‌توانند در جذب گرده‌افشان‌ها، جلوگیری از آفات و بیماری‌ها، و نیز محافظت در برابر شرایط نامساعد محیطی مؤثر باشند. این ترکیبات به دلیل خواص درمانی و دارویی خود، به طور خاص در گیاهان دارویی مورد توجه قرار گرفته‌اند (Punetha *et al.*, 2022).

در دنیای امروز، توجه به گیاهان دارویی و ترکیبات فعال زیستی آن‌ها به دلیل افزایش تمایل به درمان‌های طبیعی و کاهش مصرف داروهای شیمیایی، به شدت افزایش یافته است. تحقیقات نشان داده‌اند که بسیاری از داروهای مدرن از ترکیباتی که در گیاهان دارویی یافت می‌شوند، الهام گرفته شده‌اند. به عنوان مثال، بسیاری از داروهای ضد سرطان، ضد التهاب و آنتی‌بیوتیک‌ها منشأ گیاهی دارند؛ بنابراین، درک بهتر از فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی تولید این متابولیت‌ها می‌تواند به بهبود کیفیت و اثربخشی داروهای طبیعی کمک کند (Yeshi *et al.*, 2022). گیاهان به طور مداوم با تنش‌های زیستی و غیرزیستی مواجه هستند که بر تولید متابولیت‌های ثانویه تأثیر می‌گذارد. تنش‌های زیستی شامل حملات آفات، بیماری‌ها و آلودگی‌های میکروبی هستند، در حالی که تنش‌های غیرزیستی شامل کم‌آبی، شوری، دماهای غیرمناسب و نور نامناسب می‌باشند. این تنش‌ها می‌توانند به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر روی

مسیرهای بیوشیمیایی تولید متابولیت‌های ثانویه تأثیر بگذارند و باعث تغییر در الگوهای تولید این ترکیبات شوند (Mahajan *et al.*, 2020). در این مقاله، تأثیرات مختلف این تنش‌ها بر تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی مورد بررسی قرار می‌گیرد و همچنین مکانیسم‌های مولکولی و کاربردهای بالقوه این متابولیت‌ها در صنعت داروسازی و بهداشت عمومی تحلیل می‌شود.

۱. تأثیر تنش‌های زیستی بر تولید متابولیت‌های ثانویه

تنش‌های زیستی می‌توانند محرک‌های قوی برای تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان باشند. وقتی گیاهان تحت حمله آفات یا بیماری‌ها قرار می‌گیرند، به سرعت به تولید ترکیبات دفاعی می‌پردازند که می‌تواند شامل آلکالوئیدها، فلاونوئیدها و دیگر ترکیبات دفاعی باشد. این ترکیبات به‌عنوان سموم طبیعی عمل کرده و می‌توانند به‌عنوان مکانیسم‌های دفاعی عمل کنند. به عنوان مثال، گیاه توتون در پاسخ به حمله حشرات نیکوتین تولید می‌کند (Jan *et al.*, 2021).

علاوه بر این، گیاهان می‌توانند با تولید ترکیباتی مانند اسید سالیسیلیک و پراکسید هیدروژن به مقابله با عفونت‌های قارچی و باکتریایی بپردازند. این ترکیبات به‌عنوان سیگنال‌های دفاعی عمل کرده و می‌توانند تولید متابولیت‌های ثانویه دیگر را نیز تحریک کنند. به عنوان مثال، در گیاهان تحت تأثیر قارچ‌ها، تولید ترکیبات فنولیک افزایش می‌یابد که می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی دفاعی در برابر عفونت‌ها عمل کند (Khare *et al.*, 2020).

تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که برخی از ژن‌ها نیز در پاسخ به تنش‌های زیستی فعال می‌شوند و می‌توانند تولید متابولیت‌های ثانویه را تنظیم کنند. این ژن‌ها به گیاهان اجازه می‌دهند تا به سرعت به تغییرات محیطی پاسخ دهند و در نتیجه بقاء خود را تضمین کنند. در این راستا، شناسایی و درک این مکانیسم‌ها می‌تواند به بهبود روش‌های کشاورزی و افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی کمک کند (Isah, 2019).

۲. تأثیر تنش‌های غیرزیستی بر تولید متابولیت‌های ثانویه

تنش‌های غیرزیستی، نظیر کم‌آبی و شوری، می‌توانند تأثیرات قابل توجهی بر متابولیسم گیاهان بگذارند و در نتیجه تولید متابولیت‌های ثانویه را تحت تأثیر قرار دهند. در شرایط تنش آبی، گیاهان ممکن است با افزایش تولید ترکیبات فنولیک و ترپنوئیدها به مقابله با تنش بپردازند. این ترکیبات علاوه بر نقش دفاعی، می‌توانند به افزایش غلظت ترکیبات دارویی در اندام‌های گیاهی نیز کمک کنند. برای مثال، در گیاهانی مانند رزماری و آویشن، تنش‌های آبی می‌توانند منجر به افزایش تولید روغن‌های اسانسی شوند که دارای خواص دارویی و آنتی‌اکسیدانی هستند (Samal *et al.*, 2023).

شوری نیز یکی دیگر از تنش‌های غیرزیستی است که می‌تواند باعث افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان مختلف شود. گیاهان تحت تنش شوری قادر به تولید ترکیبات فنولیک بیشتری هستند که نه تنها به‌عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند بلکه می‌توانند در جذب رادیکال‌های آزاد و حفاظت از گیاه در برابر آسیب‌های اکسیداتیو مؤثر باشند. این ترکیبات می‌توانند خواص دارویی داشته و به بهبود کیفیت محصولات گیاهی کمک کنند (Mohammadi *et al.*, 2020).

در این راستا، شناسایی ژن‌ها و مسیرهای بیوشیمیایی مرتبط با تولید متابولیت‌های ثانویه در شرایط تنش‌های غیرزیستی می‌تواند به بهینه‌سازی روش‌های کشاورزی و افزایش بهره‌وری گیاهان دارویی منجر شود. به علاوه، استفاده از تکنیک‌های کشت بافت و بهبود ژنتیکی می‌تواند به تولید گیاهان مقاوم‌تر در برابر تنش‌های غیرزیستی کمک کند و در نتیجه تولید متابولیت‌های ثانویه را افزایش دهد.

۳. مکانیسم‌های مولکولی و بیوشیمیایی

تحقیقات نشان داده‌اند که تنش‌های محیطی می‌توانند مسیرهای بیوشیمیایی خاصی را فعال کنند که منجر به افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه می‌شود. این مسیرها شامل مسیرهای متابولیکی نظیر اسید شیکیمیک، متابولیسم اسید آمینه و مسیرهای بیوسنتز پلی‌فنول‌ها هستند. مسیرهای بیوشیمیایی مختلف می‌توانند تحت تأثیر تنش‌های زیستی و غیرزیستی قرار گیرند و در نتیجه تولید متابولیت‌های ثانویه را افزایش دهند (Borges *et al.*, 2017).

به عنوان مثال، در پاسخ به تنش‌های زیستی، بسیاری از گیاهان می‌توانند از طریق فعال‌سازی مسیرهای بیوسنتز آلکالوئیدها، تولید این ترکیبات را افزایش دهند. این مسیرها معمولاً تحت تأثیر هورمون‌های گیاهی مانند اکسین و اتیلن قرار می‌گیرند. اتیلن به‌عنوان یک سیگنال در پاسخ به تنش‌های محیطی عمل کرده و می‌تواند تولید ترکیبات دفاعی را تحریک کند. به همین ترتیب، سیتوکینین‌ها نیز می‌توانند در تنظیم تولید متابولیت‌های ثانویه نقش داشته باشند (Petrova *et al.*, 2024).

این مکانیسم‌ها به گیاهان اجازه می‌دهند تا به سرعت به تغییرات محیطی پاسخ دهند و در نتیجه بقاء خود را تضمین کنند. درک این مکانیسم‌ها می‌تواند به محققان کمک کند تا روش‌های مؤثری برای افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی توسعه دهند و به بهبود کیفیت و اثربخشی داروهای طبیعی کمک کنند (Punetha *et al.*, 2022).

نتیجه‌گیری

در عصر حاضر، اهمیت متابولیت‌های ثانویه در گیاهان به‌ویژه در زمینه‌های پزشکی، کشاورزی و بهداشت عمومی به وضوح نمایان است. این ترکیبات نه تنها به عنوان عوامل دفاعی طبیعی در گیاهان عمل می‌کنند، بلکه به عنوان منابع غنی از ترکیبات دارویی و معطر در صنایع داروسازی و بهداشتی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. تنش‌های زیستی و غیرزیستی می‌توانند تأثیرات قابل توجهی بر تولید این متابولیت‌ها داشته باشند، و این تأثیرات می‌توانند به‌صورت مثبت یا منفی بر کیفیت و کمیت ترکیبات فعال زیستی در گیاهان دارویی نمود پیدا کنند. تحقیقات نشان داده‌اند که گیاهان قادرند به‌طور موثری به تنش‌های محیطی پاسخ دهند و با فعال‌سازی مسیرهای بیوشیمیایی خاص، تولید متابولیت‌های ثانویه را افزایش دهند. این مکانیسم‌های پیچیده نه تنها به گیاهان کمک می‌کنند تا به شرایط دشوار محیطی واکنش نشان دهند، بلکه می‌توانند به تولید ترکیبات با خواص دارویی و درمانی نیز منجر شوند. بنابراین، شناسایی و درک این مسیرها و مکانیسم‌ها می‌تواند به توسعه روش‌های مؤثر در کشاورزی و صنعت داروسازی کمک کند. با این حال، چالش‌هایی نظیر عدم درک کامل مکانیسم‌های دقیق تأثیر تنش‌ها، نیاز به تکنیک‌های پیشرفته برای اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل متابولیت‌ها، و مسائل مربوط به کشت و پرورش پایدار گیاهان دارویی هنوز وجود دارند. به همین دلیل، تحقیقات آینده باید بر روی توسعه روش‌های نوین کشت، بهبود ژنتیکی و استفاده از تکنیک‌های کشت بافت تمرکز کنند. این تلاش‌ها می‌توانند بهینه‌سازی تولید متابولیت‌های ثانویه را در شرایط مختلف محیطی ممکن سازند و در نهایت به بهبود کیفیت و کمیت محصولات گیاهی و توسعه پایدار صنایع دارویی کمک کنند.

منابع

Borges, C. V., Minatel, I. O., Gomez-Gomez, H. A., & Lima, G. P. P. (2017). Medicinal plants: Influence of environmental factors on the content of secondary metabolites. *Medicinal plants and environmental challenges*, 259-277.

Isah, T. (2019). Stress and defense responses in plant secondary metabolites production. *Biological research*, *52*.

Jan, R., Asaf, S., Numan, M., Lubna, & Kim, K. M. (2021). Plant secondary metabolite biosynthesis and transcriptional regulation in response to biotic and abiotic stress conditions. *Agronomy*, *11*(5), 968.

Khare, S., Singh, N. B., Singh, A., Hussain, I., Niharika, K. M., Yadav, V., ... & Amist, N. (2020). Plant secondary metabolites synthesis and their regulations under biotic and abiotic constraints. *Journal of Plant Biology*, *63*, 203-216.

Mahajan, M., Kuiry, R., & Pal, P. K. (2020). Understanding the consequence of environmental stress for accumulation of secondary metabolites in medicinal and aromatic plants. *Journal of applied research on medicinal and aromatic plants*, *18*, 100255.

Mohammadi, H., Hazrati, S., & Ghorbanpour, M. (2020). Tolerance mechanisms of medicinal plants to abiotic stresses. In *Plant life under changing environment* (pp. 663-679). Academic Press.

Petrova, M., Miladinova-Georgieva, K., & Geneva, M. (2024). Influence of abiotic and biotic elicitors on organogenesis, biomass accumulation, and production of key secondary metabolites in Asteraceae plants. *International Journal of Molecular Sciences*, *25*(8), 4197.

Punetha, A., Kumar, D., Suryavanshi, P., Padalıa, R., & Kt, V. (2022). Environmental abiotic stress and secondary metabolites production in medicinal plants: a review. *Journal of Agricultural Sciences*, *28*(3), 351-362.

Samal, M., Abass, S., Parveen, R., Ahmad, S., & Iqbal, M. (2023). Effect of abiotic stress on production of secondary metabolites in plants. In *Plants as medicine and aromatics* (pp. 145-172). CRC Press.

Yeshi, K., Crayn, D., Ritmejerytė, E., & Wangchuk, P. (2022). Plant secondary metabolites produced in response to abiotic stresses has potential application in pharmaceutical product development. *Molecules*, *27*(1), 313.

The Impact of Biotic and Abiotic Stresses on Secondary Metabolite Accumulation in Medicinal Plants: Mechanisms and Applications

Mina Amani[1]*, Mohammad-Reza Jalali[1]
1. Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
*Corresponding Author: Mina76amani@yahoo.com

Abstract

Secondary metabolites in medicinal plants play a vital role in the pharmaceutical industry as active compounds with therapeutic and health-promoting properties. These metabolites are influenced by biotic stresses (including microbial infections and pest attacks) and abiotic stresses (such as drought, salinity, and unsuitable temperatures). This paper examines the various effects of these stresses on the production of secondary metabolites in medicinal plants. Initially, the molecular and physiological mechanisms activated in response to these stresses are analyzed. The results of this study indicate that both biotic and abiotic stresses can lead to an increase in the production of secondary metabolites, serving as a defensive response of plants to adverse environmental conditions.

Keywords: Bioactive compounds, environmental stresses, Phytochemistry.

مقایسه اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره آبی- الکلی برگ شنبلیله (*Trigonella foenum graecum* L.) بر عملکرد تخمدان موش صحرایی بالغ جوان و مدل یائسه

نکتل حسین راجح المرزوک[1]، زهرا یزدان بخش[*1]، سونا آخوندنژاد[2]

۱-گروه علوم و فناوری‌های زیستی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

۲- گروه زیست شناسی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

[*]نویسنده مسئول: yazdanbakhsh@iau.ir

چکیده

شنبلیله با نام *علمی* *Trigonella foenum- graecum* L. گیاه دارویی است که در کشورهای مختلف جهان از دانه و برگ آن، به عنوان غذا و درمان بعضی بیماریها مثل سرطان، زخم معده، عفونت باکتری و قارچ استفاده می‌شود. شاید این گیاه بدلیل داشتن ترکیبات فیتواستروژنی بتواند در کاهش عوارض یائسگی نقش داشته باشد. در این مطالعه، ۴۸ سر موش‌صحرایی ماده بالغ با وزن ۲۰۰-۱۸۰ گرم انتخاب و در گروه‌های کنترل، شاهد (موش‌هایی که با تزریق سیس‌پلاتین مدل یائسه شدند) و گروه ۱ و ۲ تیمار (موش‌های غیریائسه) که بترتیب ۵ و ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره آبی الکلی شنبلیله روزانه طی ۲۴ روز با گاواژ مصرف کردند و گروه تیمار۳ و۴ (موش‌های یائسه) که ۵ و ۱۰ میلی‌لیتر عصاره مذکور را دریافت کردند تقسیم شدند. در پایان دوره تیمار، خونگیری انجام و فاکتورهای موردنظر اندازه‌گیری و داده‌های حاصل تحلیل آماری گردید. مصرف عصاره شنبلیله با افزایش معنادار آنزیم سوپراکسیددیسموتاز و کاهش مالون‌دی‌آلدهید در سرم گروه‌های تیمار بخصوص گروه‌های غیریائسه همراه بود و گرچه روی گنادوتروپین‌ها اثر معنی‌دار نشان نداد ولی کاهش هورمون‌های جنسی در موش‌های یائسه را تعدیل نمود و در موش‌های جوان این هورمون‌ها را در مقایسه با گروه کنترل سطح معنی‌داری ($p<0.05$) افزایش داد. عصاره هیدروالکلی شنبلیله با تأکید بر خواص آنتی‌اکسیدانی، باعث بهبود هورمون‌های جنسی می‌شود و با توجه به کاهش طبیعی این هورمون‌ها در دوران یائسگی، شاید مصرف آن تا حدودی عوارض یائسگی را بهبود ببخشد.

واژه‌های کلیدی: استرادیول، هورمون جنسی، سوپراکسیددیسموتاز، عصاره شنبلیله، یائسگی

The antioxidant effect of hydro-alcoholic extract of fenugreek (*Trigonella foenum- graecum* L.) leaf on young and old rat

Nektel Hossein Rajeh Al Marzouk[1], Zahra Yazdanbakhsh[*1], Sona Akhondnezhad[2]
1. Department of Biological Science and Technology, Shi.C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran
2. Department of Biology, Az.C., Islamic Azad University, Azadshahr, Iran
[*]*Corresponding Author: yazdanbakhsh@iau.ir*

Abstract

Fenugreek with the scientific name *Trigonella foenum-graecum* L. is a medicinal plant. In this study, 48 adults female Wistar rats weighing 18-200 grams were grouped after purchase and kept under standard conditions in terms of temperature and humidity. An aqueous-alcoholic extract of fenugreek leaves was prepared and after determining the lethal dose, the selected dose for treatment was 250 and 500 mg/kg bw, equivalent to 5 and 10 ml, and who receivd daily for 24 days by gavage. They were categorized as control group (healthy rats), sham (rats received 7 mg/kg bw daily by intraperitoneal injection of cisplatin), treatment 1 and 2 (healthy rats who received 5 and 10 ml of fenugreek extract daily), and treatment 3 and 4 (menopausal rats who received 5 and 10 ml of fenugreek extract daily). At the end of the treatment period, rats were anesthetized, and blood was taken from the heart by centrifuging the blood, the serum was separated, and determined the serum factors. The data were analyzed with ANOVA and Tukey's test at $p< 0.05$. The results showed the consumption of fenugreek extract was associated with a significant increase in superoxide dismutase enzymes and total antioxidant capacity, and a decrease in malondialdehyde in serum in all treatment groups, especially non-menopausal groups. Although it did not show a significant effect on gonadotropins, it modulated sex hormones in postmenopausal rats and increased these hormons in young rats compared to the control group ($p < .05$).

Keywords: Fenugreek, Menopause, Superoxide dismutase, Total antioxidant capacity

بررسی تأثیر کودهای بیولوژیکی و سطوح مختلف فسفردر شرایط تنش خشکی برمیزان پرولین درصد و عملکرد اسانس اسطوخودوس (*Lavandula officinalis* L.)

النازستارزاده*[۱]، مهرداد یارنیا[۲]، ابراهیم خلیل‌وند بهروزیار[۳]، بهرام میرشکاری[۴]، ورهرام رشیدی[۵]

۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز

۲- عضو هیئت علمی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز

۳- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز

۴- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز

۵- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز

* نویسنده مسئول: e.satarzade@areeo.ac.ir

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کودهای زیستی و فسفر بر کاهش اثرات کم آبیاری در گیاه دارویی اسطوخودوس، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده دوبار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مرکز ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز در دو سال زراعی ۹۸-۹۷ و ۹۹-۹۸ اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل سطوح آبیاری (آبیاری پس از ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر از تشت تبخیر کلاس A) به‌عنوان عامل اصلی و تلقیح با کود زیستی در چهار سطح (تلقیح با تیوباسیلوس، سودوموناس و تیوباسیلوس + سودوموناس و عدم تلقیح به‌عنوان شاهد) به عنوان عامل فرعی و سطوح کود فسفر(سوپرفسفات تریپل) در دو سطح (۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان عامل فرعی دوم بودند. صفات مورد بررسی شامل میزان پرولین، درصد و عملکرد اسانس بودند. نتایج نشان داد که در سال اول آزمایش کلیه سطوح آبیاری، مصرف فسفر و تلقیح با کودهای زیستی تلفیقی، بالاترین پرولین در ۶۰ میلی‌متر تبخیر با ۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار و کاربرد تیوباسیلوس + سودوموناس به دست آمد. در سال دوم، نتایج آزمایش نشان داد که بیشترین مقدار تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی متر تبخیر و کاربرد تیوباسیلوس + سودوموناس و کود فسفر و محتوای پرولین (۵/۴۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از کاربرد تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و عدم کاربرد باکتری و کود فسفر حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تنش خشکی، تیوباسیلوس، سودوموناس، فسفر.

مقدمه

جنس *Lavandula* متعلق به خانواده Lamiaceae است (Crisan et al., 2023). اسانس اسطوخودوس می‌تواند حاوی بیش از ۱۰۰ مؤلفه مختلف از جمله ترکیبات ترپنوئیدی و فنلی باشد (Sharma et al., 2019). مهم‌ترین ترکیبات اسانس آن شامل ۱،۸ سینئول، کافور، بورنئول، آلفا پینن، بتا پینن، ترانس پینوکاروئول، نرول، لینالول، اسید پروپیونیک، اسید بوتیریک، اسید والریک، ژرامبول، لینالول آزاد، فلاونوئیدها، تانن، ترکیبات فنلی و مونوترپن می‌باشد

(Sharma et al., 2019). هنگامی که گیاهان در معرض تنش اسمزی قرار می‌گیرند، پرولین در سیتوپلاسم تجمع می‌یابد و به عنوان یک محافظ اسمزی برای تثبیت غشاهای سلولی و حفظ فشار تورگ عمل می‌کند. این به گیاه کمک می‌کند تا از آسیب به اجزای سلولی جلوگیری کند و به گیاهان اجازه می‌دهد علیرغم استرس به رشد و عملکرد حداکثری خود ادامه دهند. تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش، به‌واسطه سنتز پرولین و غیرفعال شدن تخریب آن است. افزایش محتوای پرولین در شرایط تنش باعث محافظت غشای سلولی، پروتئین‌ها، آنزیم‌های سیتوپلاسمی و مهار گونه‌های فعال اکسیژن و حذف رادیکال‌های آزاد می‌گردد (Moukhtari et al., 2020). گیاهان در طول چرخه زندگی خود به طور مداوم در معرض تنش‌های غیر زنده مانند تنش خشکی قرار دارند. خشکسالی رایج‌ترین تنش محیطی است که می‌تواند بر رشد گیاهان در سراسر جهان به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک تأثیر بگذارد، بنابراین خشکی به محدودیت‌های اصلی تولید محصولات زراعی تبدیل شده است. همچنین تنش خشکی باعث تغییرات ساختاری، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان شده است. یکی از راهکارهای اساسی برای تعدیل یا کاهش اثر تنش آبی در گیاهان زراعی، کاربرد انواع مختلفی از کودهای زیستی (باکتری‌ها و قارچ‌های مفید خاک‌زی) است (Marulanda Aguirre et al., 2008) این کودها شامل ریزموجودات مفید خاک هستند که عناصر غذایی را به شکل قابل جذب در اختیار گیاهان قرار می‌دهند (Chen, 2006).

مواد و روش‌ها

این تحقیق باهدف بررسی اثر کودهای زیستی بر خصوصیات فیزیولوژیک گیاه دارویی اسطوخودوس در رژیم‌های آبیاری مختلف اجرا شد. آزمایش در سال زراعی ۹۸-۹۷ در ایستگاه کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز اجرا شد. این بررسی به‌صورت آزمایش کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل سطوح مختلف رژیم آبیاری در ۳ سطح (آبیاری پس از ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) به‌عنوان فاکتور اصلی و تلقیح با کود زیستی در چهار سطح تلقیح با تیوباسیلوس، سودوموناس و تیوباسیلوس + سودوموناس و عدم تلقیح (شاهد) در کرت‌های فرعی و مصرف کود فسفر در دو سطح (صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان فاکتور فرعی فرعی در نظر گرفته شدند. قطعه زمین طرح آزمایشی قبل از کاشت، با انجام شخم عمیق، دیسک‌زنی، تسطیح و کرت‌بندی بر اساس نقشه کاشت آماده گردید. نشاهای اسطوخودوس در مرحله ۴ تا ۶ برگی در تاریخ ۹ الی ۱۱ اردیبهشت ۱۳۹۷ به زمین اصلی منتقل شدند. فاصله ردیف‌های کاشت از یکدیگر یک متر و فاصله بین نشاها یک متر در نظر گرفته شد. تعداد کرت‌های آزمایشی ۷۲ بوده و هر کرت دارای ابعادی معادل ۷×۱۲ متر شامل سه خط کاشت برای هر یک از تیمارهای آزمایشی بود. با ظهور اولین گل، سطوح تنش اعمال شد. با اتمام گل‌دهی در تمام کرت‌های آزمایشی باحذف اثر حاشیه نمونه‌گیری انجام شد. در سال دوم همچنین همان مزرعه نگه‌داری شده و کل عملیات مشابه سال اول تکرار شد. برداشت اندام هوایی گیاه اسطوخودوس در سال اول در مورخه ۱۳۹۷/۰۷/۲۵ و در سال دوم ۱۳۹۸/۰۷/۱۵ انجام گردید.

قبل از شروع آزمایش برای تعیین خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک منطقه نمونه‌برداری انجام پذیرفت. جهت تعیین میزان اسانس سرشاخه گلدار، که از هر کرت آزمایشی یک نمونه ۵۰ گرمی تهیه و پس از آسیاب، اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب به وسیله دستگاه کلونجر به مدت سه ساعت انجام شد. درصد اسانس نیز پس از رطوبت‌زدایی توسط سولفات سدیم و عملکرد اسانس در واحد سطح محاسبه شد.

درصد اسانس = وزن سرشاخه گلدار/وزن اسانس × ۱۰۰

عملکرد اسانس = درصد اسانس × عملکرد سرشاخه گلدار (کیلوگرم در هکتار)

جهت تجزیه واریانس داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS و برای مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار MSTATC و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

پرولین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۱) که اثر سطوح آبیاری، کود زیستی، فسفر، اثر متقابل سطوح آبیاری و کود زیستی، اثر متقابل آبیاری و کود فسفر، اثر متقابل کود زیستی و کود فسفر و همچنین اثرات سه جانبه سطوح آبیاری، کود زیستی و کود فسفر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی بر میانگین پرولین نشان می‌دهد که با افزایش شدت تنش کم آبی مقدار پرولین افزایش می‌یابد و کاربرد کود فسفر و کود زیستی باعث ایجاد عکس‌العمل‌های متفاوت به مقدار این ماده در گیاه اسطوخدوس گردید. بیشترین مقدار پرولین (۴/۸۲۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از سطح آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و کاربرد کود فسفر و تیوباسیلوس + سودوموناس و کمترین آن (۲/۰۴۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به دست آمد.

از جمله مهم‌ترین موادی که تجمع آن‌ها در یاخته‌های گیاهی تحت تنش خشکی افزایش می‌یابد می‌توان به آمینو اسید آزاد پرولین اشاره کرد که تحت شرایط تنش، مقدار آن افزایش یافته و در حفظ پتانسیل اسمزی نقش دارد (Zafari et al., 2012; Per et al., 2017). در مطالعه حاضر نیز مشاهده شد که با افزایش تنش خشکی محتوای پرولین گیاه افزایش می‌یابد. گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند مقدار زیادی از منابع کربن و نیتروژن خود را صرف سنتز تنظیم‌کننده‌های اسمزی از قبیل پرولین می‌کنند تا بتوانند فشار تورژسانس سلول‌های خود را حفظ نمایند (Aranjuelo et al., 2011). تنش خشکی از دو راه باعث افزایش میزان پرولین در گیاهان می‌شود، اولین راه افزایش سنتز آنزیم‌هایی است که باعث تحریک تولید پرولین می‌شود و دومین راه ممانعت از عمل آنزیم‌هایی است که پرولین را تخریب می‌کند (Rontein et al., 2002). کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر موجب افزایش پرولین نسبت به عدم کاربرد فسفر گردید. فسفر به عنوان یک عنصر ضروری برای گیاه موجب افزایش رشد گیاه می‌شود، در نتیجه پیش نیازهای پرولین بیش‌تر ساخته شده و در نهایت مقدار بیش‌تری پرولین تولید می‌گردد (Marschner, 2002). مصرف کودهای زیستی در شرایط تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی نه تنها سبب افزایش مقاومت گیاهان به تنش می‌شود، بلکه موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب و ساختمان گرانول‌های خاک، افزایش فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی و آزادسازی عناصر غذایی موجود در کلوئیدهای خاک و جبران میکروارگانیسم‌های از دست رفته خاک می‌گردد (Gilik et al., 2001). معمولاً گیاهان تلقیح شده با استفاده از روابط آبی و تغذیه بهتر نسبت به گیاهان بدون تلقیح، قادرند از شرایط تنش خشکی به طور موقت فرار کنند و کمتر دچار آسیب شوند و در نتیجه میزان پرولین و قندهای محلول نسبت به گیاهان بدون تلقیح افزایش کمتری نشان می‌دهد (Ruiz-Lozano, 2003).

درصد اسانس

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در سال اول (جدول ۱) نشان داد که اثر ساده سطوح آبیاری، اثر متقابل سطوح آبیاری و فسفر و اثرات سه‌جانبه سطوح آبیاری، کود زیستی و کود فسفر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار و اثر ساده کود زیستی، آبیاری و کود زیستی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار و برای اثر ساده فسفر غیر معنی‌دار شد.

مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی بر میانگین درصد اسانس در سال اول نشان می‌دهد که با افزایش شدت تنش کم‌آبی درصد اسانس کاهش می‌یابد و کاربرد کود فسفر و کود زیستی باعث بهبود درصد اسانس در گیاه اسطوخدوس گردید. کمترین درصد اسانس (۰/۴ درصد) از عدم تلقیح کودهای زیستی و عدم کاربرد فسفر و سطح آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و بیشترین آن (۱/۲ درصد) از سطح آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و کاربرد کود فسفر و تلقیح توام تیوباسیلوس + سودوموناس به دست آمد (جدول ۱).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در سال دوم (جدول ۱) نشان داد که اثر کود زیستی و کود فسفر و اثرات سه‌جانبه سطوح آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار و ساده سطوح آبیاری، کود زیستی، آبیاری و کود زیستی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار و برای اثر ساده فسفر غیر معنی‌دار شد.

مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی بر میانگین درصد اسانس در سال دوم نشان می‌دهد که همانند سال اول با افزایش شدت تنش کم‌آبی درصد اسانس کاهش می‌یابد و کاربرد کود فسفر و کود زیستی باعث بهبود درصد اسانس در گیاه اسطوخدوس گردید. در سال دوم در سطوح ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر کاربرد کود فسفر و کود زیستی به ترتیب باعث افزایش ۴۰، ۳۹ و ۴۱ درصدی درصد اسانس گردید. کمترین درصد اسانس (۰/۵۴ درصد) از عدم تلقیح کودهای زیستی و عدم کاربرد فسفر و سطح آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و بیشترین آن (۱/۷ درصد) از سطح آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و کاربرد کود فسفر و تلقیح توام تیوباسیلوس + سودوموناس به دست آمد (جدول ۱).

با توجه به نتایج حاصل تلقیح باکتریایی بر میزان درصد اسانس گیاه اسطوخودوس، تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی قرار گرفت.

عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها برای عملکرد اسانس در سال اول (جدول ۱) نشان داد که اثر ساده سطوح آبیاری، اثر متقابل سطوح آبیاری و فسفر و اثرات سه‌جانبه سطوح آبیاری، کود زیستی و کود فسفر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار و اثر ساده کود زیستی، آبیاری و کود زیستی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار و برای اثر ساده فسفر غیر معنی‌دار شد.

مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی بر میانگین عملکرد اسانس در سال اول نشان می‌دهد که با افزایش شدت تنش کم‌آبی عملکرداسانس کاهش می‌یابد و کاربرد کود فسفر و کود زیستی باعث بهبود عملکرد اسانس در گیاه اسطوخودوس گردید. کمترین عملکرد اسانس (۲/۱ کیلوگرم در هکتار) از عدم تلقیح کودهای زیستی و عدم کاربرد فسفر و سطح آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و بیشترین آن (۹/۰۶ کیلوگرم در هکتار) از سطح آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و کاربرد کود فسفر و تلقیح توام تیوباسیلوس + سودوموناس به دست آمد (جدول ۱).

در سال اول در سطوح ۶۰، ۹۰و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر کاربرد کود فسفر و کود زیستی به ترتیب باعث افزایش ۵۴، ۵۵ و ۶۹ درصدی عملکرد اسانس شدند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها برای عملکرد اسانس در سال دوم (جدول۱) نشان داد که اثر ساده سطوح آبیاری، اثر متقابل سطوح آبیاری و فسفر و اثرات سه‌جانبه سطوح آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار و اثر ساده کود زیستی، آبیاری، کود زیستی و فسفر در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار و برای اثر ساده فسفر غیر معنی‌دار شد.

مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی بر میانگین عملکرد اسانس در سال دوم نشان می‌دهد که با افزایش شدت تنش کم‌آبی عملکرداسانس کاهش می‌یابد و کاربرد کود فسفر و کود زیستی باعث بهبود عملکرد اسانس در گیاه

اسطوخودوس گردید. در سال دوم در سطوح ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر کاربرد کود فسفر و کود زیستی به ترتیب باعث افزایش ۵۲، ۵۱ و ۶۳ درصدی عملکرد اسانس شدند.

کمترین عملکرد اسانس (۲/۸ کیلوگرم در هکتار) از عدم تلقیح کودهای زیستی و عدم کاربرد فسفر و سطح آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و بیشترین آن (۹/۴ کیلوگرم در هکتار) از سطح آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و کاربرد کود فسفر و تلقیح توام تیوباسیلوس + سودوموناس به دست آمد (جدول ۱).

گزارش Ping و Boland (۲۰۰۴) نشان می‌دهد که باکتری‌های ارتقادهنده رشد به‌عنوان محرک‌های زیستی در سنتز متابولیت‌های ثانویه بشمار می‌روند.

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گیاه اسطوخودوس تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در سال اول و دوم

		سال اول				سال دوم	
منابع تغییر	درجه آزادی	پرولین	درصد اسانس	عملکرد اسانس	پرولین	درصد اسانس	عملکرد اسانس
بلوک	۲	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۱۵^{ns}	۰/۰۰۹*	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۲۲^{ns}
سطوح آبیاری	۲	۲/۴۰۶**	۰/۰۰۵*	۰/۱۸۲*	۸/۶۳۱**	۰/۰۰۴*	۰/۰۰۱
اشتباه آزمایشی ۱	۴	۰/۰۰۰۳۱۶	۰/۰۰۱	۰/۰۱۶	۰/۰۲۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳
کود زیستی	۳	۲/۹۵۵**	۰/۰۲۴*	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۳۸**	۰/۰۱۲*	۰/۰۲۷^{ns}
آبیاری×کود زیستی	۶	۰/۸۱۹**	۰/۰۵۴*	۰/۱۲۳**	۰/۵۷۱**	۰/۰۱۲*	۰/۰۲۲
اشتباه آزمایشی ۲	۱۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۳۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۹
کود فسفر	۱	۰/۰۷۴**	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۹۹۵^{ns}	۶/۹۶۳**	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}
آبیاری×کود فسفر	۲	۰/۹۷۵**	۰/۰۰۲*	۰/۰۳۳**	۰/۶۸۸**	۰/۰۰۱*	۰/۰۹۰**
کود زیستی × کود فسفر	۳	۰/۴۶۱**	۰/۰۲۳**	۰/۰۳۹*	۰/۳۷۲**	۰/۰۲۴**	۰/۰۶۵**
آبیاری× کود زیستی × کود فسفر	۶	۰/۸۱۶**	۰/۰۲۴**	۰/۰۴۸**	۰/۸۹۵**	۰/۰۱۳**	۰/۰۴۰**
اشتباه آزمایشی ۳	۲۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۸	۰/۰۴۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷
ضریب تغییرات (٪)	-	۱/۴	۹/۸	۲۲/۶۸	۵/۶۸	۸/۱	۲۳/۶۳

ns، ** و * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشند.

منابع

Chen, J. H. (2006, October). The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. In *International workshop on sustained management of the soil-rhizosphere system for efficient crop production and fertilizer use* (Vol. 16, No. 20, pp. 1-11). Land Development Department Bangkok Thailand.

Crian, I., Ona, A., Vârban, D., Muntean, L., Vârban, R., Stoie, A., ... & Morea, A. (2023). Current trends for lavender (Lavandula angustifolia Mill.) crops and products with emphasis on essential oil quality. *Plants*, *12*(2), 357.

de Melo Alves Silva, L.C., de Cassióde Oliveira Mendes, F., de Castro Teixeira, F., n de Lima Fernandes, T.E., Barros Ribeiro, K.R. et al. (2023). Use of Lavandula angustifolia essential oil as a complementary therapy in adult health care: A scoping review and abiotic stress tolerance in plants. Plant Cell Rep. 39 (3), 281–292.

Marulanda-Aguirre, A., Azcón, R., Ruiz-Lozano, J. M., & Aroca, R. (2008). Differential effects of a Bacillus megaterium strain on Lactuca sativa plant growth depending on the origin of the arbuscular mycorrhizal fungus coinoculated: physiologic and biochemical traits. *Journal of Plant Growth Regulation*, *27*, 10-18.

Sharma, L., Chandra, M., & Puneeta, A. (2020). Health benefits of lavender (Lavandula angustifolia). *International Journal of Physiology, Nutrition and Physical Education*, *4*(1), 1274-1277.

Investigating the effect of biological fertilizers and different levels of phosphorus on the percentage and yield of lavender essential oil (*Lavandula officinalis* L.)

Elnaz Sattarzadeh[1*], Mehrdad Yarnia[2], Ebrahim Khalilvand Behrouznya[3], Bahram Mir Shekari[4], Verhram Rashidi[5]

1. Ph.D student, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Resources, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
2. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Resources, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
3. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Resources, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
4. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Resources, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
5. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Resources, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

**Corresponding author: e.satarzade@areeo.ac.ir*

Abstract

In order to investigate the effect of biofertilizers and phosphorus on reducing the effects of lack of irrigation in lavender medicinal plant, an experiment in the form of two split plots in the form of a randomized complete block design with 3 replications at the center of the research station of the Faculty of Agriculture of the Islamic Azad University of Tabriz in two crop years of 2018 It was implemented in 2018 and 2019. The experimental factors include irrigation levels (irrigation after 60, 90 and 120 mm from the Class A evaporation pan) as the main factor and inoculation with biological fertilizer at four levels (inoculation with Thiobacillus, Pseudomonas and Thiobacillus + Pseudomonas and no inoculation as control) as the secondary factor and phosphorus fertilizer levels at two levels (0 and 50 kg/ha). The examined traits included proline, oil and essential oil yield. The results showed that in the first year of testing all levels of irrigation, phosphorus consumption and inoculation with integrated biofertilizers, the highest amount of proline was obtained at the level of 60 ml of evaporation along with the consumption of 50 kg of phosphorus per hectare and the application of Thiobacillus + Pseudomonas. In the second year of the experiment, the highest proline content (5.48 mg/g fresh weight) was obtained from the irrigation treatment after 120 mm of evaporation, along with the application of Thiobacillus + Pseudomonas and phosphorus fertilizer. This was higher compared to the condition without bacterial inoculation and phosphorus fertilizer. It seems that the use of growth-stimulating bacteria and the use of phosphorus increased the flower yield in lavender plants by reducing the negative effects of drought stress.

Keywords: Drought stress, Essential oil, Pseudomonas, Proline, Phosphorus, Thiobacillus.

بررسی محتوای فنلی، فلاوونوئیدی، و فعالیت آنتی‌اکسیدانی سه گونه گیاه دارویی لوبیای مخملی (*Mucuna pruriens*)، فلفل گینه (*Xylopia aethiopica*)، و پاپایا (*Carica papaya*)

قهرمان باجوزاده*[۱]، مهدی جامعی[۲]
۱- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ایران
۲- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران
*نویسنده مسئول: qhrmanbajwzadh@gmail.com

چکیده

در سال‌های اخیر، توجه به خواص درمانی و عوارض کم گیاهان دارویی به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. گیاهان دارویی سرشار از ترکیبات آنتی‌آکسیدانی هستند که معمولاً به شکل فیتوشیمیایی یا ترکیبات شیمیایی گیاهی یافت می‌شوند. این مطالعه به ارزیابی محتوای فنل کل (TPC)، فلاوونوئید کل (TFC) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش ۲،۲-دی فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) در سه گونه گیاه دارویی شامل لوبیای مخملی (*Mucuna pruriens*)، فلفل گینه‌ای (*Xylopia aethiopica*)، و پاپایا (*Carica papaya*) می‌پردازد. در این تحقیق، از حلال آبی برای استخراج ترکیبات فعال از دانه گیاهان استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده از آن‌ها به شرح زیر می‌باشد: گونه لوبیای مخملی دارای TPC برابر با ۴۴/۴۶ mgGAE/g Dw و TFC برابر با ۲/۲۵ mgQE/g Dw و فعالیت آنتی‌اکسیدانی DPPH معادل ۹۸/۷۰ µg/ml بود. گونه پاپایا به‌ترتیب دارای TPC برابر با ۳۰/۳۲mg GAE/g Dw و TFC برابر با ۵۹/۵۴mg QE/g Dw و DPPH برابر با ۱/۰۰µg/ml بود. در نهایت، فلفل گینه عملکرد بهتری را نشان داد و دارای TPCبرابر با mg GAE/g ۳۷۵ Dw و TFC برابر با ۴۹۲/۸۸mg QE/g Dw و DPPH معادل ۱۹/۰۱µg/mlبود. یافته‌ها نشان می‌دهند که فلفل گینه دارای بالاترین TPC و TFC، و بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در مقایسه با دو گونه دیگر است. این نتایج بر اهمیت این گیاهان به عنوان منابع غنی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و فیتوشیمیایی تأکید می‌کنند و پتانسیل آن‌ها را برای استفاده در صنایع دارویی و غذایی به‌منظور مقابله با استرس اکسیداتیو و بیماری‌های مرتبط با آن نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، ۲،۲-دی فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل، گیاهان دارویی، محتوای فلاونوئید کل، محتوای فنل کل

مقدمه

رادیکال‌های آزاد که دارای یک یا چند الکترون جفت‌نشده هستند، در طی متابولیسم طبیعی و پاتولوژیک سلول تولید می‌شوند. گونه‌های فعال اکسیژن (Reactive Oxygen Species; ROS) به‌راحتی با رادیکال‌های آزاد واکنش می‌دهند و خود به رادیکال تبدیل می‌شوند. آنتی‌اکسیدان‌ها از موجودات زنده در برابر آسیب‌های ناشی از تولید کنترل‌نشده‌ی ROS و به‌دنبال آن، پراکسیداسیون چربی‌ها، آسیب به پروتئین‌ها و گسست رشته‌های DNA محافظت می‌کنند. تحقیقات نشان داده‌اند که ترکیبات متعددی از منابع طبیعی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی هستند و همچنان

در حال بررسی‌اند. ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند اسیدهای فنولیک، پلی‌فنول‌ها و فلاونوئیدها، رادیکال‌های آزاد نظیر پراکسید، هیدروپراکسید یا لیپیدپراکسید را مهار کرده و به این ترتیب، از بروز واکنش‌های اکسیداتیو جلوگیری می‌کنند. پلی‌فنول‌ها از جمله ترکیبات مهم فیتوشیمیایی محسوب می‌شوند که به‌دلیل خاصیت حذف رادیکال‌های آزاد و فعالیت‌های زیستی درون‌تنی مورد توجه‌اند (Bravo, 1998).

سرده‌ی Mucuna از خانواده‌ی Fabaceae و زیرخانواده‌ی Papilionaceae شامل حدود ۱۵۰ گونه از لگوم‌های یک‌ساله و چندساله است. در میان لگوم‌های وحشی کم‌استفاده‌شده، لوبیای مخملی (*Mucuna pruriens*) در نواحی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان پراکندگی وسیعی دارد. این گیاه به‌دلیل دارا بودن مقدار بالای پروتئین (۲۳ تا ۳۵ درصد)، منبع مناسبی آن با حبوباتی نظیر سویا، لوبیای برنجی و لوبیای لیما قابل مقایسه است (Gurumoorthi et al., 2003). بنابراین، لوبیای مخملی به‌عنوان منبع غذایی ارزشمندی شناخته می‌شود. قابلیت اهداکنندگی هیدروژن توسط عصاره‌ی متانولی لوبیای مخملی در حضور رادیکال DPPH مورد سنجش قرار گرفته است. در مطالعه‌ای، Muthu و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که عصاره‌ی اتیل‌استاتی و متانولیِ کل لوبیای مخملی که حاوی مقدار قابل‌توجهی از ترکیبات فنولیک است، دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی و توان مهار رادیکال آزاد بالایی می‌باشد.

Aframomum melegueta Schum (تیره Zingiberaceae) که با نام‌های فلفل گینه (*Guinea pepper*)، دانه‌های بهشتی (*grains of paradise*) یا فلفل تمساحی (*alligator pepper*) نیز شناخته می‌شود (و در زبان‌های محلی به نام‌های آتاره (*Yoruba*)، اوسه-اوجی (*Igbo*) و سی‌تا (*Hausa*) معروف است)، گیاهی چندساله است که به دلیل دانه‌های باارزش آن در مناطق گرمسیری آفریقا به‌صورت گسترده کشت می‌شود (Umukoro and Ashorobi, 2007).

پاپایا (*Carica papaya*) از اعضای خانواده‌ی Caricaceae بوده و مهم‌ترین گونه‌ی اقتصادی این خانواده به‌شمار می‌آید (Carvalho & Renner, 2012). گونه‌ی *C. papaya* تنها عضو باقی‌مانده از سرده‌ی Carica است که پس از بازنگری تاکسونومیکی، از گروه Vasconcella که تا سال ۲۰۰۰ به‌عنوان بخشی از سرده‌ی Carica در نظر گرفته می‌شد، جدا گردید (Badillo (2000,آنتی‌اکسیدان‌های موجود در پاپایا نقش بسیار مهمی در حفظ سلامت انسان دارند، چراکه با استرس اکسیداتیو ناشی از رادیکال‌های آزاد مقابله می‌کنند (Bose et al., 2023). دریافت متعادل ترکیبات فنولیک که در پاپایا به فراوانی یافت می‌شوند، با کاهش خطر ابتلا به سرطان و بیماری‌های قلبی‌عروقی همراه است (Rivera-Pastrana et al., 2010; Bose et al., 2023). این ویژگی‌ها موجب شده است که پاپایا در طب سنتی بسیاری از فرهنگ‌ها به‌عنوان گیاهی با اثرات درمانی مورد استفاده قرار گیرد.

هدف از مطالعه حاضر، بررسی محتوای فنلی، فلاوونوئیدی، و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سه گونه گیاه دارویی ذکر شده در متن مقاله، برای تعیین گونه برتر از نظر آزمایشات مذکور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

دانه سه گونه گیاه دارویی شامل لوبیای مخملی (*Mucuna pruriens*)، فلفل گینه (*Xylopia aethiopica*)، و پاپایا (*Carica papaya*) از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. در این تحقیق، حلال آبی برای استخراج ترکیبات فعال از دانه گیاهان مورد استفاده قرار گرفت.

TPC با استفاده از معرف فولین سیوکالتئو تعیین شد (Oki et al., 2002) TFC. با استفاده از روش Chang et al. 2002 تعیین شد. سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از معرف DPPH به عنوان ترکیب رادیکالی پایدار انجام شد (Brand-Williams et al. 1995).

تمامی اندازه‌گیری‌ها سه بار تکرار شده و کلیه اطلاعات به صورت Mean ± SD گزارش شد. آنالیز واریانس یک سویه (ANOVA) برای مقایسه میانگین‌ها بکار رفت و نتایج با احتمال $P<0.05$ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

این مطالعه به ارزیابی TPC، TFC و فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH در سه گونه گیاه دارویی شامل لوبیای مخملی، فلفل گینه‌ای، و پاپایا به علت پیشینه کاربرد سنتی مشترک (مانند اثرات ضدالتهابی، محافظت کبدی یا ضد دیابت)، که امکان شناسایی منابع گیاهی برتر با پتانسیل آنتی‌اکسیدانی بالاتر را فراهم می‌کند، می‌پردازد. گونه لوبیای مخملی دارای TPC برابر با ۴۴/۴۶ mgGAE/g Dw و TFC برابر با ۲/۲۵ mgQE/g Dw و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH) معادل ۹۸/۷۰ µg/ml بود. گونه پاپایا به‌ترتیب دارای TPC برابر با ۳۰/۳۲mg GAE/g Dw و TFC برابر با ۵۹/۵۴ mg QE/g Dw و DPPH برابر با ۱/۰۰µg/ml بود. در نهایت، فلفل گینه‌ای عملکرد بهتری را نشان داد و دارای TPC برابر با ۳۷۵ mg GAE/g Dw و TFC برابر با ۴۹۲/۸۸mg QE/g Dw و DPPH معادل ۱۹/۰۱µg/ml بود (جدول ۱).

جدول ۱. محتوای فنل کل (TPC)، فلاوونوئید کل (TFC) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH) در سه گونه‌ی گیاه دارویی

گونه گیاهی	TPC (mg GAE/g DW)	TFC (mg QE/g DW)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH, µg/ml)
لوبیای مخملی	۰/۰۱ ± ۴۴/۴۶	۰/۰۷ ± ۲/۲۵	۰/۱۲ ± ۹۸/۷۰
پاپایا	۰/۱۱ ± ۳۰/۳۲	۰/۱۴ ± ۵۹/۵۴	۰/۰۸ ± ۱/۰۰
فلفل گینه‌ای	۰/۰۹ ± ۳۷۵/۰۰	۰/۱۲ ± ۴۹۲/۸۸	۰/۱۴ ± ۱۹/۰۱

نتایج این مطالعه نشان داد که هر سه گونه‌ی گیاه دارویی مورد بررسی، دارای ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی هستند که با فعالیت آنتی‌اکسیدانی مؤثر همراه‌اند. با این حال، میزان این ترکیبات و توان مهار رادیکال‌های آزاد در بین گونه‌ها تفاوت قابل‌توجهی نشان داد.

در میان این سه گونه، فلفل گینه‌ای با دارا بودن بالاترین مقادیر محتوای فنل کل (۳۷۵ mg GAE/g Dw) و فلاوونوئید کل (۴۹۲/۸۸mg QE/g Dw)، از فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل‌توجهی (DPPH معادل ۱۹/۰۱µg/ml) برخوردار بود. این یافته‌ها مؤید گزارش‌های قبلی است که ترکیبات زیست‌فعال موجود در این گیاه، به‌ویژه فلاونوئیدها و پلی‌فنول‌ها، در جلوگیری از استرس اکسیداتیو مؤثر هستند. بر این اساس، می‌توان فلفل گینه‌ای را به‌عنوان یک منبع گیاهی بالقوه در توسعه فرآورده‌های دارویی یا مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی در نظر گرفت.

در مقابل، اگرچه پاپایا دارای مقادیر پایین‌تری از (۳۰/۳۲ TPC mg GAE/g Dw)بود، اما با داشتن مقدار بالای فلاوونوئیدها (۵۹/۵۴ mg QE/g Dw)و بالاترین توان مهار رادیکال (۱/۰۰ DPPH µg/ml)، عملکرد بسیار مطلوبی در مهار رادیکال‌های آزاد نشان داد. این امر نشان می‌دهد که مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی پاپایا ممکن است مستقل از میزان کل فنول‌ها، و متأثر از ترکیبات خاص یا ساختارهای زیست‌فعال معین باشد. پژوهش‌های پیشین نیز به خواص آنتی‌اکسیدانی و درمانی پاپایا در طب سنتی و تغذیه‌ای اشاره داشته‌اند (Rivera-Pastrana et al., 2010; Bose et al., 2023).

در مورد لوبیای مخملی، اگرچه میزان TPC آن (۴۴/۴۶ mgGAE/g Dw) نسبت به پاپایا بیشتر بود، اما به‌دلیل TFC پایین (۲/۲۵ mgQE/g Dw)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کمتری نسبت به سایر گونه‌ها (معادل۹۸/۷۰ µg/ml)از خود

نشان داد. این موضوع نشان می‌دهد که ترکیبات فلاونوئیدی در کنار فنول‌ها، نقش مهم‌تری در خاصیت آنتی‌اکسیدانی این گیاه دارند. با این حال، گزارش‌های متعدد بر توان بالای این گیاه در درمان بیماری‌های التهابی و دیابت تأکید کرده‌اند (Muthu et al., 2010)، که بیانگر وجود سایر مکانیسم‌های درمانی در ترکیبات آن است.

به‌طور کلی، یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که تفاوت در میزان و نوع ترکیبات فنولیک و فلاونوئیدی، می‌تواند به شکل معناداری بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان تأثیر بگذارد. همچنین، به‌کارگیری حلال آبی برای استخراج، بر نوع ترکیبات استخراج‌شده مؤثر بوده و ممکن است بر نتایج نهایی نقش داشته باشد. بررسی‌های آینده با استفاده از روش‌های کروماتوگرافی و طیف‌سنجی برای شناسایی ترکیبات مؤثر خاص در این گونه‌ها می‌تواند به درک دقیق‌تر مکانیسم‌های بیوشیمیایی آن‌ها کمک کند.

منابع

Badillo, V. M., Van den Eynden, V., & Van Damme, P. (2000). *Carica palanden* (Caricaceae), a new species from Ecuador. *Novon, 10(1)*, 4-6.

Bose, T., Spies, C. F. J., Hammerbacher, A., et al. (2023). Phytophthora: an underestimated threat to agriculture, forestry, and natural ecosystems in sub-Saharan Africa. *Mycological Progress, 22*, 78.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. and Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology, 28(1)*, 25-30.

Bravo, L., Siddhuraju, P., & Saura-Calixto, F. (1998). Effect of various processing methods on the in vitro starch digestibility and resistant starch content of Indian pulses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46*, 4667-4674.

Carvalho, F. A., & Renner, S. S. (2012). A dated phylogeny of the *papaya* family (Caricaceae) reveals the crop's closest relatives and the family's biogeographic history. *Molecular Phylogenetics and Evolution, 65(1)*, 46-53.

Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M. and Chern, J.C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis, 10*,178-182.

Gurumoorthi, P., Pugalenthi, M., & Janardhanan, K. (2003). Nutritional potential of five accessions of a south Indian tribal pulse *Mucuna pruriens* var. utilis; II. Investigation on total free phenolics, tannins, trypsin and chymotrypsin inhibitors, phytohaemagglutinins, and in vitro protein digestibility. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 1, 153-158.

Janardhanan, K., Gurumoorthi, P., & Pugalenthi, M. (2003). Nutritional potential of five accessions of a South Indian tribal pulse, *Mucuna pruriens* var. utilis. Part I. The effect of processing methods on the contents of L-Dopa, phytic acid, and oligosaccharides. *Journal of Tropical and Subtropical Agro-ecosystems, 1*, 141-152.

Oki, T., Masuda, M., Kobayashi, M., Nishiba, Y., Furuta, S., Suda, I. and Sato, T. (2002). Polymeric procyanidins as radical-scavenging components in red-hulled rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(26)*, 7524-7529.

Pugalenthi, M., Vadivel, V., & Siddhuraju, P. (2005). Alternative food/feed perspectives of an underutilized legume *Mucuna pruriens* var. utilis—A review. *Plant Foods for Human Nutrition, 60*, 201-218.

Rivera-Pastrana, D. M., Yahia, E. M., & González-Aguilar, G. A. (2010). Phenolic and carotenoid profiles of papaya fruit (*Carica papaya* L.) and their contents under low temperature storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 90(14)*, 2358-2365.

Umukoro, S., & Ashorobi, R. B. (2007). Further studies on the antinociceptive action of aqueous seed extract of Aframomum melegueta. *Journal of Ethnopharmacology, 109(3)*, 501-504.

Investigation of phenolic, flavonoid content, and antioxidant activity of three medicinal plant species: *Mucuna pruriens, Xylopia aethiopica, and Carica papaya*

Qahreman Bajuzadeh[1*], Mahdi Jamei[2]
1. Department of Biology, Faculty of Science, Urmia University, Iran
2. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran
[*]*Corresponding Author: qhrmanbajwzadh@gmail.com*

Abstract

The use of medicinal plants has gained increasing attention in recent years due to their potential therapeutic benefits and reduced incidence of adverse effects compared to synthetic drugs. These plants are rich in antioxidant compounds, which play a crucial role in protecting against oxidative stress. This study aimed to evaluate the phenolic and flavonoid content, as well as the antioxidant activity, of three plant species: *Mucuna pruriens*, *Xylopia aethiopica*, and *Carica papaya*. Aqueous extracts were prepared from the seeds of each plant, and the total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), and antioxidant activity (DPPH assay) were determined. *M. pruriens* exhibited a TPC of 46.44 mg GAE/g Dw, a TFC of 2.25 mg QE/g Dw, and antioxidant activity of 98.70 µg/ml. *C. papaya* presented a TPC of 30.32 mg GAE/g Dw, a TFC of 59.54 mg QE/g Dw, and antioxidant activity of 1.00 µg/ml. *X. aethiopica* demonstrated the highest levels of TPC (375 mg GAE/g Dw), TFC (492.88 mg QE/g Dw), and antioxidant activity (19.01 µg/ml). These results indicate that *X. aethiopica* possesses the strongest antioxidant potential among the three species. These plants hold promise for applications in the pharmaceutical and food industries to combat oxidative stress-related diseases. Further research is warranted to elucidate their precise mechanisms of action.

Keywords: Antioxidant, DPPH, Medicinal Plants, TFC, TPC

نقش هارمین، آلکالوئید گیاهان دارویی، در مهار DNMT3A و بازفعال‌سازی ژن‌های سرکوبگر تومور: مطالعه داکینگ مولکولی

آرمان نامداری میرآقایی*[۱]، مهدی ایمانی[۱]، صفا فرهمند آذر[۲]
۱- گروه علوم پایه دانشکده دامپزشکی دانشگاه ارومیه، ایران
۲- گروه میکروبیولوژی دانشکده دامپزشکی دانشگاه ارومیه، ایران
*نویسنده مسئول: armannamdari2000@gmail.com

چکیده

در سال‌های اخیر، ترکیبات زیست‌فعال مشتق از گیاهان دارویی به عنوان منابع ارزشمند در درمان سرطان و هدف قرار دادن مسیرهای اپی‌ژنتیک مورد توجه قرار گرفته‌اند. اپی‌ژنتیک شامل تغییرات برگشت‌پذیر در بیان ژن‌ها بدون تغییر در توالی DNA است که نقش مهمی در تنظیم بیان ژن و بروز سرطان دارد. یکی از مکانیسم‌های اصلی اپی‌ژنتیک، متیلاسیون DNA است که توسط آنزیم DNA متیل‌ترانسفراز ۳ آ انجام می‌شود. در این مطالعه، با استفاده از روش داکینگ مولکولی، تعامل لیگاند هارمین، یک آلکالوئید طبیعی، با آنزیم DNA متیل‌ترانسفراز ۳ آ بررسی شد. نتایج نشان داد که هارمین با انرژی آزاد پیوند -۶٫۶۴ کیلوکالری بر مول به جایگاه فعال DNA متیل‌ترانسفراز ۳ آ متصل شده و از طریق برهم‌کنش‌های هیدروژنی، واندروالس، آروماتیک و هیدروفوبیک اتصال پایدار و مؤثری ایجاد می‌کند. این یافته‌ها حاکی از پتانسیل هارمین به عنوان مهارکننده طبیعی DNMT3A و کاربرد آن در توسعه درمان‌های اپی‌ژنتیک سرطان است. همچنین اهمیت استفاده از شبیه‌سازی‌های مولکولی در طراحی داروهای هدفمند تأکید شده است.

واژه‌های کلیدی: DNA متیل ترانسفراز ۳ آ، هارمین، متیلاسیون DNA، داکینگ مولکولی

مقدمه

در سال‌های اخیر، ترکیبات زیست‌فعال مشتق از گیاهان دارویی به عنوان منابع ارزشمند برای درمان سرطان و هدف قرار دادن مسیرهای اپی‌ژنتیک، توجه فزاینده‌ای را به خود جلب کرده‌اند. اپی‌ژنتیک به مجموعه‌ای از تغییرات برگشت‌پذیر در بیان ژن‌ها بدون تغییر در توالی DNA اشاره دارد که شامل متیلاسیون DNA، اصلاحات هیستونی و تنظیم microRNAها می‌شود. این تغییرات نقش حیاتی در تنظیم بیان ژن، تمایز سلولی و حفظ پایداری ژنومی دارند و اختلال در آن‌ها می‌تواند منجر به بروز بیماری‌هایی مانند سرطان گردد. یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های اپی‌ژنتیک، متیلاسیون DNA است که توسط آنزیم‌هایی مانند DNA متیل‌ترانسفراز ۳ آ (DNMT3A[۱]) انجام می‌شود. افزایش یا

1. DNA methyltransferase 3 alpha

کاهش غیرطبیعی متیلاسیون DNA، به ویژه در نواحی پروموتور ژن‌های سرکوبگر تومور، می‌تواند منجر به خاموشی این ژن‌ها و تسهیل رشد و تهاجم سلول‌های سرطانی شود (Khan et al., 2024; Zwergel et al., 2016) مطالعات اخیر نشان داده‌اند که برخی ترکیبات گیاهی از جمله هارمین، کورکومین، کوئرستین و EGCG قادر به مهار فعالیت DNMTها و بازفعال‌سازی ژن‌های سرکوبگر تومور هستند و پتانسیل بالایی برای توسعه درمان‌های اپی‌ژنتیک دارند. به طور خاص، هارمین، آلکالوئیدی طبیعی موجود در گیاهانی مانند *Peganum harmala*، اخیراً به عنوان مهارکننده مؤثر DNMT3A و DNMT3B[1] معرفی شده است. این ترکیب می‌تواند با مسدود کردن محل اتصال S- آدنوزیل‌متیونین (SAM[2]) در جایگاه فعال این آنزیم‌ها، متیلاسیون غیرطبیعی DNA را کاهش داده و بیان ژن‌های سرکوبگر تومور را افزایش دهد. علاوه بر این، مطالعات شبیه‌سازی مولکولی و داکینگ مولکولی نقش مهمی در شناسایی نحوه اتصال این ترکیبات به آنزیم‌های هدف و درک بهتر مکانیزم مهار آن‌ها ایفا کرده‌اند (Cho et al., 2023). این یافته‌ها اهمیت استفاده از ترکیبات طبیعی و گیاهان دارویی را در توسعه درمان‌های نوین سرطان مبتنی بر هدف قرار دادن تغییرات اپی‌ژنتیک برجسته می‌کند و از آنجایی که داکینگ مولکولی روشی دقیق و کم هزینه برای مطالعه میان‌کنش لیگاند و پروتئین است نشان می‌دهد که رویکردهای مبتنی بر شبیه‌سازی مولکولی می‌توانند مسیرهای جدیدی برای طراحی داروهای هدفمند و مؤثر در درمان سرطان فراهم آورند.

مواد و روش‌ها

برای تهیه فایل مولکول هارمین به عنوان لیگاند، از پایگاه داده PubChem استفاده شد و لیگاند با کد شناسایی ۵۲۸۰۹۵۳ به عنوان بهترین گزینه برای داکینگ مولکولی بر اساس مطالعات پیشین انتخاب گردید. پس از دانلود، به کمک نرم‌افزار Chimera نسخه ۱,۱۷,۲، بهینه‌سازی انرژی لیگاند انجام شد تا ساختار آن به حالت حداقل انرژی برسد. برای انتخاب آنزیم مناسب جهت داکینگ، فایل‌هایی با ساختار پروتئینی کامل و رزولوشن بالا مورد بررسی قرار گرفتند. آنزیم DNA متیل‌ترانسفراز ۳A (DNMT3A) با کد شناسایی YX2۵ از پایگاه داده PDB به عنوان بهترین ساختار انتخاب و پس از دریافت، به وسیله نرم‌افزار Chimera بهینه‌سازی انرژی شد. محل تقریبی سایت اتصال برای داکینگ با مطالعه مقالات مرتبط تعیین گردید و تنظیمات مربوط به محل داکینگ توسط نرم‌افزار AutoDockTools نسخه ۱,۵,۷ انجام شد. فرآیند داکینگ مولکولی با استفاده از نرم‌افزار AutoDock4 در محیط Cygwin64 Terminal اجرا شد و در نهایت نتایج به کمک نرم‌افزار Discovery Studio 2024 Client تحلیل و ارزیابی شدند.

نتایج و بحث

پس از بررسی نتایج حاصل از داکینگ مولکولی اسیدآمینه‌های مهم در جایگاه فعال آنزیم که در واکنش شرکت داشته‌اند مشخص شدند و نحوه‌ی برهمکنش آنها با آنزیم بررسی شد (جدول ۱).

1. DNA methyltransferase 3 beta
2. S-Adenosyl methionine

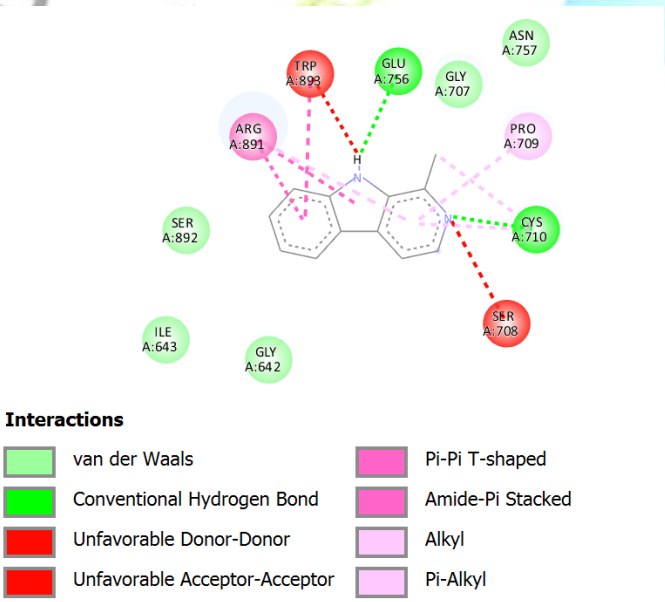
جدول ۱. نحوه‌ی برهمکنش اسیدآمینه‌های درگیر در پیوند میان لیگاند هارمین و آنزیم DNMT3A

نوع برهمکنش	اسیدآمینه‌ی درگیر	توضیحات
پیوند هیدروژنی	GLU:756, CYS710	پیوندهای هیدروژنی بین لیگاند و اسیدآمینه‌ها از مهم‌ترین عوامل اختصاصیت اتصال هستند. این پیوندها باعث می‌شوند لیگاند در موقعیت دقیق و مناسب قرار گیرد و انرژی اتصال را کاهش دهند. گلوتامات و سیستئین با گروه‌های قطبی خود می‌توانند به صورت دهنده یا گیرنده پیوند هیدروژنی عمل کنند که این امر به پایداری و اختصاصیت لیگاند کمک می‌کند.
برهمکنش واندروالس	GLY:707, SER:892, ILE:643 ,GLY:642	این برهم‌کنش‌ها ناشی از نیروهای ضعیف الکترواستاتیکی بین اتم‌های لیگاند و اسیدآمینه‌های اطراف هستند. این نیروها به رغم ضعیف بودن، در مجموع نقش مهمی در تثبیت ساختار کمپلکس دارند و باعث می‌شوند لیگاند به طور محکم در سایت اتصال قرار گیرد. حضور چندین برهم‌کنش واندروالس در نقاط مختلف نشان‌دهنده تماس گسترده لیگاند با سطح پروتئین است که به پایداری کلی کمک می‌کند.
برهمکنش پی - پی	TRP:893	این نوع برهم‌کنش بین حلقه آروماتیک لیگاند و حلقه آروماتیک یا گروه‌های دارای بار مثبت آرژنین شکل می‌گیرد. ساختار T شکل به این معناست که حلقه‌ها به صورت عمود بر هم قرار گرفته‌اند. این برهم‌کنش‌ها به افزایش اختصاصیت اتصال کمک می‌کنند و می‌توانند بر خواص الکترونیکی لیگاند اثر بگذارند.
برهمکنش آلکیل	PRO:709	برهم‌کنش هیدروفوبیک بین زنجیره جانبی حلقوی و غیرقطبی پرولین ۷۰۹ و بخش‌های غیرقطبی لیگاند. این تماس باعث تثبیت لیگاند در سایت اتصال و افزایش پایداری کمپلکس می‌شود. برهم‌کنش آلکیل به دلیل ماهیت هیدروفوبیک خود، لیگاند را در محیط غیرقطبی نگه می‌دارد و از نفوذ آب جلوگیری می‌کند.
برهمکنش پی _ آلکیل	ARG:891	برهم‌کنش‌های Pi-Alkyl بین حلقه‌های آروماتیک لیگاند و زنجیره‌های جانبی آلکیل اسیدآمینه‌ها شکل می‌گیرد. این برهم‌کنش‌ها به تثبیت لیگاند در سایت اتصال کمک می‌کنند و اغلب در تثبیت ساختار لیگاند-پروتئین نقش دارند. حضور این برهم‌کنش‌ها نشان می‌دهد لیگاند در تماس نزدیک با بخش‌های هیدروفوبیک پروتئین است.
برهمکنش نامطلوب Donor- Donor	TRP:893	این برهم‌کنش نامطلوب زمانی رخ می‌دهد که دو گروه دهنده پروتون (مانند گروه‌های هیدروکسیل یا آمینی) به هم نزدیک می‌شوند و نمی‌توانند پیوند هیدروژنی مناسبی برقرار کنند. این حالت ممکن است باعث ایجاد تنش در ساختار و کاهش پایداری کمپلکس شود و به عنوان یک نقطه ضعف در اتصال لیگاند به پروتئین مطرح گردد.
برهمکنش نامطلوب Acceptor- Acceptor	SER:708	در این حالت دو گروه گیرنده پروتون به هم نزدیک می‌شوند. این نوع برهم‌کنش نیز مشابه دونور-دونور، می‌تواند باعث کاهش پایداری اتصال شود.

مطالعات داکینگ مولکولی نشان داد که هارمین با انرژی آزاد پیوند -۶٫۶۴ کیلوکالری بر مول به DNMT3A متصل می‌شود که بیانگر اتصال پایدار و خودبه‌خودی این لیگاند به جایگاه فعال آنزیم است نحوه‌ی اتصال این لیگاند با آنزیم به صورت سه بعدی نمایش داده شد (شکل ۱).

شکل ۱. اتصال هارمین به آنزیم DNMT3A و اسیدآمنیه‌های درگیر در جایگاه فعال که به رنگ زرد درآمده‌اند توسط نرم‌افزار Discovery Studio 2024 Client نمایش داده شده است

این مقدار انرژی آزاد در محدوده‌ای است که نشان‌دهنده مهار مؤثر آنزیم توسط لیگاندهای زیستی می‌باشد و نشان می‌دهد هارمین توانایی اشغال محفظه اتصال (SAM) را دارد. تحلیل دقیق برهم‌کنش‌های مولکولی نشان داد که هارمین از طریق پیوندهای هیدروژنی قوی با اسیدآمینه‌های کلیدی GLU756 و CYS710، برهم‌کنش‌های واندروالس با اسیدآمینه‌هایی مانند GLY707 و SER892، و همچنین برهم‌کنش‌های آروماتیک Pi-Pi با TRP893 به صورت چندوجهی به DNMT3A متصل می‌شود. این تنوع برهم‌کنش‌ها موجب افزایش پایداری کمپلکس هارمین DNMT3A و مهار مؤثر فعالیت آنزیم می‌گردد. علاوه بر این، وجود برهم‌کنش‌های آلکیل و Pi-Alkyl با بقایای پروتئینی مانند PRO709 و ARG891، نقش مهمی در تثبیت اتصال ایفا می‌کند. هرچند برخی برهم‌کنش‌های نامطلوب نیز مشاهده شده، اما تأثیر کلی آن‌ها بر پایداری اتصال کم‌رنگ است و برهم‌کنش‌های پایدارکننده غالب هستند (شکل ۲) (جدول ۱).



شکل ۲. نحوه‌ی اتصال هارمین به آنزیم DNMT3A و اسیدآمینه‌های درگیر در واکنش توسط نرم‌افزار Discovery Studio 2024 Client نمایش داده شده است.

در این مطالعه، با استفاده از روش داکینگ مولکولی، تعامل بین هارمین به عنوان یک لیگاند طبیعی و آنزیم DNA متیل‌ترانسفراز A۳ (DNMT3A) به‌عنوان یکی از کلیدی‌ترین عوامل اپی‌ژنتیکی در متیلاسیون DNA بررسی شد. نتایج به دست آمده نشان داد که هارمین با انرژی آزاد پیوند قابل توجهی (۶,۶۴- کیلوکالری بر مول) به جایگاه فعال DNMT3A متصل می‌شود و از طریق برهم‌کنش‌های چندوجهی شامل پیوندهای هیدروژنی قوی، برهم‌کنش‌های واندروالس، آروماتیک و هیدروفوبیک، اتصال پایدار و مؤثری ایجاد می‌کند. این یافته‌ها تأیید می‌کنند که هارمین می‌تواند به عنوان مهارکننده طبیعی DNMT3A عمل کرده و با مسدودسازی محل اتصال کوفاکتور S- آدنوزیل‌متیونین (SAM)، فعالیت متیلاسیون DNA را کاهش دهد. مطالعات پیشین نیز نشان داده‌اند که ترکیبات گیاهی مانند کورکومین، کوئرستین و EGCG توانایی مهار DNMTها و بازفعال‌سازی ژن‌های سرکوبگر تومور را دارند. یافته‌های ما در راستای این مطالعات قرار داشته و اهمیت استفاده از آلکالوئیدهای طبیعی مانند هارمین را در توسعه درمان‌های اپی‌ژنتیک نوید می‌دهد. علاوه بر این، نتایج داکینگ مولکولی ارائه شده، با مطالعات شبیه‌سازی مولکولی پیشین همخوانی دارد که نقش حیاتی این روش‌ها را در شناسایی و بهینه‌سازی داروهای هدفمند برجسته می‌سازد. با توجه به اهمیت اپی‌ژنتیک در تنظیم بیان ژن و نقش حیاتی DNMT3A در پیشرفت سرطان، مهار این آنزیم می‌تواند راهکاری مؤثر در درمان‌های نوین سرطان باشد. هارمین با توجه به اتصال پایدار و چندوجهی به جایگاه فعال DNMT3A، پتانسیل بالایی برای توسعه به عنوان یک داروی اپی‌ژنتیک طبیعی دارد. با این حال، برای تأیید اثرات بیولوژیکی این ترکیب، مطالعات تجربی و آزمایشگاهی بیشتری نیاز است تا کارایی و ایمنی آن در مدل‌های سلولی و حیوانی بررسی شود. در نهایت، این مطالعه اهمیت ترکیب روش‌های شبیه‌سازی مولکولی و داده‌های زیست‌فعال ترکیبات طبیعی را در طراحی داروهای هدفمند اپی‌ژنتیک تأکید می‌کند و مسیر مناسبی برای تحقیقات آینده در زمینه درمان‌های مبتنی بر مهار DNMTها فراهم می‌آورد. استفاده همزمان از روش‌های محاسباتی و تجربی می‌تواند به تسریع روند کشف داروهای جدید و بهبود اثربخشی درمان‌های سرطان کمک شایانی نماید.

منابع

Cho, C.-C., Lin, C.-J., Huang, H.-H., Yang, W.-Z., Fei, C.-Y., Lin, H.-Y., Lee, M.-S., & Yuan, H. S. (2023). Mechanistic insights into harmine-mediated inhibition of human DNA methyltransferases and prostate cancer cell growth. *ACS Chemical Biology*, *18*(6), 1335-1350.

Khan, A., Khan, A., Khan, M. A., Malik, Z., Massey, S., Parveen, R., Mustafa, S., Shamsi, A., & Husain, S. A. (2024). Phytocompounds targeting epigenetic modulations: an assessment in cancer. *Frontiers in Pharmacology*, *14*, 1273993.

Zwergel, C., Valente, S., & Mai, A. (2016). DNA methyltransferases inhibitors from natural sources. *Current topics in medicinal chemistry*, *16*(7), 680-696.

The role of harmine, a medicinal plant alkaloid, in the ability of DNMT3A to reactivate tumor suppressor genes: a molecular docking study

Arman Namdari Miraaghaie[1]*, Mehdi Imani[1],
Safa Farahmand-Azar[2]
1. Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Iran
2. Department of Microbiology, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Iran
*Corresponding Author: armannamdari2000@gmail.com

Abstract

In recent years, bioactive compounds derived from medicinal plants have gained significant attention as valuable resources for cancer treatment targeting epigenetic pathways. Epigenetics refers to reversible changes in gene expression without alterations in DNA sequence, playing a crucial role in gene regulation and cancer development. DNA methylation, catalyzed by DNA methyltransferase 3A (DNMT3A), is a key epigenetic mechanism. This study employed molecular docking to investigate the interaction between harmine, a natural alkaloid, and DNMT3A enzyme. Results demonstrated that harmine binds to the active site of DNMT3A with a binding free energy of -6.64 kcal/mol, forming stable interactions through hydrogen bonds, van der Waals forces, aromatic pi-pi stacking, and hydrophobic contacts. These findings suggest harmine's potential as a natural DNMT3A inhibitor with applications in epigenetic cancer therapies. The study also highlights the importance of molecular simulations in the rational design of targeted anticancer drugs.

Keywords: DNA methyltransferase 3A (DNMT3A), Harmine, DNA methylation, Molecular docking

نقش اپیگالوکاتچین چای سبز در مهار آنزیم دی هیدروفولات ردوکتاز: مطالعه محاسباتی داکینگ مولکولی برای توسعه داروهای گیاهی

آرمان نامداری میرآقایی*[1]، مهدی ایمانی[1]، صفا فرهمند آذر[2]

۱- گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه ارومیه، ایران

۲- گروه میکروبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه ارومیه، ایران

*نویسنده مسئول: armannamdari2000@gmail.com

چکیده

اپی‌گالوکاتچین گالات، فراوان‌ترین پلی‌فنول چای سبز، با مهار آنزیم دی هیدروفولات ردوکتاز آنزیم کلیدی در سنتز فولات و - DNA/RNA اثرات ضدمیکروبی نشان می‌دهد. دی هیدروفولات ردوکتاز در باکتری‌ها به دلیل عدم توانایی جذب فولات از محیط، هدفی ایده‌آل برای داروهای ضدباکتری است. این مطالعه با هدف شناسایی مکانیسم‌های اتصال اپی‌گالوکاتچین گالات به دی هیدروفولات ردوکتاز و مقایسه آن با اتصال طبیعی فولات انجام شد. با استخراج ساختار اپی‌گالوکاتچین گالات از سایت pubchem.com و استخراج فایل پروتئین از سایت PDB، با استفاده از نرم‌افزارهای داکینگ مولکولی عملیات داکینگ صورت گرفت و نتایج در سرور PLIP بررسی شدند و سپس مورد بررسی قرار گرفتند. با بررسی داده‌ها این نتیجه بدست آمد که اپی‌گالوکاتچین گالات با استفاده از پیوندهایی نظیر پیوند هیدروژنی و برهمکنش پی، دو مکانیسم مجزا برای مهار دی هیدروفولات پیشنهاد می‌دهد، مسدود سازی جایگاه فعال و اختلال ساختاری، که می‌توانند پایه‌ای برای طراحی داروهای ضدمیکروبی با اثر هم‌افزایی باشند.

واژه‌های کلیدی: دی هیدروفولات ردوکتاز، اپیگالوکاتچین گالات، داکینگ مولکولی، فعالیت ضدباکتریایی

مقدمه

اپی‌گالوکاتچین گالات (EGCG[1]) فراوان‌ترین و از نظر بیولوژیکی فعال‌ترین پلی‌فنول موجود در چای سبز (*Camellia sinensis*) است که به زیرگروه کاتچین‌ها از فلاونوئیدها تعلق دارد، این ماده ۵۰ تا ۸۰ درصد از کل کاتچین‌های موجود در چای سبز را تشکیل می‌دهد و غلظت معمول آن ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم در هر فنجان دم‌کرده است (Khan & Mukhtar, 2018). EGCG طیف گسترده‌ای از خواص دارویی را نشان می‌دهد از جمله ضدمیکروبی (Steinmann et al., 2013) می‌باشد. EGCG آنزیم‌های باکتریایی حیاتی را هدف قرار می‌دهد، به عنوان مثال با مهار دی هیدروفولات ردوکتاز (DHFR[2]) متابولیسم فولات را مسدود می‌کند و سنتز DNA/RNA را مهار می‌کند (Navarro-Martínez et al., 2005). دی هیدروفولات ردوکتاز (DHFR) یک آنزیم حیاتی در مسیر بیوسنتز فولات است که برای سنتز DNA، متابولیسم اسید آمینه و تکثیر سلولی ضروری است. این آنزیم با استفاده از NADPH به عنوان کوفاکتور، کاهش دی‌هیدروفولات (DHF) به تتراهیدروفولات (THF) را کاتالیز می‌کند. THF یک کوآنزیم حیاتی مورد نیاز برای این موارد است، سنتز پورین و پیریمیدین (واحدهای سازنده DNA/RNA) و متابولیسم متیونین

1. Epigallocatechin gallat
2. Dihydrofolate reductase

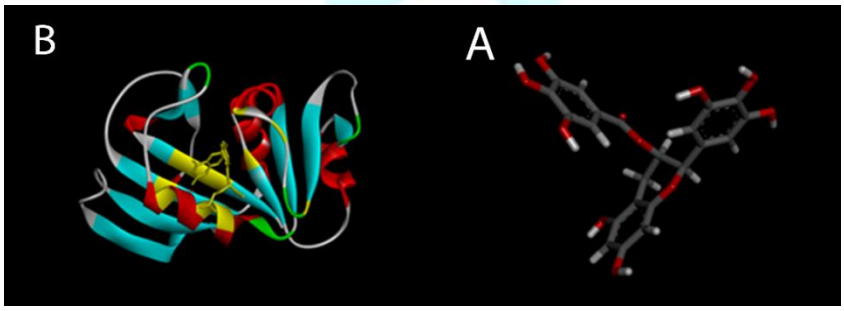
و سرین، از آنجایی که باکتری‌ها نمی‌توانند فولات را از محیط جذب کنند (برخلاف پستانداران)، آنها به سنتز فولات به صورت de novo متکی هستند و همین امر DHFR را به یک هدف اصلی داروهای ضدباکتری تبدیل می‌کند (Bermingham & Derrick, 2002). داکینگ مولکولی یک تکنیک محاسباتی است که برای پیش‌بینی جهت‌گیری ترجیحی و تمایل اتصال یک مولکول کوچک (لیگاند) به یک پروتئین هدف استفاده می‌شود و درک تعاملات مولکولی را تسهیل کرده و به طراحی دارو کمک می‌کند. محل اتصال EGCG در نزدیکی محل اتصال NADPH متصل می‌شود و اتصال کوفاکتور را مختل می‌کند (Navarro-Martínez et al., 2005). در این تحقیق هدف بررسی اتصالات EGCG با آنزیم DHFR و انتخاب جایگاه مناسب برای اتصال به آن با کمک روش‌های داکینگ مولکولی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

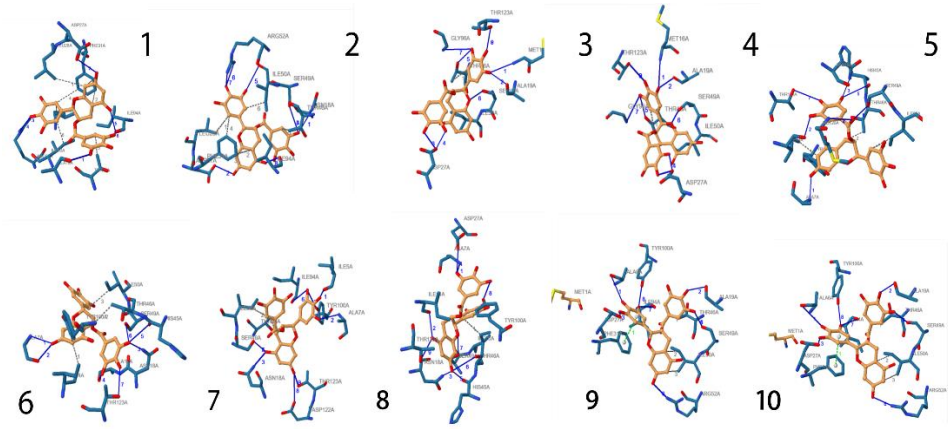
برای انجام داکینگ ساختار EGCG با کد 65064 از pubchem.com دانلود شد سپس توسط نرم‌افزار Chimera 1.17.2 انرژی ساختار را به حداقل رسید. سپس آنزیم مناسب از سایت PDB پیدا شد. آنزیم مورد نظر دارای رزولوشن مناسب و رشته‌های کامل می‌باشد. به این منظور ساختاری با کد 1RX2 انتخاب شد که مجموعه‌ای از آنزیم و چند لیگاند (که یکی از آنها فولات می‌باشد) است. با استفاده از نرم‌افزار Discovery Studio 2024 Client ساختار بررسی شد و محل دقیق میان‌کنش میان فولات و آنزیم DHFR مشخص شد سپس آمینواسیدهای درگیر را تعیین شدند. توسط نرم‌افزار Chimera 1.17.2 مولکول‌های آب و لیگاندهای متصل به آنزیم حذف شدند و قسمت‌های ناقص رشته را کامل شدند. در مرحله‌ی بعد انرژی ساختار آنزیم به حداقل رسید. به واسطه‌ی نرم‌افزار Chimera 1.17.2 با استفاده از Autodock vina لیگاند و رسپتور انتخاب شد و محل واکنش مشخص شد، سپس داکینگ با توجه به اطلاعات داده شده انجام گرفت. در انتها نتایج بدست آمده توسط سرور https://plip-tool.biotec.tu-dresden.de/plip-web/plip/index مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

داکینگ مولکولی یک ابزار محاسباتی حیاتی در زیست‌شناسی مولکولی است که پیش‌بینی می‌کند چگونه یک لیگاند (مثلاً یک کاندید دارویی یا یک ماده مغذی) با یک پروتئین یا سایر ماکرومولکول‌ها برهمکنش می‌کند. با شبیه‌سازی جهت‌گیری‌های اتصال، صورت‌بندی‌ها و تمایلات، بینش‌هایی در مورد تشخیص مولکولی، طراحی دارو و مکانیسم‌های بیولوژیکی ارائه می‌دهد. حاصل عملیات داکینگ مولکولی انجام شده میان EGCG و آنزیم DHFR (شکل۱) تعداد ۱۰ اتصال (شکل۲) مختلف بود که در نوع اتصالات با یکدیگر متفاوت می‌باشند.

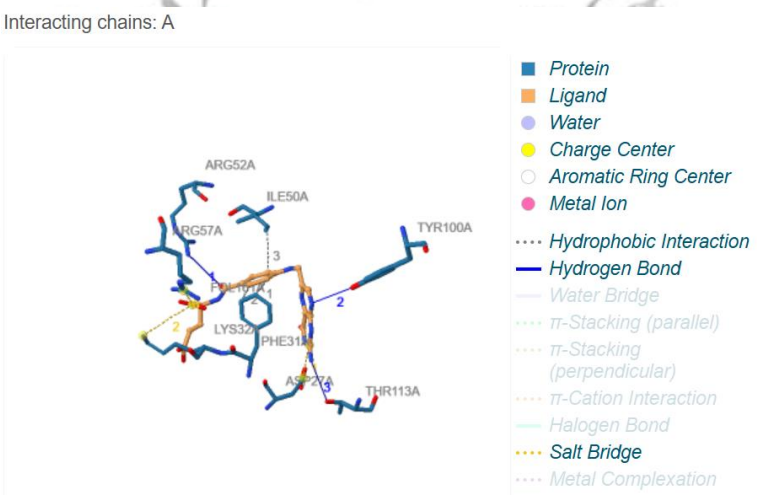


شکل ۱. تصویر A، EGCG گرفته شده از سایت pubchem.com، تصویر B نمایی سه بعدی از آنزیم DHFR که جایگاه فعال آن و لیگاند فولات با استفاده از نرم‌افزار Discovery Studio 2024 Client به رنگ زرد مشخص شده است.



شکل ۲. ۱۰ نمونه‌ی داکینگ مولکولی میان مولکول EGCG و آنزیم DHFR تهیه شده از سرور protein ligand interaction profiler

با بررسی نوع اتصال فولات به آنزیم DHFR (شکل۳) شباهت انواع برهمکنش‌ها را با برهمکنش‌های EGCG به آنزیم مقایسه کردیم.



شکل ۳. نحوه‌ی اتصال فولات به آنزیم DHFR تهیه شده از سرور protein ligand interaction profiler

براساس بررسی داکینگ‌های مولکولی انجام شده، و مقایسه‌ی میان‌کنش‌های بین EGCG و آنزیم DHFR مشخص شد که اتصال‌های ۱ و ۲ دارای چندین برهمکنش هیدروفوبیک که ۴ برهمکنش از آن با اسیدآمینه‌های درگیر در جایگاه فعال آنزیم می‌باشد (جدول۱) (شکل۲ و ۳)، علاوه بر آن اتصال‌های ۱ و ۲ دارای ۵ پیوند هیدروژنی با اسیدآمینه‌های جایگاه فعال (جدول۲) می‌باشند. اتصال‌های ۹ و ۱۰ علاوه بر برهمکنش‌های جزئی هیدروفوبیک (جدول۱) و پیوند هیدروژنی (جدول ۲) دارای برهمکنشی به نام π-stacking می‌باشند که برهمکنشی غیرکوالانسی بین پیوندهای π حلقه‌های آروماتیک آمینواسیدها است. برهمکنش‌های π-stacking می‌توانند به افزایش میل ترکیبی لیگاند به پروتئین کمک کنند، زیرا این نوع برهمکنش در ساختارهای پروتئینی و به ویژه در ناحیه‌های آروماتیک جایگاه فعال بسیار رایج است، این برهمکنش‌ها به تثبیت اتصال مولکول دارویی به آنزیم کمک می‌کنند و ممکن است منجر به افزایش طول عمر و اثربخشی دارو شوند.

جدول ۱. برهمکنش‌های هیدروفوبیک در اتصال EGCG به آنزیم DHFR

اسیدآمینه	اتصال ۱	اتصال ۲	اتصال ۹	اتصال ۱۰
Phe31	۳ برهمکنش هیدروفوبیک	۳ برهمکنش هیدروفوبیک	–	–
Ile50	۱ برهمکنش هیدروفوبیک	۱ برهمکنش هیدروفوبیک	۲ برهمکنش هیدروفوبیک	۲ برهمکنش هیدروفوبیک

جدول ۲. پیوندهای هیدروژنی میان EGCG و اسیدآمینه‌های آنزیم DHFR

اسیدآمینه	اتصال ۱	اتصال ۲	اتصال ۹	اتصال ۱۰
Asp27	۱ پیوند هیدروژنی	۱ پیوند هیدروژنی	۱ پیوند هیدروژنی	**۱ پیوند هیدروژنی**
Ile 50	–	۱ پیوند هیدروژنی	–	–
Arg52	۲ پیوند هیدروژنی	۲ پیوند هیدروژنی	۱ پیوند هیدروژنی	**۱ پیوند هیدروژنی**
Ile 94	۲ پیوند هیدروژنی	۱ پیوند هیدروژنی	۱ پیوند هیدروژنی	**۱ پیوند هیدروژنی**

این داده‌ها نشان می‌دهد اتصال‌های ۱ و ۲ با مکانیسمی مشابه EGCG عمل می‌کنند که با ایجاد پیوندهای هیدروژنی و برهمکنش‌های هیدروفوبیک جایگاه فولات را مسدود می‌کنند. از سوی دیگر، اتصال‌های ۹ و ۱۰ با تقلید از ساختار فولات و ایجاد پیوند π، ممکن است به عنوان آنالوگ‌های ساختاری عمل کنند که اتصال طبیعی سوبسترا را مختل می‌سازند. این یافته‌ها حاکی از وجود دو استراتژی مجزا برای مهار آنزیم DHFR است که می‌تواند پایه‌ای برای توسعه داروهای ضدمیکروبی با مکانیسم‌های عمل مکمل باشند. علاوه بر آن میتوان با تغییر در ساختار EGCG پیوند آن را به آنزیم DHFR محکم‌تر کرده و اثر مهاری آن را تقویت کرد. با بررسی انرژی پیوند اتصال‌های موجود اتصال شماره‌ی ۱۰ با انرژی آزاد پیوندی معادل ۱۱,۱۳- kcal/mol به عنوان بهترین اتصال انتخاب شد.

منابع

Bermingham, A., & Derrick, J. P. (2002). The folic acid biosynthesis pathway in bacteria: evaluation of potential for antibacterial drug discovery. *Bioessays*, *24*(7), 637-648.

Khan, N., & Mukhtar, H. (2018). Tea polyphenols in promotion of human health. *Nutrients*, *11*(1), 39.

Navarro-Martínez, M. a. D., Navarro-Perán, E., Cabezas-Herrera, J., Ruiz-Gómez, J. n., García-Cánovas, F., & Rodríguez-López, J. N. (2005). Antifolate activity of epigallocatechin gallate against Stenotrophomonas maltophilia. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, *49*(7), 2914-2920.

Steinmann, J., Buer, J., Pietschmann, T., & Steinmann, E. (2013). Anti-infective properties of epigallocatechin 3gallate (EGCG), a component of green tea. *British journal of pharmacology*, *168*(5), 1059-1073.

The Role of Epigallocatechin Gallate from Green Tea in Inhibiting Dihydrofolate Reductase: A Computational Molecular Docking Study Toward the Development of Plant-Based Therapeutics

Arman Namdari Miraaghaie[1]*, Mehdi Imani[1],
Safa Farahmand-Azar[2]
1. Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Iran
2. Department of Microbiology, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Iran
*Corresponding Author: armannamdari2000@gmail.com

Abstract

For more than half a century, humans have utilized antibiotics to combat infectious diseases caused by pathogenic bacteria. However, excessive and improper use of antibiotics has led to an increase in antibiotic-resistant strains, including multidrug-resistant strains. The emergence of drug-resistant bacteria has rendered many existing antibiotics ineffective. Meanwhile, the development of new antibiotics remains stagnant, compelling scientists and pharmacists to seek the production of novel antibiotics. Green tea contains polyphenolic flavonoids such as epigallocatechin-3-gallate (EGCG), epicatechin-3-gallate, epigallocatechin, and epicatechin. Among these, epigallocatechin gallate is the most abundant and biologically active compound in green tea, exhibiting significant antibacterial activity against various microorganisms. Dihydrofolate reductase (DHFR) is a vital enzyme in the folate biosynthesis pathway, essential for DNA synthesis, amino acid metabolism, and cell proliferation. It is considered the primary enzymatic target for antifolate drugs, and green tea polyphenols have been identified as potent inhibitors of this enzyme. This study investigates the binding interactions of EGCG with DHFR through molecular docking to identify the optimal binding mode.

Keywords: Dihydrofolate reductase enzyme, Epigallocatechin gallat, Molecular docking, Antibacterial Effect

بررسی اثرات درمانی هندوانه در کاهش ودرمان روماتیسم مفصلی

ناهید فضیلتی*
محقق طب سنتی و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد صفادشت
*نویسنده مسئول: n.fazilati2020@gmail.com

چکیده

روماتیسم مفصلی یک بیماری خودایمنی مزمن و التهابی است که عمدتاً مفاصل کوچک را درگیر می‌کند و منجر به درد، تورم، سفتی و از بین رفتن عملکرد مفصلی می‌شود. روماتیسم مفصلی با التهاب و تخریب مفاصل همراه بوده و نیازمند مدیریت مؤثر است. در این مقاله، به بررسی علمی تأثیر مصرف هندوانه به‌عنوان منبعی غنی از آنتی‌اکسیدان‌ها، لیکوپن، سیترولین، و ترکیبات ضدالتهابی در بهبود علائم و تا حدودی درمان این بیماری پرداخته شده است. هندوانه، به دلیل داشتن ترکیبات فعال زیستی مانند لیکوپن، سیترولین، ویتامین C و آنتی‌اکسیدان‌های قوی، می‌تواند در کاهش التهاب، استرس اکسیداتیو و بهبود عملکرد سیستم ایمنی نقش مؤثری ایفا کند. همچنین، سیترولین موجود در هندوانه با افزایش تولید نیتریک اکسید موجب بهبود جریان خون و تغذیه بهتر مفاصل می‌شود. مطالعات اولیه نشان می‌دهند که مصرف هندوانه می‌تواند به کاهش علائم روماتیسم مفید باشد و کیفیت زندگی بیماران را بهبود بخشد. هرچند تحقیقات بیشتری برای اثبات کامل این اثرات و تعیین دوز بهینه لازم است، هندوانه به‌عنوان یک ماده غذایی طبیعی با خواص ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی، پتانسیل قابل توجهی در حمایت از درمان روماتیسم مفصلی دارد.

واژه‌های کلیدی: التهاب، هندوانه، درمان، روماتیسم مفصلی

مقدمه

روماتیسم مفصلی[1] یک بیماری التهابی مزمن و خودایمنی است که با درگیری سیستم ایمنی و التهاب مزمن مفاصل مشخص می‌شود. این بیماری باعث درد، تورم، محدودیت حرکتی و تخریب مفصل‌ها می‌شود و در نهایت می‌تواند به ناتوانی و کاهش کیفیت زندگی بیماران منجر گردد. درمان‌های موجود عمدتاً شامل داروهای ضدالتهاب غیر استروئیدی (*NSAIDs*)[2]، داروهای تعدیل‌کننده بیماری (*DMARDs*)[3] و داروهای بیولوژیک است، اما این درمان‌ها اغلب با عوارض جانبی همراه بوده و پاسخ بیماران به آنها متفاوت است. از این رو، توجه به روش‌های مکمل و جایگزین مانند استفاده از مواد غذایی با خاصیت ضدالتهابی در مدیریت بیماری اهمیت یافته است. (Chen, Y., Zhao, J., & Liu, L. 2022)

1. *Rheumatoid Arthritis – RA*

۲. داروهای ضدالتهاب غیراستروئیدی یا (Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs) گروهی از داروها هستند که برای کاهش درد، التهاب و تب به‌ویژه در بیماری‌های مزمن التهابی مانند روماتیسم مفصلی (RA)، آرتروز و سایر بیماری‌های اسکلتی- عضلانی استفاده می‌شوند. مانند ایبوپروفن؛ ناپروکسن و سلکوکسیب و ... .

۳. داروهای تعدیل‌کننده بیماری روماتیسم مفصلی (DMARDs) یا Disease-Modifying Anti-Rheumatic Drugs به داروهایی گفته می‌شود که برخلاف مسکن‌ها و داروهای ضدالتهاب، روند پیشرفت بیماری روماتیسم مفصلی (RA) را کند یا متوقف می‌کنند و تنها به کاهش علائم بسنده نمی‌کنند. این داروها پاسخ ایمنی بدن را تنظیم کرده و از آسیب مفاصل، استخوان‌ها و بافت‌های اطراف جلوگیری می‌کنند.

هندوانه[1] یکی از میوه‌های تابستانی محبوب است که به دلیل ترکیبات بیواکتیو متعدد و خواص تغذیه‌ای ویژه، به‌عنوان یک گزینه طبیعی در بهبود وضعیت سلامتی مورد توجه قرار گرفته است. این میوه حاوی مقادیر قابل‌توجهی از آنتی‌اکسیدان‌ها مانند لیکوپن، ویتامین C و ترکیباتی مانند سیترولین است که هرکدام نقش مهمی در کاهش التهاب و استرس اکسیداتیو ایفا می‌کنند. استرس اکسیداتیو و التهاب مزمن از مکانیسم‌های کلیدی آسیب مفاصل در بیماران روماتیسمی محسوب می‌شوند و بنابراین، مواد غذایی که بتوانند این فرآیندها را مهار کنند، می‌توانند در مدیریت این بیماری مؤثر باشند (Chen, Y., Zhao, J., & Liu, L. 2022).

لیکوپن یک رنگدانه طبیعی قوی است که در هندوانه وجود دارد و خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارد. این ماده می‌تواند رادیکال‌های آزاد را خنثی کند و باعث کاهش مواد التهابی مانند TNF-α و IL- ۶ در بدن شود (Lee et al., 2021). همچنین سیترولین به عنوان پیش‌ساز نیتریک اکسید، نقش مهمی در بهبود جریان خون و تغذیه بهتر بافت‌های مفصلی دارد که این امر می‌تواند روند ترمیم و کاهش التهاب را تسریع کند. علاوه بر این، ویتامین C و فیبر موجود در هندوانه نیز با بهبود وضعیت ایمنی و کاهش التهابات سیستمیک در این بیماران مرتبط هستند. تحقیقات اولیه و مطالعات تجربی نشان داده‌اند که مصرف هندوانه می‌تواند باعث کاهش علائم التهابی و بهبود کیفیت زندگی بیماران روماتیسم مفصلی شود، اگرچه هنوز مطالعات جامع و گسترده انسانی نیاز است تا اثرات دقیق، میزان مصرف بهینه و مدت زمان لازم برای مشاهده نتایج قطعی تعیین گردد (Miller et al., 2020).

با توجه به اهمیت کنترل التهاب، کاهش عوارض بیماری و استفاده از روش‌های طبیعی و کم‌خطر در درمان روماتیسم مفصلی، بررسی تأثیر هندوانه به عنوان یک مکمل غذایی با خواص ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی، موضوعی نو و ارزشمند برای تحقیقات بالینی و تغذیه‌ای محسوب می‌شود. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر مصرف هندوانه بر شاخص‌های بالینی، آزمایشگاهی و کیفیت زندگی بیماران مبتلا به روماتیسم مفصلی طراحی شده است.

روش پژوهش

پژوهش‌های مرتبط با تاثیر مواد غذایی و ترکیبات طبیعی بر بیماری‌های التهابی مانند روماتیسم مفصلی روز به روز در حال افزایش است. بررسی جامع و علمی اثرات هندوانه بر روماتیسم نیازمند گردآوری اطلاعات معتبر از منابع گوناگون است که بهترین شیوه برای انجام این کار روش کتابخانه‌ای و توصیفی- تحلیلی می‌باشد. این مطالعه از نوع پژوهش کتابخانه‌ای و توصیفی- تحلیلی است. در این روش، پژوهشگر بدون انجام آزمایش میدانی، با جمع‌آوری، بررسی و تحلیل داده‌های موجود در مقالات، کتب، پایان‌نامه‌ها و سایر منابع علمی، به جمع‌بندی و تحلیل موضوع می‌پردازد.

روش گردآوری داده‌ها

در این پژوهش، داده‌ها از طریق جستجوی سیستماتیک در پایگاه‌های داده علمی معتبر شامل PubMed، Scopus، Web of Science، Google Scholar و همچنین منابع فارسی مانند SID و Magiran جمع‌آوری شده‌اند. داده‌های جمع‌آوری‌شده بر اساس موضوعات اصلی شامل ترکیبات فعال هندوانه، مکانیسم‌های ضدالتهابی، تأثیر بر شاخص‌های بیوشیمیایی و نتایج مطالعات بالینی طبقه‌بندی شدند. سپس با تحلیل محتوا، نتایج مطالعات مختلف با

1. *Citrullus lanatus*

یکدیگر مقایسه و نقاط مشترک و اختلافات آن‌ها شناسایی شد. نهایتاً، با ترکیب یافته‌های نظری و تجربی، تصویری کلی از تأثیر هندوانه بر روماتیسم مفصلی ارائه گردید.

نتایج و بحث

۱- ترکیبات مفید موجود در هندوانه و تأثیر آن بر روماتیسم مفصلی

۱-۱- لیکوپن

هندوانه یکی از منابع غنی لیکوپن است؛ لیکوپن یک آنتی‌اکسیدان قوی از خانواده کاروتنوئیدهاست که خاصیت ضدالتهابی دارد این ترکیب قرمز رنگ در میوه‌هایی مانند هندوانه، گوجه‌فرنگی و گریپ‌فروت صورتی به‌وفور یافت می‌شود و به دلیل توانایی آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی‌اش، در مطالعات بیماری‌های التهابی مزمنی مثل روماتیسم مفصلی مورد توجه قرار گرفته است (Lee et al., 2021).

مطالعات نشان می‌دهند لیکوپن می‌تواند با مهار تولید سایتوکاین‌های التهابی مانند TNF-α و IL-1β در ماکروفاژها، التهاب را کاهش دهد. همچنین، لیکوپن مسیر سیگنال‌دهی NF-κB را که نقش مهمی در تنظیم التهاب دارد، مهار می‌کند و از بیان مولکول‌های چسبندگی مانند ICAM-1 جلوگیری می‌نماید. این امر باعث کاهش نفوذ سلول‌های التهابی به بافت‌های مفصلی می‌شود. علاوه بر این، لیکوپن می‌تواند بیان آنزیم‌های التهابی مانند iNOS و COX-2 را کاهش داده و تولید نیتریک‌اکسید[1] و پروستاگلاندین‌ها را محدود کند که در نهایت به کاهش التهاب منجر می‌شود در مدل‌های حیوانی، لیکوپن استخراج‌شده از جلبک *Chlorella marina* باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های التهابی و بهبود شاخص‌های خونی التهاب نظیر ESR، CRP و فاکتور روماتوئید شده است. اگرچه جذب لیکوپن در بدن معمولاً پایین است، استفاده از نانوذرات لیکوپن، دسترسی زیستی آن را افزایش داده و اثرگذاری بهتری در درمان روماتیسم مفصلی نشان داده‌اند (Moia et al., 2020).

در کل، لیکوپن موجود در هندوانه با خواص قوی آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی خود می‌تواند به کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب کمک کرده و در مدیریت روماتیسم مفصلی نقش حمایتی داشته باشد، هرچند نیاز به مطالعات بالینی بیشتر برای تأیید این اثرات وجود دارد.

۱-۲- سیترولین

سیترولین، یک آمینواسید غیرضروری موجود در هندوانه است که پس از مصرف در بدن به ال-آرژینین تبدیل شده و منجر به افزایش تولید نیتریک‌اکسید که یک ترکیب مهم در گشادسازی عروق و کاهش التهاب است، می‌شود. مکانیسم‌های اثر سیترولین در روماتیسم مفصلی عبارت‌اند از:

افزایش نیتریک‌اکسید و بهبود جریان خون: نیتریک‌اکسید با گشاد کردن عروق، گردش خون به بافت‌های مفصلی را افزایش داده و به دفع بهتر مواد التهابی کمک می‌کند.

---

۱. نیتریک‌اکسید (*Nitric Oxide*) یا *NO* یک مولکول گازی است که به‌طور طبیعی در بدن ساخته می‌شود و نقش مهمی در سلامت بدن دارد. این ماده باعث گشاد شدن رگ‌های خونی می‌شود، که به بهبود جریان خون کمک می‌کند. همچنین در سیستم ایمنی و ارتباط بین سلول‌های عصبی هم نقش دارد.

کاهش درد و خستگی عضلانی: مطالعات در ورزشکاران نشان داده که سیترولین درد عضلانی را کاهش داده و بازسازی بافت را تسریع می‌کند. این ویژگی‌ها برای بیماران روماتیسم مفصلی که درد مزمن و خستگی عضلانی دارند، مفید است.

اثر ضدالتهابی غیرمستقیم: افزایش: نیتریک‌اکسید باعث کاهش نفوذپذیری اندوتلیال و کاهش سیتوکین‌های التهابی مانند TNF-α و IL-6 می‌شود.

هندوانه حاوی حدود ۲۵۰ میلی‌گرم سیترولین در هر ۱۰۰ گرم است و به دلیل اثرات مثبتش در بهبود عملکرد عروقی و کاهش التهاب، می‌تواند به عنوان مکمل طبیعی در درمان حمایتی روماتیسم مفصلی استفاده شود، البته جایگزین داروهای اصلی نیست.

۱-۳- آب فراوان و فیبر

هندوانه بیش از ۹۰٪ وزن خود را آب تشکیل می‌دهد. آب فراوان هندوانه به دفع مواد زائد و سموم التهابی کمک کرده و از تجمع آنها در مفاصل جلوگیری می‌کند. همچنین، آبرسانی مناسب باعث بهبود عملکرد مایع سینوویال می‌شود که به روان‌سازی مفاصل و جلوگیری از ساییدگی آنها کمک می‌کند. کم‌آبی در بیماران روماتیسم مفصلی می‌تواند خشکی و درد مفاصل را تشدید کند، بنابراین مصرف منظم هندوانه مفید است. فیبر موجود در هندوانه نیز، به ویژه نوع محلول آن، باعث تغذیه باکتری‌های مفید روده شده که تولید اسیدهای چرب زنجیره کوتاه[1] مانند بوتیرات را افزایش می‌دهد. این ترکیبات دارای اثرات ضدالتهابی هستند و می‌توانند با کاهش سیتوکین‌های التهابی TNF-α و IL-6 التهاب سیستمیک را کاهش دهند. در مجموع، هندوانه با داشتن آب زیاد و فیبر محلول می‌تواند به آبرسانی مفاصل، دفع مواد التهابی و بهبود میکروبیوم روده کمک کند و به عنوان یک مکمل غذایی در رژیم درمانی بیماران روماتیسم مفصلی مؤثر باشد (Li et al, 2020).

۱-۴- ویتامین‌ها و مواد معدنی هندوانه و تأثیر آن در بهبود روماتیسم مفصلی

هندوانه منبع خوبی از ویتامین C، A، B6 و مواد معدنی مانند پتاسیم و منیزیم است که در کنترل روماتیسم مفصلی نقش دارند. ویتامین C (حدود ۸/۱ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم هندوانه) به عنوان آنتی‌اکسیدان با خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد از آسیب به بافت‌های مفصلی جلوگیری کرده و در سنتز کلاژن که برای سلامت غضروف‌ها ضروری است، مؤثر می‌باشد. پتاسیم هندوانه به تعادل الکترولیت‌ها و کاهش احتباس مایعات کمک کرده و التهاب مفصلی را کاهش می‌دهد. بتاکاروتن به ویتامین A تبدیل شده و سیستم ایمنی را تقویت و التهاب را مهار می‌کند. منیزیم نیز با تنظیم عملکرد ایمنی و کاهش تولید سیتوکین‌های التهابی به بهبود علائم روماتیسم مفصلی کمک می‌کند (Li et al, 2020).

۲- مکانیسم اثر ضدالتهابی هندوانه در روماتیسم مفصلی

مکانیسم اثر ضدالتهابی هندوانه در روماتیسم مفصلی شامل موارد ذیل می‌باشد:

۲-۱- کاهش استرس اکسیداتیو

استرس اکسیداتیو با تولید رادیکال‌های آزاد موجب آسیب به بافت‌های مفصلی و التهاب می‌شود. لیکوپن و ویتامین C موجود در هندوانه با خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد از این آسیب جلوگیری می‌کنند. همچنین لیکوپن مسیر

1. *Short-Chain Fatty Acids* یا (*SCFA*)

NF-κB را که مسئول تولید سایتوکاین‌های التهابی است مهار می‌کند مصرف هندوانه سطح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند SOD و کاتالاز را افزایش می‌دهد. سیترولین نیز با افزایش نیتریک اکسید، گردش خون و کاهش التهاب را بهبود می‌بخشد (Figueroa et al, 2011).

۲-۲- تنظیم عملکرد سیستم ایمنی

ترکیبات فعال هندوانه مانند لیکوپن و سیترولین با کاهش تولید سایتوکاین‌های التهابی TNF-α، IL-1β و IL-6 از فعالیت بیش از حد سیستم ایمنی جلوگیری می‌کنند لیکوپن مسیر NF-κB را مهار کرده و ویتامین A و بتاکاروتن تعادل بین سلول‌های Th17 و Treg را تنظیم می‌کنند و سیترولین نیز با افزایش نیتریک‌اکسید، بهبود عملکرد ایمنی عروقی را فراهم می‌آورد (Figueroa et al., 2011).

۲-۳- بهبود جریان خون و تغذیه مفصل‌ها

سیترولین موجود در هندوانه به آرژینین و سپس نیتریک اکسید تبدیل شده و باعث گشاد شدن عروق و افزایش خون‌رسانی به مفاصل می‌شود که به ترمیم و کاهش التهاب کمک می‌کند (Figueroa et al, 2011). مصرف هندوانه فشار خون و سفتی شریانی را کاهش داده و میکروسیرکولاسیون را بهبود می‌بخشد همچنین، آب فراوان و الکترولیت‌های هندوانه به حفظ مایع سینوویال و روان‌سازی مفاصل کمک می‌کنند.

نتیجه‌گیری نهایی

با تحلیل داده‌های مطالعات موجود، به نظر می‌رسد که ترکیبات فعالی چون لیکوپن، سیترولین و ویتامین C در هندوانه قادرند به‌طور مستقیم بر مسیرهای التهابی بدن اثر گذاشته و آن‌ها را مهار کنند، این ترکیبات با کاهش استرس اکسیداتیو، تنظیم سیستم ایمنی، و افزایش مقاومت سلولی، شرایط فیزیولوژیک بدن را به سمت تعادل بازمی‌گردانند. اگرچه هنوز مطالعات بیشتری برای نتیجه‌گیری قطعی در مقیاس بالینی لازم است، اما شواهد فعلی نشان می‌دهند که هندوانه می‌تواند به‌عنوان یک مکمل طبیعی مؤثر در مدیریت بیماری‌های التهابی از جمله روماتیسم مفصلی مورد استفاده قرار گیرد. افزودن این میوه به رژیم غذایی، می‌تواند بدون ایجاد عوارض جانبی جدی، به بهبود کیفیت زندگی بیماران کمک کند.

منابع

Chen, Y., Zhao, J., & Liu, L. (2022). Anti-inflammatory effects of watermelon supplementation in arthritic mice. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 102, 108909.

Figueroa, A., Sanchez-Gonzalez, M. A., Wong, A., & Arjmandi, B. H. (2011). Effects of watermelon supplementation on arterial stiffness and wave reflection amplitude in postmenopausal women. *Menopause*, 18(6), 680–684.0b013e318206105c

Lee, S. Y., Jeong, J. S., & Kim, J. H. (2021). Anti-inflammatory effects of lycopene in arthritis: A systematic review. *Molecules*, 26(5), 1345

Li, Q., Ding, Y., & Lv, Y. (2020). Magnesium and rheumatoid arthritis: The evidence from basic research and clinical studies. *Nutrients*, 12(2), 567.

Miller, M. J., Ahmed, S., Bobrowski, P., & Haqqi, T. M. (2020). Antioxidant and anti-inflammatory activity of watermelon extracts in experimental arthritis. *Journal of Functional Foods*, 65, 103735.

Moia, A. M., Pagliari, L., & Colombo, M. (2020). Nanotechnology-based delivery systems of lycopene for rheumatoid arthritis therapy. *Nanomedicine*, 15(3), 0223

Investigating the Therapeutic Effects of Citrullus lanatus in the Reduction and Management of Rheumatoid Arthritis

Nahid Fazilati*
Traditional medicine researcher and M.Sc. graduate of Islamic Azad University, Safadasht Branch
*Corresponding Author: n.fazilati2020@gmail.com

Abstract

Rheumatoid arthritis (RA) is a chronic autoimmune and inflammatory disease that primarily affects small joints, leading to pain, swelling, stiffness, and loss of joint function. Characterized by persistent joint inflammation and progressive destruction, RA requires effective management strategies. This article explores the scientific evidence supporting the potential role of watermelon as a complementary therapeutic agent in alleviating symptoms of RA. Watermelon, rich in bioactive compounds such as lycopene, citrulline, vitamin C, and potent antioxidants, may exert beneficial effects by reducing inflammation, mitigating oxidative stress, and modulating immune system function. Moreover, citrulline enhances nitric oxide production, thereby improving blood flow and nutrient delivery to affected joints. Preliminary studies suggest that watermelon consumption may help reduce RA-related symptoms and improve patients' quality of life. Although further research is needed to confirm these effects and determine optimal dosing, watermelon holds promising potential as a natural dietary adjunct with anti-inflammatory and antioxidant properties in the supportive management of rheumatoid arthritis.

Keywords: Inflammation, Citrullus lanatus, Therapy, Rheumatoid Arthritis

بررسی میزان فنول و فلاونوئید محلول‌های ضداکنه گیاهی

سعید ملائی*[۱]، نسیم علائی[۲]، مصطفی عبادی[۳]

۱- هیات علمی گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

۲- دانشجوی شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

۳- هیات علمی گروه زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: s.mollaei@azaruniv.ac.ir

چکیده

آکنه نه‌تنها یک مشکل پوستی رایج بلکه یک چالش روانی-اجتماعی با تأثیرات قابل‌توجه بر کیفیت زندگی افراد محسوب می‌شود. تأثیرات آکنه فراتر از ظاهر بوده و می‌تواند اعتماد به نفس فرد را تحت تأثیر قرار دهد، به‌ویژه در سنین نوجوانی و جوانی که حساسیت نسبت به تصویر بدن بیشتر است. در این مطالعه، هفت نوع محلول گیاهی ضدآکنه با استفاده از سه گیاه دارویی بابا آدم (*Arctium lappa*)، شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra*) و چای سبز (*Camellia sinensis*) تهیه شد. برخی از این محلول‌های تهیه شده شامل عصاره یک گیاه بودند، در حالی که برخی دیگر ترکیبی از دو یا چند گیاه (با نسبت یک به یک حجمی-حجمی) بودند تا اثرات هم‌افزایی بررسی شود. فرآیند استخراج ترکیبات فنولی از این گیاهان با استفاده از روش التراسونیک و حلال‌های مناسب انجام شد. سپس محلول‌های ضدآکنه تهیه شده از نظر میزان فنول کل و فلاونوئید کل مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که محلول‌های حاوی عصاره ترکیبی شیرین‌بیان و چای سبز بالاترین میزان ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی را داشتند. این ترکیبات به دلیل خواص ضدالتهابی، ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی قوی، می‌تواند پتانسیل بالایی در درمان آکنه داشته باشند. در مجموع، این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از عصاره‌های گیاهی می‌تواند گزینه‌ای مؤثر و کم‌عارضه در کنترل آکنه بوده و راهگشای توسعه محصولات پوستی مبتنی بر ترکیبات طبیعی باشد.

واژه‌های کلیدی: آکنه، باباادم، چای سبز، شیرین بیان، فنول‌ها

مقدمه

آکنه نه‌تنها یک مشکل پوستی رایج بلکه یک چالش روانی- اجتماعی با تأثیرات قابل‌توجه بر کیفیت زندگی افراد محسوب می‌شود و می‌تواند اعتماد به نفس فرد را تحت تأثیر قرار دهد. با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در داروسازی و درمان‌های پوستی، روش‌های متداول همچون رتینوئیدها (مانند ترتینوئین)، آنتی‌بیوتیک‌های موضعی (مانند کلیندامایسین و اریترومایسین) و بنزوئیل پراکسید هرچند که در کنترل و بهبود علائم آکنه مؤثر هستند، اما اغلب با عوارض جانبی همچون خشکی و حساسیت شدید پوست، تحریک و التهاب پوستی، مقاومت باکتریایی ناشی از مصرف مداوم آنتی‌بیوتیک‌ها و بازگشت علائم پس از قطع مصرف دارو همراه‌اند. این محدودیت‌ها و نگرانی‌ها باعث شده که پژوهشگران به سمت جایگزین‌های طبیعی و کم‌عارضه‌تر برای درمان و کنترل آکنه سوق پیدا کنند. درمان‌های گیاهی و ترکیبات طبیعی به دلیل داشتن خواص ضدالتهابی، ضدباکتریایی، تنظیم‌کننده ترشح چربی و آنتی‌اکسیدانی، می‌توانند گزینه‌ای ایمن و پایدار در مدیریت آکنه باشند. برخی از مؤثرترین گیاهان و ترکیبات

طبیعی برای درمان اکنه شامل چای سبز (حاوی کاتچین‌ها با خاصیت ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی)، عصاره بابا آدم (تنظیم‌کننده ترشح سبوم و ضدالتهابی) و شیرین بیان (دارای ترکیبات ضدالتهابی و ضدباکتریایی مؤثر) می‌باشد (Reddy and Jain, 2019; Sarı and Erarslan, 2023).

تا بحال محلول ضداکنه گیاهی مبتنی بر سه گیاه دارویی باباادم، شیرین بیان و چای سبز تهیه نگردیده است. لذا، در این مقاله، هفت نوع محلول گیاهی ضدآکنه با استفاده از این گیاهان تهیه شدند. برخی محلول‌های اکنه تهیه شده فقط حاوی عصاره یک گیاه بودند، در حالی که برخی دیگر به منظور بررسی اثر هم‌افزایی ترکیبی از دو گیاه را شامل می‌شدند. در ادامه، محصولات تهیه شده از نظر میزان فنول کل و فلاونوئید کل مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و عصاره‌گیری از گیاهان

گیاهان دارویی باباادم، شیرین بیان و چای سبز از عطاری خریداری گردیدند و به مقدار یک گرم از هر یک از آنها، ۸ میلی‌لیتر اتانول و ۲ میلی‌لیتر آب اضافه شده و به مدت ۳۰ دقیقه داخل دستگاه التراسونیک در فرکانس ۱۰۰ کیلوهرتز گذاشته شد. سپس، عصاره صاف گردید در داخل آون دمای ۴۰ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا عصاره خشک شود.

تهیه محلول ضدآکنه گیاهی

ابتدا مقدار ۰/۱ گرم پودر سالیسیلیک اسید توزین شده و داخل بشر ریخته شد. سپس مقدار ۱۰ میلی‌لیتر ایزوپروپیل الکل به پودر اضافه می‌شود. با استفاده از همزن بهم زده می‌شود و سپس، مقدار ۱۰ میلی‌لیتر پروپیلن گلیکول اضافه نموده و مقدار ۲۰ میلی‌لیتر دوبار ایزوپروپیل الکل اضافه شد. در مرحله بعد مقدار ۲ گرم عصاره مورد نظر به محلول اضافه شد و در داخل دستگاه اولتراسونیک قرار داده شد. در این حالت، تمام مواد کاملاً بطور یکنواخت حل می‌شوند.

اندازه‌گیری میزان فنول نمونه‌ها

برای اندازه‌گیری میزان کل ترکیبات فنولی از روش فولین-سیکالتیو استفاده گردید. ابتدا به کمک حلال اتانول و آب مقطر با نسبت حجمی- حجمی یک به ده، غلظت یک میلی‌گرم بر میلی‌لیتر از عصاره‌ها تهیه شد و سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از این محلول بدست آمده با ۰/۵ میلی‌لیتر از حلال اتانول-آب (نسبت حجمی- حجمی یک به ده) مخلوط گردید. در ادامه، ۰/۱ میلی‌لیتر از این محلول با ۰/۵ میلی‌لیتر از معرف فولین- سیکالتیو (با غلظت ده درصد حجمی- حجمی) مخلوط شد و پس از سپری شدن ۵ دقیقه، به آن ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول سدیم‌کربنات ۷ درصد وزنی اضافه شد. محلول شاهد نیز با همین رول تهیه گردید (با این تفاوت که در آن به جای محلول عصاره از ۰/۱ میلی‌لیتر حلال اتانول-آب استفاده شد). نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت در فضای تاریک قرار داده شدند. در نهایت، جذب نمونه‌ها در طول موج برابر با ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر خوانده شد. میزان کل ترکیبات فنولی با استفاده از منحنی استاندارد گالیک اسید محاسبه شد و برحسب میلی‌گرم گالیک اسید بر میلی‌لیتر نمونه بیان گردید.

اندازه‌گیری میزان فلاونوئید نمونه‌ها

میزان کل ترکیبات فلاونوئیدی موجود در نمونه‌ها توسط روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلراید بدست آمد. ابتدا با کمک حلال متانول مرک، غلظت یک میلی‌گرم بر میلی‌لیتر از هر یک از نمونه‌ها تهیه شد. سپس، نیم میلی‌لیتر از آنها با نیم میلی‌لیتر از متانول مرک مخلوط گردید تا نمونه‌ای با غلظت میلی‌گرم بر میلی‌لیتر به‌دست آید. در ادامه، ۰/۱ میلی‌لیتر از این محلول با ۰/۰۵ میلی‌لیتر از محلول آلومینیوم کلرید ۳ درصد وزنی- حجمی و ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول استات آمونیوم با غلظت ۱ مولار مخلوط گردید. محلول شاهد نیز با همین طریق تهیه گردید (با این تفاوت که به جای محلول نمونه، از صد میلی‌لیتر متانول مرک استفاده شد). پس از آن، نمونه‌ها در دمای اتاق به مدت ۱۰ دقیقه در تاریکی نگهداری شدند و در نهایت، جذب هر کدام از نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج برابر با ۴۲۶ نانومتر مشاهده گردید و میزان کل ترکیبات فلاونوئیدی با استفاده از منحنی استاندارد کوئرستین و بر حسب میلی‌گرم کوئرستین بر میلی لیتر نمونه محاسبه شد.

نتایج و بحث

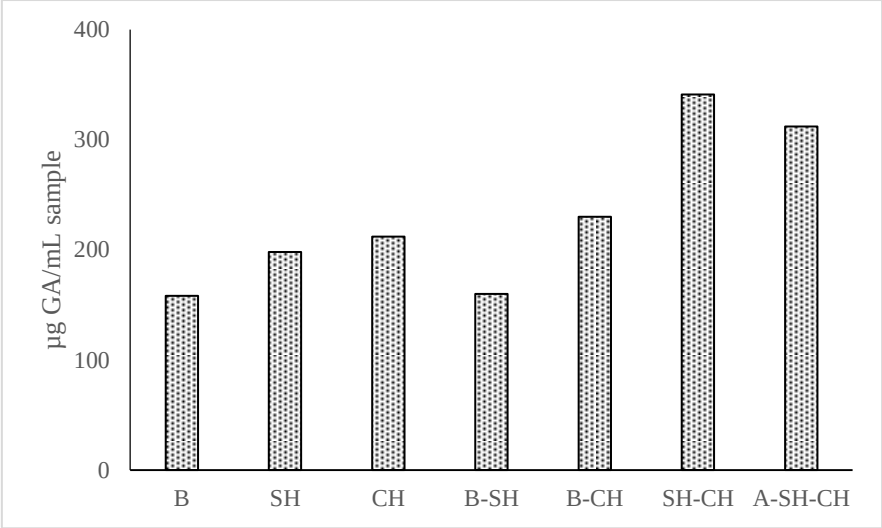
در این کار تحقیقی، هفت نوع محلول گیاهی ضدآکنه با استفاده از سه گیاه دارویی بابادم، شیرین بیان و چای سبز تهیه شدند. در ادامه، محصولات تهیه شده از نظر میزان فنول کل و فلاونوئید کل مورد ارزیابی قرار گرفتند.

شکل ۱ میزان فنول موجود در محلول‌های ضداکنه تهیه شده را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، محلول حاوی عصاره ترکیبی شیرین بیان با چای سبز با مقدار ۳۴۱ میکروگرم گالیک اسید بر میلی لیتر نمونه دارای بیشترین مقدار فنول بود و محلول دارای عصاره سه گیاه با مقدار ۳۱۲ میکروگرم گالیک اسید بر میلی لیتر نمونه در مرتبه دوم قرار داشت. محلول‌های دارای عصاره بابادم و عصاره بابادم به همراه شیرین بیان دارای کمترین میزان فنول بودند.

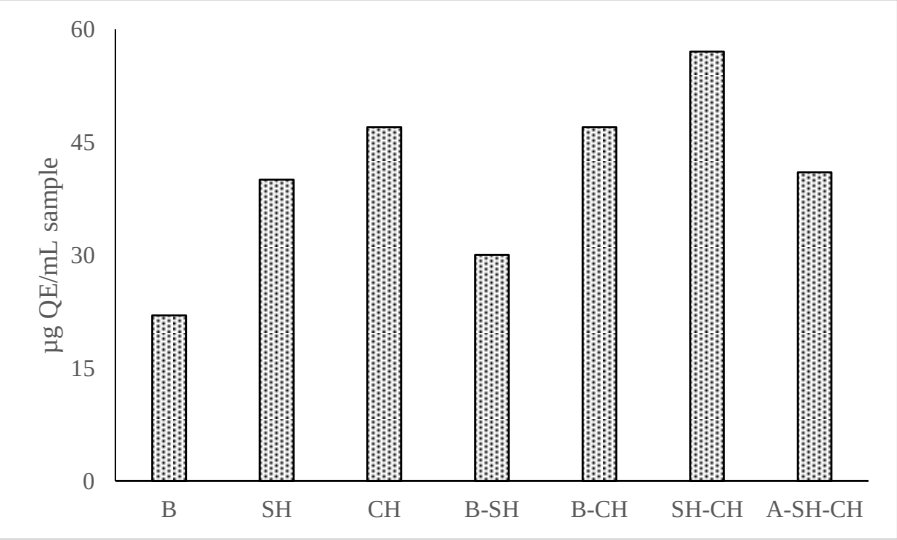
شکل ۲ میزان فلاونوئید کل موجود در محلول‌های ضداکنه تهیه شده را نشان می‌دهد. بر اساس داده‌ها، محلول ضداکنه دارای عصاره مخلوط شیرین بیان و چای سبز با مقدار ۵۷ میکروگرم کوئرستین بر میلی لیتر نمونه دارای بیشترین مقدار فلاونوئید کل بود و بعد از آن محلول‌های دارای عصاره چای کوهی و عصاره چای کوهی به همراه بابادم دارای بیشترین مقدار فلاونوئید بودند. محلول ضداکنه دارای عصاره بابادم نیز دارای کمترین میزان فلاونوئید بود.

چای سبز یکی از غنی‌ترین منابع ترکیبات فنولی است که به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و محافظتی، نقش مهمی در سلامت انسان دارد. این ترکیبات شامل کاتچین‌ها، فلاونوئیدها، و اسیدهای فنولیک هستند. کاتچین‌ها زیرگروهی از فلاونوئیدها هستند که بیشترین سهم را در ترکیبات فنولی چای سبز دارند. کاتچین و مشتقات آن قوی‌ترین آنتی‌اکسیدان موجود در چای سبز می‌باشد و دارای خواص ضدباکتریایی و ضدویروسی و مؤثر در تقویت سیستم ایمنی هستند. چای سبز علاوه بر کاتچین‌ها، حاوی فلاونوئیدهای دیگری نیز هست که در تنظیم فعالیت‌های زیستی و محافظت از سلول‌ها نقش دارند. کائمفرول دارای خواص ضدالتهابی و ضدسرطانی، کوئرستین مؤثر در کاهش فشار خون و تنظیم سیستم ایمنی و میریستین دارای اثرات ضدباکتریایی و محافظت‌کننده عصبی هستند. این ترکیبات در کنار کاتچین‌ها، اثر هم‌افزایی ایجاد کرده و باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی چای سبز می‌شوند. اسید گالیک و مشتقات آن از دیگر ترکیبات فنولی موجود در چای سبز هستند. اسید گالیک یکی از مهم‌ترین فنول‌های موجود در چای سبز در مهار فعالیت رادیکال‌های آزاد و کاهش آسیب‌های سلولی مؤثر است. مشتقات گالیک اسید نیز در تنظیم متابولیسم و کاهش استرس اکسیداتیو نقش دارند. چای سبز همچنین حاوی اسیدهای فنولیک متعددی از

جمله اسید پروتوکاتکوئیک و اسید کافئیک است که در تنظیم فعالیت‌های زیستی و محافظت از سلول‌ها نقش دارند و دارای خواص ضدالتهابی و ضدسرطانی می‌باشند (Lorenzo and Munekata, 2016; Vastrad et al., 2022).



شکل ۱. میزان فنول کل محلول‌های ضداکنه دارای عصاره‌های گیاهی. B: باباادم، SH: شیرین بیان و CH: چای کوهی



شکل ۲. میزان فلاونوئید کل محلول‌های ضداکنه دارای عصاره‌های گیاهی. B: باباادم، SHشکل ۲- شیرین بیان و CH: چای کوهی

شیرین بیان یکی از گیاهان دارویی مهم است که به دلیل ترکیبات فنولی غنی، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدباکتریایی و تنظیم‌کننده سیستم ایمنی می‌باشد. فلاونوئیدها یکی از مهم‌ترین ترکیبات فنولی موجود در شیرین بیان هستند که در تنظیم فعالیت‌های زیستی و محافظت از سلول‌ها نقش دارند. این ترکیبات دارای خواص ضدالتهابی، ضدسرطانی، ضدباکتریایی و تنظیم‌کننده سیستم ایمنی، مؤثر در کاهش التهاب‌های پوستی و محافظت از

سلول‌های عصبی می‌باشد. این ترکیبات در کنار سایر فنولیک‌ها، اثر هم‌افزایی ایجاد کرده و باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی شیرین بیان می‌شوند (Sharma et al., 2016; Hasan et al., 2021).

بنابراین، بر اساس نتایج بدست آمده از بررسی میزان فنول و فلاونوئید کل محلول‌های ضداکنه تهیه شده می‌توان احتمال داد که بالا بودن میزان فنول و فلاونوئید محلول‌های حاوی عصاره چای سبز و شیرین بیان به دلیل بالا بودن میزان ترکیات فنولی و فلاونوئیدی موجود در این عصاره‌ها است.

منابع

Hasan, M. K., Ara, I., Mondal, M. S. A., & Kabir, Y. (2021). Phytochemistry, pharmacological activity, and potential health benefits of Glycyrrhiza glabra. *Heliyon*, *7*(6).

Lorenzo, J. M., & Munekata, P. E. S. (2016). Phenolic compounds of green tea: Health benefits and technological application in food. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, *6*(8), 709-719.

Reddy, D. M., & Jain, V. (2019). An overview on medicinal plants for the treatment of acne. *Journal of Critical Reviews*, *6*(6), 7-14.

Sarı, F., & Erarslan, Z. B. (2023). A scoping review of traditional medicinal plants used to treat acne vulgaris in Türkiye. *European Journal of Integrative Medicine*, *64*, 102305.

Sharma, V., Katiyar, A., & Agrawal, R. C. (2016). Glycyrrhiza glabra: chemistry and pharmacological activity. In *Sweeteners* (pp. 1-14). Springer, Cham.

Vastrad, J. V., Badanayak, P., & Goudar, G. (2022). Phenolic compounds in tea: phytochemical, biological, and therapeutic applications. *Phenolic compounds-Chemistry, synthesis, diversity, non-conventional industrial, pharmaceutical and therapeutic applications*, *23*, 452.

Investigation of Total Phenolic and Flavonoid Content in Herbal Anti-Acne Solutions

Saeed Mollaei[1]*, Nasim Alayi[2], Mostafa Ebadi[3]
1. Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
2. Chemistry student, Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
3. Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: s.mollaei@azaruniv.ac.ir

Abstract

Acne is not only a common skin problem but also a psychosocial challenge with significant impacts on individuals' quality of life. The effects of acne go beyond appearance and can undermine self-confidence, particularly during adolescence and young adulthood, when sensitivity toward body image is heightened. In this study, seven types of herbal anti-acne solutions were prepared using three medicinal plants: burdock (*Arctium lappa*), licorice (*Glycyrrhiza glabra*), and green tea (*Camellia sinensis*). Some of these solutions contained a single plant extract, while others were combinations of two or more plants (in a 1:1 volume ratio) to investigate potential synergistic effects. The extraction of phenolic compounds from these plants was carried out using an ultrasonic method and suitable solvents. The prepared anti-acne solutions were then evaluated for their total phenolic and flavonoid content. The results showed that solutions containing a combination of licorice and green tea extracts had the highest levels of phenolic and flavonoid compounds. Due to their strong anti-inflammatory, antibacterial, and antioxidant properties, these compounds may have high potential in acne treatment. Overall, this research demonstrates that herbal extracts can be an effective and low-side-effect option for acne control, paving the way for the development of natural compound-based skincare products.

Keywords: Acne, *Arctium lappa*, Green tea, *Glycyrrhiza glabra*, Phenols

استخراج ترکیبات فنولی از عناب (*Ziziphus jujube*) با روش امواج فراصوت

سعید ملائی*[۱]، محنا صفری اذر[۲]

۱- هیات علمی گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

۲- دانشجوی شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: s.mollaei@azaruniv.ac.ir

چکیده

عناب به عنوان یکی از میوه‌های دارویی ارزشمند در طب سنتی شناخته می‌شود که به دلیل غنای ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی از اهمیت ویژه‌ای در حفظ سلامت برخوردار است. این ترکیبات فعال زیستی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی می‌توانند در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد، کاهش استرس اکسیداتیو، مهار فرآیندهای التهابی و محافظت از سیستم عصبی نقش مؤثری ایفا نمایند. در این پژوهش، به منظور استخراج بهینه ترکیبات فنولی از میوه عناب، از روش اولتراسونیک استفاده شد و تأثیر دو پارامتر کلیدی زمان فراصوت (۱۰-۵۰ دقیقه) و نسبت حلال به ماده گیاهی (۱۰-۳۰ میلی‌لیتر بر گرم) بر بازده استخراج به دقت بررسی گردید. این روش به دلیل مزایایی همچون بازدهی بالا، کاهش زمان استخراج و حفظ ترکیبات حساس، مورد اهمیت است. نتایج حاصل از بهینه‌سازی نشان داد که شرایط بهینه برای استخراج شامل زمان ۳۰ دقیقه و نسبت حلال ۲۰ میلی‌لیتر بر گرم می‌باشد که در این شرایط بالاترین بازده استخراج ترکیبات فنولی با حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها حاصل می‌گردد. یافته‌های این پژوهش به وضوح نشان می‌دهد که روش فراصوت می‌تواند به طور مؤثری دیواره سلولی را تخریب نموده و استخراج ترکیبات ارزشمند را با بازدهی بالا و مصرف حداقلی حلال ممکن سازد. این ویژگی‌ها باعث شده‌اند که این روش گزینه مناسبی برای کاربرد در مقیاس صنعتی باشد. با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان از این روش در تولید مکمل‌های غذایی، فرمولاسیون‌های دارویی و محصولات آرایشی-بهداشتی حاوی ترکیبات فنولی عناب استفاده نمود. همچنین بهینه‌سازی شرایط استخراج می‌تواند نقش مهمی در توسعه فرآورده‌های جدید با خواص درمانی بهبود یافته ایفا نماید.

واژه‌های کلیدی: استخراج، التراسونیک، عناب، فلاونوئیدها

مقدمه

عناب، با نام علمی Ziziphus jujuba، یک میوه دارویی و خوراکی است که به آن خرمای چینی یا خرمای قرمز هم گفته می‌شود. عناب درختی است بومی آسیا که در مناطقی همچون چین، ایران و مناطق گرم و خشک می‌روید. ازخواص عناب می‌توان به آرام بخشی و بهبود کیفیت خواب به دلیل ترکیباتی مثل ملاتونین و فلانوئیدها، تقویت سیستم ایمنی و خاصیت ضدسرطانی، با داشتن ویتامین ث و ترکیبات ضد التهاب و بهبود عملکرد کبد، کاهش وزن و کنترل اشتها به دلیل فیبر و پروتئین بالا اشاره کرد. عناب در صنایع داروسازی به عنوان آرامبخش، تقویت کننده معده و طحال مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ در صنایع آرایشی عصاره آن برای کاهش چین و چروک به کار می‌رود (Perović et al., 2025; Rajaei et al., 2021).

استخراج به منظور تهیه ترکیبات موثره از گیاهان و تهیه داروهایی گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. استخراج ترکیبات موثره از گیاهان می‌تواند با روش‌های کلاسیک همچون استخراج با روش خیساندن (ماسراسیون) و استخراج به روش سوکسله انجام گیرد. این روش‌های استخراج معمولا وقت گیر بوده و هزینه زیادی نیاز دارد و بازده عصاره‌های بدست امده با این روش‌ها کم می‌باشد. همچنین، حلال‌های مورد استفاده در این روش‌ها زیاد بوده و می‌تواند اسیب جدی به محیط زیست وارد نماید. بنابراین، برای رفع این ایرادات، از روش‌های مدرن استخراج همچون استخراج با امواج میکروویو، استخراج با امواج فراصوت (اولتراسونیک)، استخراج با کمک آنزیم و استخراج با سیال فوق بحرانی استفاده می‌شود (Bitwell et al., 2023).

تابحال استخراج ترکیبات فنولی از عناب با روش‌های کلاسیک انجام گرفته است ولی این ترکیبات با روش‌های مدرن همچون استخراج با کمک امواج فراصوت (اولتراسونیک) استخراج نگردیده‌اند. لذا، در این کار تحقیقاتی، عصاره فنولی عناب با روش التراسونیک مورد استخراج قرار خواهد گرفت. با توجه به ویژگی فنول‌ها، بهینه‌سازی شرایط استخراج می‌تواند در توسعه فرمولاسیون‌های جدید و کاربردهای صنعتی نقش مؤثری داشته باشد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری عناب و استخراج ترکیبات فنولی

عناب‌ها از شهرستان اسکو، آذربایجان شرقی (ارتفاع ۱۵۲۰ متر، طول شرقی ۷ °۴۶ و عرض شمالی ۵۵ °۳۷) جمع آوری شدند و توسط گروه زیست شناسی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان مورد شناسایی قرار گرفتند. پس از جدا کردن هسته عناب‌ها، در سایه در طی مدت یک هفته خشک گردیدند و به ذرات ریز خورد شدند و با استفاده از متانول اسیدی و روش التراسونیک مورد استخراج قرار گرفتند. دمای التراسونیک در ۲۵ درجه سانتیگراد تنظیم گردید و پارامتر زمان التراسونیک (در سه زمان ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دقیقه) و نسبت حلال به میوه (در سه نسبت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌لیتر بر گرم) مورد بهینه قرار گرفتند تا عصاره‌ای با بیشترین میزان ترکیبات فنولی بدست آید.

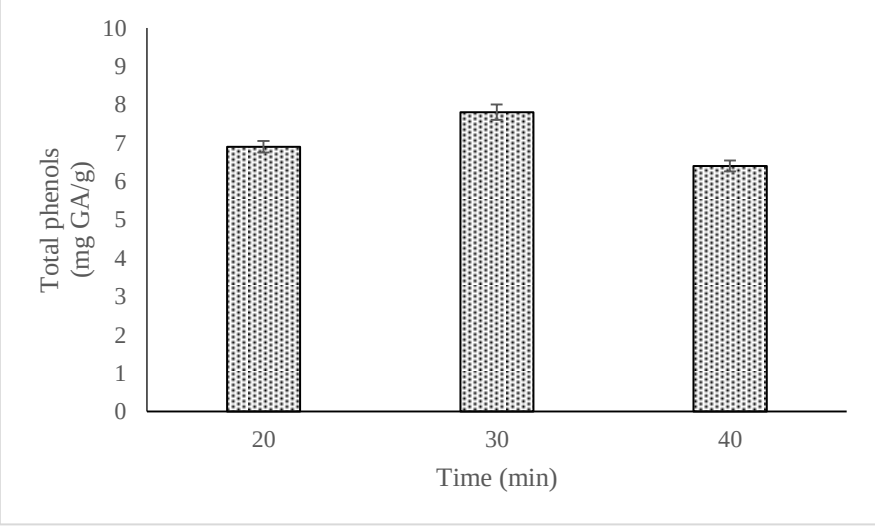
اندازه‌گیری میزان فنول نمونه‌ها

برای اندازه‌گیری میزان کل ترکیبات فنولی از روش فولین-سیکالتیو استفاده گردید. ابتدا به کمک حلال اتانول و آب مقطر با نسبت حجمی- حجمی یک به ده، غلظت یک میلی‌گرم بر میلی‌لیتر از عصاره‌ها تهیه شد و سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از این محلول بدست آمده با ۰/۵ میلی‌لیتر از حلال اتانول-آب (نسبت حجمی-حجمی یک به ده) مخلوط گردید. در ادامه، ۰/۱ میلی‌لیتر از این محلول با ۰/۵ میلی‌لیتر از معرف فولین-سیکالتیو (با غلظت ده درصد حجمی-حجمی) مخلوط شد و پس از سپری شدن ۵ دقیقه، به آن ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول سدیم‌کربنات ۷ درصد وزنی اضافه شد. محلول شاهد نیز با همین رول تهیه گردید (با این تفاوت که در آن به جای محلول عصاره از ۰/۱ میلی‌لیتر حلال اتانول-آب استفاده شد). نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت در فضای تاریک قرار داده شدند. در نهایت، جذب نمونه‌ها در طول موج برابر با ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر خوانده شد. میزان کل ترکیبات فنولی با استفاده از منحنی استاندارد گالیک اسید محاسبه شد و برحسب میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم خشک نمونه بیان گردید (Babaei-Rad et al., 2025).

نتایج و بحث

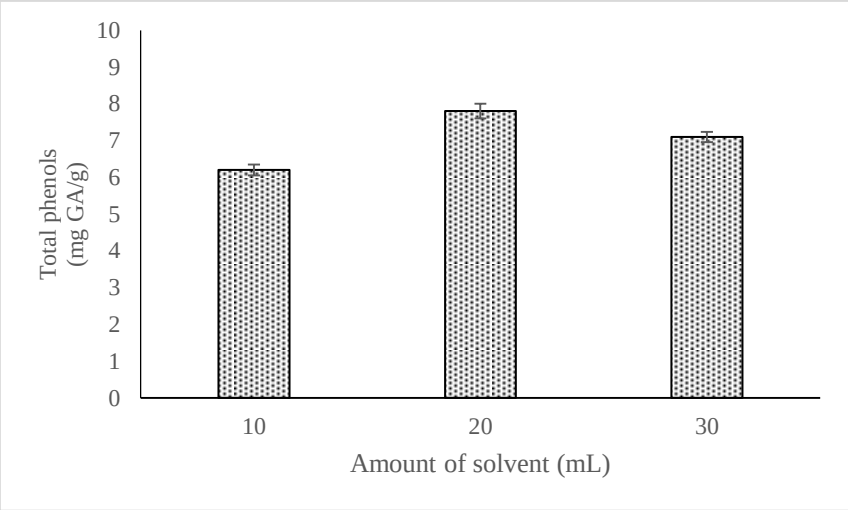
فنول‌های گیاهی گروهی از ترکیبات فنولی‌اند که در میوه‌ها (مانند انگور، سیب، مرکبات و عناب)، سبزیجات (مانند گوجه‌فرنگی، پیاز، کلم بروکلی)، گیاهان دارویی (مانند زعفران، چای سبز و دارچین) و دانه‌ها و غلات (مانند برنج قهوه‌ای، جو و گندم) یافت می‌شوند و نقش اساسی در متابولیسم ثانویه دارند. بسیاری از فنول‌های گیاهی مانند فلاونوئیدها و فنولیک اسیدها دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی هستند که می‌توانند از سلول‌ها در برابر آسیب‌های ناشی از استرس اکسیداتیو محافظت کنند. برخی از آنها به دلیل توانایی مهار مسیرهای سیگنالینگ سلولی مرتبط با رشد سلولی، اثرات ضدسرطانی دارند. همچنین، این ترکیبات می‌توانند باعث کاهش التهاب شوند و در درمان بیماری‌های التهابی مانند آرتریت نقش داشته باشند. بنابراین، بر اساس اهمیتی که این ترکیبات دارند استخراج آنها از منابع طبیعی حائز اهمیت است. لذا، در این کار تحقیقی، ترکیبات فنولی از عناب با روش التراسونیک مورد استخراج قرار گرفتند و تاثیر فاکتورهای زمان التراسونیک و مقدار حلال بر میزان این ترکیبات مورد ارزیابی قرار گرفت.

زمان التراسونیک یکی از عوامل کلیدی در استخراج ترکیبات فنولی از گیاهان است که می‌تواند بر بازده و کیفیت استخراج تأثیرگذار باشد. شکل ۱ تاثیر زمان التراسونیک بر میزان فنول کل را نشان می‌دهد. همانطور که از نتایج قابل مشاهده است بیشترین میزان فنول کل (با مقدار ۷/۸±۰/۱۵ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم عناب) در زمان ۳۰ دقیقه بدست امده و با افزایش زمان التراسونیک، میزان این ترکیبات کاهش یافت. بر اساس نتایج می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش زمان فراصوت، نفوذپذیری دیواره سلولی بیشتر شده و ترکیبات فنولی بیشتری آزاد می‌شوند، که منجر به افزایش بازده استخراج می‌شود. همچنین، زمان طولانی‌تر باعث افزایش برهم‌کنش بین حلال و مواد استخراج‌شده شده و مقدار فنول‌های استخراج‌شده افزایش می‌یابد. اما، اگر زمان فراصوت بیش از حد طولانی باشد، ممکن است برخی ترکیبات فنولی، به‌ویژه آن‌هایی که ساختار حساس‌تری دارند، به دلیل تولید بیش از حد رادیکال‌های آزاد، تخریب شوند. بعلاوه، مدت زمان مناسب استخراج می‌تواند باعث حفظ ترکیبات زیست‌فعال شود، در حالی که افزایش بیش از حد زمان ممکن است منجر به تغییر ترکیب فنول‌های استخراج‌شده شود (Hefied et al., 2023; Andrade et al. 2023). لذا، بر اساس نتایج، زمان ۳۰ دقیقه به عنوان بهترین زمان برای استخراج ترکیبات فنولی در نظر گرفته شد.



شکل ۱. تاثیر زمان التراسونیک بر میزان استخراج فنول کل از عناب

میزان حلال یکی از پارامترهای مهم در استخراج ترکیبات فنولی به کمک امواج فراصوت است که می‌تواند بر بازده، کارایی و کیفیت ترکیبات استخراج‌شده تأثیر بگذارد. شکل ۲ تاثیر مقدار حلال التراسونیک بر میزان فنول کل را نشان می‌دهد. همانطور که از نتایج قابل مشاهده است بیشترین میزان فنول کل در مقدار حلال ۲۰ میلی لیتر بر گرم بدست آمد و با افزایش مقدار حلال، میزان این ترکیبات کاهش یافت. بر اساس نتایج می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش میزان حلال، امکان تماس بیشتر بین حلال و مواد گیاهی فراهم می‌شود، که باعث تسهیل در آزادسازی ترکیبات فنولی از ساختار گیاه می‌شود. همچنین، مقدار کافی حلال می‌تواند باعث حل شدن بهتر فنول‌ها و کاهش اثرات بازدارنده از نظر اشباع ترکیبات در محلول شود. اما، در روش التراسونیک، امواج فراصوت باعث ایجاد کاویتاسیون در محیط استخراج می‌شوند. اگر مقدار حلال بیش از حد باشد، اثر کاویتاسیون کاهش یافته و استخراج کارایی کمتری خواهد داشت. در مقابل، اگر میزان حلال کم باشد، کاویتاسیون می‌تواند آسیب بیشتری به سلول‌های گیاهی زده و منجر به تخریب ترکیبات گردد. در نتیجه، بهینه‌سازی میزان حلال نه‌تنها باعث افزایش بازده استخراج می‌شود، بلکه مصرف انرژی و هزینه‌های فرآیند را نیز کاهش می‌دهد (Hefied et al., 2023; Andrade et al. 2023). لذا، بر اساس نتایج، مقدار حلال ۲۰ میلی لیتر بر گرم گیاه به عنوان بهترین مقدار حلال برای استخراج ترکیبات فنولی در نظر گرفته شد.



شکل ۲. تاثیر مقدار حلال بر میزان استخراج فنول کل از عناب

بنابراین، بر اساس نتایج بدست آمده زمان ۳۰ دقیقه التراسونیک و مقدار حلال ۲۰ میلی‌لیتر بر گرم گیاه به عنوان پارامترهای بهینه برای استخراج ترکیبات فنولی از عناب می‌باشد. تحت شرایط بهینه، می‌توان عصاره‌ای با بیشترین میزان فنول بدست آورد و از آن در توسعه فرمولاسیون‌های جدید و کاربردهای صنعتی استفاده برد.

منابع

Andrade, A. C., Borsoi, F. T., Saliba, A. S. M. C., de Alencar, S. M., Pastore, G. M., & Arruda, H. S. (2024). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds and antioxidant activity from Araticum peel using response surface methodology. *Plants*, *13*(18), 2560.

Babaei-Rad, S., Mumivand, H., Mollaei, S., & Khadivi, A. (2025). Postharvest UV-B and UV-C treatments combined with fermentation enhance the quality characteristics of Capparis spinosa L. fruit, improving total phenols, flavonoids, anthocyanins, phenolic acids, and antioxidant activity. *Food Chemistry*, *483*, 144306.

Bitwell, C., Indra, S. S., Luke, C., & Kakoma, M. K. (2023). A review of modern and conventional extraction techniques and their applications for extracting phytochemicals from plants. *Scientific African*, *19*, e01585. Hefied, F., Ahmed, Z. B., & Yousfi, M. (2023). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds and antioxidant activities From Pistacia atlantica Desf. galls using response surface methodology. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, *32*, 100449.

Perović, T., Lazović, B., Adakalić, M., Džamić, A., Žarković, L., Gašić, U., ... & Ćirić, A. (2025). Insights into bioactivity guided chemical profiling of Ziziphus jujuba Mill. fruits wild-growing in Montenegro. *Heliyon*, *11*(1).

Rajaei, A., Salarbashi, D., Asrari, N., Fazly Bazzaz, B. S., Aboutorabzade, S. M., & Shaddel, R. (2021). Antioxidant, antimicrobial, and cytotoxic activities of extracts from the seed and pulp of Jujube (Ziziphus jujuba) grown in Iran. *Food Science & Nutrition*, *9*(2), 682-691.

Extraction of Phenolic Compound from Jujube Using Ultrasonic Assisted Method

Saeed Mollaei[1]*, Mohana Safari Azar[2]
1. Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
2. Chemistry student, Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: s.mollaei@azaruniv.ac.ir

Abstract

Jujube has been recognized as one of the valuable medicinal fruits in traditional medicine, prized for its richness in phenolic and flavonoid compounds, which play a significant role in maintaining health. These bioactive compounds, with their strong antioxidant properties, can effectively neutralize free radicals, reduce oxidative stress, inhibit inflammatory processes, and protect the nervous system. In this study, ultrasonic-assisted extraction (UAE) was employed to optimize the extraction of phenolic compounds from jujube fruit. The effects of two key parameters, sonication time (10-50 minutes) and solvent-to-material ratio (10-30 mL/g), on extraction efficiency were thoroughly investigated. This method is particularly advantageous due to its high yield, reduced extraction time, and preservation of sensitive compounds. The optimization results revealed that the ideal extraction conditions were a 30-minute sonication time and a 20 mL/g solvent ratio, achieving the highest phenolic compound yield while maintaining their antioxidant activity. The findings clearly demonstrate that ultrasonication effectively disrupts cell walls, enabling efficient extraction of valuable compounds with minimal solvent consumption. These advantages make UAE a suitable choice for industrial-scale applications. Based on the results, this method can be applied in the production of dietary supplements, pharmaceutical formulations, and cosmetic products containing jujube phenolic compounds. Furthermore, optimizing extraction conditions can play a crucial role in developing new products with enhanced therapeutic properties.

Keywords: Extraction, Ultrasonic, Jujube, Flavonoids

تاثیر کاربرد بیوچار تحت تنش خشکی بر رشد و برخی صفات فیزیولوژیک بادرشبی

لمیا وجودی مهربانی *

دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: Vojodilamia@ gmail.com

چکیده

بادرشبی یکی از گیاهان دارویی مهم از خانواده نعناعیان می‌باشد. متابولیت‌های ثانویه استخراج شده از بخش هوایی گیاه (گلیکوزیدهای مونوترپن، اسید روزمارینیک و فلاونوئیدها) دارای اهمیت اقتصادی و دارویی می‌باشند. تنش خشکی، یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که تاثیر منفی بر فتوسنتز، تنفس، تعرق، فعالیت آنزیمی و انتقال یون در گیاه را دارد. به‌منظور بررسی تاثیر تنش خشکی (ظرفیت‌زراعی (شاهد)، ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت‌زراعی) و کاربرد خاکی بیوچار (عدم کاربرد، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم در کیلوگرم خاک) بر برخی صفات فیزیولوژیک بادرشبی، آزمایش فاکتوریل بریایه طرح کاملاً تصادفی در سال ۱۴۰۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان انجام شد. بیشترین محتوای کلروفیل a، b و محتوای آب‌نسبی برگ در تیمارهای آبیاری در حد ظرفیت‌زراعی × کاربرد هرسه سطح بیوچار و تیمار ۵۰ درصد ظرفیت‌زراعی × هرسه سطح بیوچار مشاهده شد. برعکس، بالاترین محتوای مالون دی‌آلدئید (۵/۱ نانومول) در تیمار آبیاری در ۳۰ درصد ظرفیت‌زراعی × شرایط بدون کاربرد بیوچار ثبت شد. تنش ملایم (۵۰ درصد ظرفیت‌زراعی)، همراه با کاربرد بیوچار، به ارتقای محتوای فنل کل در گیاه کمک کرد همچنین، کاربرد بیوچار در سطوح ۲۰ و ۳۰ گرم باعث بهبود محتوای فلاونوئید و ۳۰ گرم در کیلوگرم بیوچار موجب افزایش هردوی محتوای نسبی آب برگ و اسانس گیاه شد. نتایج حاصل نشان داد که استفاده از بیوچار در شرایط تنش ملایم (۵۰٪ ظرفیت‌زراعی) موجب بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی کلیدی گیاه می‌شود. این بهبودها در نهایت امکان تولید پایدار محصول را در شرایط کم‌آبیاری شده فراهم کرده و به پایداری تولید در شرایط تنش کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی: اسانس، فنل، کلروفیل، مالون‌دی‌آلدئید

مقدمه

بادرشبی با نام علمی *Dracocephalum moldavica* L.، گیاهی یک‌ساله و معطر از خانواده نعناعیان است که به‌دلیل حضور ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و اسانس از اهمیت فراوانی در طب سنتی و مدرن برخوردار است. از این گیاه برای درمان آسم، ناراحتی‌های گوارشی، قلبی و عروقی استفاده می‌شود. ترکیبات ذکرشده نقش مهمی در مهار رادیکال‌های آزاد، کاهش تنش اکسیداتیو و پیشگیری از بیماری را دارند (Ghanbarzadeh et al., 2020). همچنین اثرات ضدباکتری، ضدویروس و ضدالتهابی این گیاه، آن را به گزینه‌ای ارزشمند در توسعه فرآورده‌های طبیعی تبدیل کرده است. به‌همین دلیل کشت و پرورش این گیاه نه‌تنها از منظر اقتصادی، بلکه از دیدگاه حفظ تنوع زیستی و تامین منابع پایدار دارویی حائز اهمیت می‌باشد (Ghanbarzadeh et al., 2020; Asghari et al., 2025).

تنش خشکی به عنوان یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی، از طریق کاهش پتانسیل آب خاک، محدودیت در جذب عناصر غذایی، و ایجاد تنش‌های اکسیداتیو، منجر به اختلال در فرآیندهای متابولیکی، فتوسنتزی و بیوسنتز

متابولیت‌های ثانویه در گیاهان می‌شود (Zafar et al., 2023). بادرشبی یکی از گیاهان دارویی مهم پرورش یافته در ایران می‌باشد. حساسیت این گیاه به شرایط تنش آبی، می‌تواند منجربه کاهش بیوسنتز ترکیبات موثره و عملکرد زیست‌توده شود (Asghari et al., 2025).

بیوچار، محصول کربنیزه‌شدن مواد زیستی تحت شرایط حرارت بالا و بدون حضور اکسیژن (پیرولیز) می‌باشد. بیوچار به‌عنوان یک اصلاح‌کننده پایدار خاک با ویژگی‌هایی نظیر ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، سطح ویژه زیاد، و توانایی ذخیره آب، قادر است ریزمحیط ریشه را بهبود داده، فعالیت های فیزیولوژیکی گیاه را در شرایط تنش خشکی تعدیل نماید. همچنین، شواهد حاکی از آن است که بیوچار از طریق بهبود وضعیت تغذیه‌ای، افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش پراکسیداسیون لیپیدها، قادر به کاهش اثرات مخرب تنش خشکی بر گیاه می‌باشد (Zhang et al., 2020). در یک مطالعه مشخص شد که کاربرد بیوچار همراه با قارچ میکوریز در شرایط تنش ملایم موجب افزایش محتوای ترکیبات فنلی و اسانس اسطوخودوس شد (Haghaninia et al., 2024). با توجه به گسترش معضل خشکسالی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، و تاثیر این تنش بر کمیت و کیفیت گیاهان دارویی، و نیز با درنظر گرفتن تاثیر مثبت بیوچار در کاهش اثرات تنش‌های غیرزیستی برگیاه، این مطالعه با هدف بررسی نقش بیوچار در تعدیل تنش خشکی و تأثیر آن بر برخی صفات فیزیولوژیکی بادرشبی طراحی شده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تاثیر تنش خشکی و کاربرد خاکی بیوچار (عدم کاربرد، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم در کیلوگرم خاک) بر رشد و برخی صفات فیزیولوژیک بادرشبی آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان در سال ۱۴۰۳ انجام شد. در طول دوره رشد گیاه دمای روزانه و شبانه گلخانه به ترتیب ۲۵ و ۲۰ درجه‌سانتی‌گراد تنظیم شد. طول مدت روشنایی ۱۴ ساعت و رطوبت نسبی گلخانه ۷۵ درصد بود. بذرها در گلدان‌های ۵ لیتری حاوی خاک و تیمار بیوچار کشت شدند. هر تیمار دارای سه گلدان بود و آزمایش با سه تکرار اجرا شد. مراقبت‌های زراعی از گیاهان در طی رشد انجام شد. در مرحله سه برگی تیمار تنش خشکی (ظرفیت‌زراعی (۲۵٪)، ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت‌زراعی) بر گیاه اعمال شد و تا مرحله‌ی قبل از گلدهی ادامه یافت. در مرحله گلدهی گیاهان برای اندازه‌گیری صفات برداشت شدند. از دستگاه TDR پرتابل (TDRprime-1 ساخت شرکت بهتاب) در بررسی حاضر برای اندازه‌گیری رطوبت استفاده شد. از معرف فولن-سیوکالتو برای اندازه‌گیری محتوای فنل کل برمبنای استاندارد اسید گالیک استفاده شد. برای اندازه‌گیری محتوای فلاونوئید کل، از روش رنگ‌سنجی کلریدآلومینیوم برمبنای استاندارد کوئرستین استفاده شد (Chang et al., 2002). برای اندازه‌گیری محتوای اسانس ۵۰ گرم از بخش هوایی گیاه به‌روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر اسانس‌گیری شد. محتوای نسبی آب برگ، به‌روش شیرازی و همکاران (۲۰۰۵) تعیین شد. محتوای مواد جامد محلول برگ، با استفاده از رفرکتومتردستی (Erma, Tokio, Japan)، و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی باروش استخراج با استون تعیین شد (Arnon, 1949). محتوای مالون‌دی‌آلدئید گیاه با استفاده از تیوباربیتوریک اسید و اسید تری کلرواستیک با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Heath and Packer, 1968). آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها به کمک آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

محتوای کلروفیل a و b

اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی محتوای کلروفیل a و b را تحت‌تاثیر قرار داد. براساس نتایج حاصل، تیمار بدون تنش آبی × هرسه سطح بیوچار و تیمار آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت‌زراعی × کاربرد هرسه سطح بیوچار منجر به افزایش محتوای کلروفیل a و b گیاه شد (جدول ۱). تنش خشکی موجب کاهش محتوای کلروفیل بادرشبی شد (Asghari et al., 2025). کاربرد بیوچار تحت تنش شوری منجر به افزایش محتوای کلروفیل گیاه به‌دلیل افزایش فعالیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گیاه و بهبود جذب عناصر غذایی شد (Safavi et al., 2024). چنین به‌نظر می‌رسد بیوچار با بهبود ساختار خاک و کمک به جذب مواد غذایی منجربه ارتقای بیوسنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی شده و به بقای گیاه در شرایط تنش کمک می‌کند (Zhang et al. 2020).

محتوای نسبی آب برگ

کمترین محتوای نسبی آب برگ در تیمارهای آبیاری در ۳۰ درصد ظرفیت‌زراعی در شرایط بدون کاربرد بیوچار مشاهده شد. تیمارهای آبیاری در حد ظرفیت‌زراعی × کاربرد هرسه سطح بیوچار و آبیاری درو ۵۰ درصد ظرفیت‌زراعی × کاربرد هرسه سطح بیوچار منجر به افزایش محتوای نسبی آب برگ شد (جدول ۱). تحت تنش خشکی کاربرد بیوچار منجر به افزایش کارآیی مصرف آب در سویا شد (Zhang et al., 2020). تنظیم آب برگ یکی از مهم‌ترین راهکارهای گیاه برای مقابله با تنش می‌باشد. بیوچار با کمک به جذب آب نقش مهمی در بهبود جذب آب توسط گیاه را داشته و به این طریق به بقای گیاه در شرایط تنش کمک می‌کند (Haghaninia et al., 2024).

محتوای مالون دی‌آلدئید

تحت شرایط تنش آبی (۳۰ و ۵۰ درصد ظرفیت‌زراعی) کاربرد بیوچار موجب کاهش محتوای مالون‌دی‌آلدئید برگ شد بالاترین محتوای مالون‌دی‌آلدئید برگ در تیمارهای آبیاری در ۳۰ درصد ظرفیت‌زراعی × شرایط بدون کاربرد بیوچار مشاهده شد. (جدول ۱). در یک مطالعه در گیاه ترخون مشخص شد که استفاده از بیوچار تحت تنش شوری موجب کاهش محتوای مالون دی‌آلدئید گیاه شد (Safavi et al., 2024). بیوچار به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک با خواص فیزیکوشیمیایی ویژه، نقش موثری در کاهش اثرات زیانار تنش خشکی در گیاه را ایفا می‌کند. یکی از شاخص‌های آسیب ناشی از تنش خشکی در گیاه، افزایش محتوای مالون دی‌آلدئید است. افزودن بیوچار به خاک با بهبود ظرفیت نگهداری آب در خاک، افزاش تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و کاهش تولید گونه‌های فعال اکسیژن به بقای گیاه در شرایط تنش کمک می‌کند. این عوامل در مجموع موجب کاهش سطح مالون دی‌آلدئید در بافت‌های گیاهی شده و به حفظ ساختار سلولی و عملکرد فیزیولوژیکی گیاه در شرایط کم‌آبی کمک می‌کند (Wu et al., 2023).

محتوای فنل، فلاونوئید، مواد جامد محلول کل و اسانس بادرشبی

آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت‌زراعی همراه با کاربرد هرسه سطح بیوچار منجر به افزایش محتوای فنل کل شد (جدول ۱). بیشترین محتوای فلاونوئید در تیمارهای کاربرد ۲۰ و ۳۰ گرم بیوچار مشاهده و بالاترین محتوای مواد جامد محلول کل و اسانس گیاه در تیمارهای ۱۰ و ۲۰ گرم بیوچار مشاهده شد (جدول ۲). کابرد بیوچار تحت تنش خشکی منجر به افزایش محتوای اسانس مرزه شد (Beiranvandi et al., 2022). بیوچار با بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و افزایش قابلیت نگهداری رطوبت، موجب تقویت مسیرهای بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه

همچون اسانس‌ها و ترکیبات فنلی در شرایط تنش خشکی می‌شود. این فرآیند از طریق تعدیل بیان ژن‌های کلیدی آنزیم‌های مرتبط با مسیر بیوشیمیایی فنیل‌پروپانوئیدها و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، سبب ارتقاء تولید فنول‌ها، اسانس‌ها و سایر متابولیت‌های ثانویه می‌گردد که نقش حفاظتی در کاهش آسیب اکسیداتیو و بهبود سازگاری گیاه با تنش آبی را ایفا می‌کنند. بدین ترتیب، بیوچار نه تنها کیفیت متابولیت‌های ثانویه را افزایش داده بلکه به بهبود تحمل گیاه، تحت تنش خشکی کمک می‌نماید (Wu et al., 2023; Haghaninia et al., 2024).

جدول ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد بیوچار بر برخی صفات فیزیولوژیک بادرشبی

تنش خشکی	بیوچار (گرم به کیلوگرم)	محتوای کاروفیل a (mg g^{-1} DW)	محتوای کاروفیل b (mg g-1 DW)	محتوای نسبی آب گ (%)	محتوای مالون دی‌آلدئید (nmol mg-1 FW)	محتوای فنل کل (mg g-1 DW)
FC	عدم کاربرد بیوچار	۱/۹^{b}	۱/۲^{b}	۸۱^{b}	۱/۱۶^{bc}	۳/۲^{bc}
FC	۱۰	۳/۲^{a}	۱/۶^{a}	۹۲^{a}	۰/۹^{d}	۳/۹^{b}
FC	۲۰	۲/۹^{a}	۱/۷^{a}	۹۵^{a}	۰/۸۳^{d}	۴/۰^{b}
FC	۳۰	۳/۱^{a}	۱/۹^{a}	۹۳^{a}	۰/۷۹^{d}	۴/۲^{b}
۵۰ درصد FC	عدم کاربرد بیوچار	۱/۶^{b}	۱/۰^{bc}	۸۱^{b}	۲/۹^{c}	۳/۹^{b}
۵۰ درصد FC	۱۰	۲/۹^{a}	۱/۵^{ab}	۸۹^{ab}	۲/۵^{c}	۵/۵^{a}
۵۰ درصد FC	۲۰	۲/۸^{a}	۱/۶^{a}	۹۲^{a}	۲/۳^{c}	۵/۱^{a}
۵۰ درصد FC	۳۰	۲/۹^{a}	۱/۵^{ab}	۹۳^{a}	۲/۱^{c}	۴/۸^{ab}
۳۰ درصد FC	عدم کاربرد بیوچار	۰/۹^{d}	۰/۵^{e}	۶۷^{d}	۵/۱^{a}	۱/۹^{a}
۳۰ درصد FC	۱۰	۱/۱^{c}	۰/۷^{d}	۷۱^{c}	۴/۲^{b}	۳/۲^{c}
۳۰ درصد FC	۲۰	۱/۳^{c}	۰/۶^{d}	۷۸^{c}	۴/۵^{b}	۳/۸^{bc}
۳۰ درصد FC	۳۰	۱/۲^{c}	۰/۷^{d}	۷۹^{c}	۴/۵^{b}	۴/۳^{b}
خشکی (A)		**	**	**	**	**
بیوچار (B)		**	**	**	**	**
A×B		*	**	*	**	**

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار آماری براساس آزمون LSD می‌باشند. ns، * و **به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند. ظرفیت زراعی به صورت FC در جدول نشان داده شده است.

جدول ۲. مقایسه میانگین کاربرد بیوچار بر محتوای فلاونوئید، اسانس و مواد جامد محلول بادرشبی

کاربرد بیوچار (گرم به کیلوگرم)	محتوای فلاونوئید (mg g^{-1}DW)	محتوای مواد جامد محلول (° Brix)	محتوای اسانس (٪)
عدم کاربرد بیوچار	c۱/۷	c۱/۲	d۱/۰
۱۰	b۱/۹	b۲/۲	c۱/۴
۲۰	ab۲/۵	b۲/۱	b۱/۵
۳۰	a۲/۸	a۲/۵	a۱/۷
خشکی (A)	ns	ns	ns
بیوچار (B)	**	**	**
A×B	ns	ns	ns

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار آماری براساس آزمون LSD می‌باشند. ns، *و **به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از بررسی حاضر نشان داد که تنش خشکی تاثیر منفی برصفات فیزیولوژیک مورد اندازه‌گیری از طریق افزایش محتوای مالون دی‌آلدئید را داشت. در شرایط تنش خشکی کاربرد بیوچار منجربه بهبود محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل، و محتوای فنل کل شد. کاهش محتوای مالون دی‌آلدئید برگ در اثر کاربرد بیوچار در شرایط تنش آبی مشاهده شد. بطور کلی، نتایج حاصل نشان داد که استفاده از بیوچار تحت تنش خشکی با بهبود صفات فیزیولوژیکی گیاه به تولید پایدار محصول در شرایط تنش کمک می‌کند

منابع

Asghari, B., Hoseinzadeh, M. and Mafakheri, S. (2025). Enhancing drought resistance in *Dracocephalum moldavica* L. through mycorrhizal fungal inoculation and melatonin foliar application. *Scientific Reports, 15*, 10051. https://doi.org/10.1038/s41598-025-95127-2

Beiranvandi, M., Akbari, N., Ahmadi, A., Mumivand, H. and Nazarian, F. (2022). Biochar and super absorbent polymer improved growth, yield, and phytochemical characteristics of *Satureja rechingeri* Jamzad in water-deficiency conditions. *Industrial Crops and Products, 183*, 114959. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114959.

Ghanbarzadeh, Z, Mohsenzadeh, S., Rowshan, V. and Zarei, M. (2020). Mitigation of water deficit stress in *Dracocephalum moldavica* by sym.biotic association with soil microorganisms. *Scientia Horticulturae, 272*, 109549. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109549

Haghaninia, M., Javanmard, A., Radicetti, E., Rasouli, F., Ruiz-Lozano, J.M. and Sabbatini, P. (2024). Adoption of arbuscular mycorrhizal fungi and biochar for alleviating the agro-physiological response of lavander (*Lavandula angustifolia* L.) subjected to drought stress. *Plant Stress, 12*,100461. https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100461Safavi, M., Mohammadzadeh, M. and Vojodi Mehrabani, L. (2024). The effects of biochar on the growth and some physiological characteristics of *Artemisia dracunculus* L. under salinity stress. *Plant Production, 47*, 229-244. https://doi.org/10.22055/ppd.2024.47046.2173Wu, Y., Wang, X., Zhang, L., Zheng, Y., Liu, X. and Zhang, Y. (2023). The critical role of biochar to mitigate the adverse impacts of drought and salinity stress in plants. *Frontiers in Plant Science, 14*, 1163451. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1163451

Zafar, M. M., Chattha, W. S., Khan, A. I., Zafar, S., Subhan, M., Saleem, H., Ali, A., Ijaz, A., Anwar, Z., Qiao, F. and Shakeel, A. (2023). Drought and heat stress on cotton genotypes suggested agro-physiological and biochemical features for climate resilience. *Frontiers in Plant Science, 14*, 1265700. Doi: 10.3389/fpls.2023.1265700.

Zhang, Y., Ding, J., Wang, H., Su, L. and Zhao, C. (2020). Biochar addition alleviate the negative effects of drought and salinity stress on soybean productivity and water use efficiency. *BMC Plant Biology, 20*, 288. https://doi.org/10.1186/s12870-020-02493-2

The effect of biochar application on some physiological traits of *Dracocephalum moldavica* L. under drought stress

Lamia Vojodi Mehrabani*
Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
*Corresponding author: Vojodilamia@ gmail.com

Abstract

Dracocephalum moldavica L. is one of the important medicinal plants of the Lamiaceae family. Secondary metabolites extracted from the aerial part of the plant (monoterpene glycosides, rosmarinic acid and flavonoids) possess economic and pharmacological value. Drought stress is one of the most critical abiotic factors that adversely affecting photosynthesis, respiration, transpiration, enzymatic activity and ion transport in plants. To evaluate the effect of drought stress (field capacity (control) (FC), 50 and 30% FC) and soil –based biochar application (no application, 10, 20 and 30 gkg^{-1} soil) on selected physiological traits of *D. moldavica*, a factorial experiment based on a completely randomized design was conducted in 2024 in the research greenhouse of Azerbaijan Shahid Madani University. The highest levels of chlorophyll a, b and relative leaf water content were observedin irrigation treatment at field capacity × all three levels of biochar and 50% FC × all levels of biochar application. Conversely, the highest malondialdehyde content (5.1 nmol) was recorded under the 30% FC treatment × no-biochar application. Mild drought stress (50% FC) in combination with all biochar levels led to an increase in the total phenol content. Furthermore, application of 20 and 30 gkg^{-1} biochar enhanced the flavonoid content, while application of 30 gkg^{-1} biochar also significantly raised both relative leaf water and essential oil content of the plant. Overall, the results showed that biochar application under field capacity and 50% FC improves key physiological traits, thereby supporting sustainable crop production and yield stability under limited irrigation and stress conditions.

Keywords: Chlorophyll, Essential oil, Malondialdehyde, Phenol

بررسی اثر آنتی‌باکتریال عصاره‌های هیدروالکلی گیاهان دارویی رازک، شنبلیله، ریحان و ترکیب آنها بر روی باکتری‌های شایع در عفونت ناشی از سوختگی

حجت اقبال[۱]، یوسف جهانی‌جلودار[۲]، مهدی احمدی‌سابق[۱]، زهره قاضی‌طباطبائی[۱] و اسلام مرادی‌اصل[۳]

۱- گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، اهر، ایران.

۲- بخش تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران.

۳- گروه بهداشت عمومی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران.

*نویسنده مسئول: hojat.eg@gmail.com

چکیده

سوختگی یکی از عواملی است که نه تنها به پوست آسیب می‌رساند بلکه اغلب با عفونت‌های مختلف باکتریایی نیز همراه است. با توجه به افزایش مقاومت باکتری‌ها نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های موجود، درمان زخم‌های عفونی حاصل از سوختگی با مشکلات فراوانی مواجه شده است. مطالعه حاضر با هدف بررسی خاصیت ضد میکروبی عصاره‌های هیدروالکلی گیاه دارویی رازک، شنبلیله، ریحان به نسبت مساوی در برابر باکتری‌های شایع موجود در عفونت‌های سوختگی انجام گردید. در این تحقیق اندام‌های هوایی گیاهان از مناطق مختلف شمال‌غربی ایران در سال ۱۴۰۳ جمع‌آوری گردید، و پس از خشک شدن در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد به روش ماسراسیون عصاره‌گیری شد سپس خاصیت ضدمیکروبی آنها با دو روش بررسی قطر هاله عدم رشد و حداقل غلظت مهارکنندگی در برابر باکتری‌های شایع موجود در عفونت‌های سوختگی که شامل: استافیلوکوک اورئوس، اشریشیا کُلی، سودوموناس آئروژینوزا، کلبسیلا پنومونیه بودند در غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ mg/ml با ۳ تکرار انجام شد و از داروی Nitrofurantoin برای کنترل مثبت استفاده گردید. پس از انجام آزمون آنتی‌بیوگرام مشخص گردید که در بررسی اثر ممانعت از رشد باکتری، بین عصاره‌های مورد مطالعه، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در بررسی قطر ممانعت از رشد باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی نیز مشخص شد که بیشترین قطر هاله مربوط به مخلوط سه‌گانه‌ی عصاره‌های هیدروالکلی رازک، شنبلیله و ریحان به نسبت مساوی می‌باشد که نتایج نسبتاً مشابهی را نسبت به داروی Nitrofurantoin از خود نشان داد. هم‌چنین نتایج به‌دست آمده از تست MIC نشان داد که باکتری‌های مورد مطالعه بیشترین حساسیت را نسبت به داروی فوق و پس از آن نسبت به مخلوط سه‌گانه عصاره‌های رازک، شنبلیله و ریحان دارد و این در حالی است که شنبلیله حساسیت نسبتاً کمتری را نسبت به عصاره‌های دیگر برای باکتری‌های مورد نظر ایجاد کرد. با توجه به نتایج موجود می‌توان گفت که مخلوط سه‌گانه عصاره‌های هیدروالکلی رازک، شنبلیله و ریحان دارای اثر ضد میکروبی قوی بر عفونت ایجاد شده در سوختگی‌های پوستی بوده و می‌تواند به‌عنوان دارویی جایگزین در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: سوختگی، عصاره، عفونت، گیاهان دارویی، هیدروالکلی.

مقدمه

سوختگی نوعی آسیب به گوشت یا پوست است که بر اثر گرما، برق، مواد شیمیایی، اصطکاک یا پرتو به وجود می‌آید. سوختگی‌هایی که تنها بر سطح پوست اثر می‌گذارند را سوختگی‌های سطحی یا سوختگی‌های درجه اول می‌نامند. در سوختگی با ضخامت کامل یا سوختگی درجه سوم به همه لایه‌های پوست آسیب می‌رسد. درمان مورد نیاز به شدت سوختگی بستگی دارد. سوختگی‌های سطحی را می‌توان به وسیله مسکن درمان کرد، در حالی‌که سوختگی‌های شدیدتر نیازمند درمان مداوم در مراکز سوختگی ویژه می‌باشند. در دهه‌های اخیر، مقاومت به داروهای ضد میکروبی در باکتری‌های ایجاد کننده عفونت زخم سوختگی، روند رو به رشدی داشته است. با توجه به این موارد، تحقیقات متعددی در زمینه‌های مختلف از جمله پزشکی، داروسازی و ... در جهت یافتن داروهای جدید مؤثر بر این عفونت انجام گرفته که در این میان، توجه خاصی به گیاهان دارویی شده است. لذا، تحقیق در جهت شناسایی ترکیبات ضدمیکروبی جدید با منشاء طبیعی، روز به روز در حال افزایش است. گیاهان عالی دارای متابولیت‌های ثانویه فراوانی می‌باشند که می‌توانند به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع دارویی با اثرات ضدباکتریایی و ضدقارچی جدید شمرده شوند (Oussalah et al, 2007). در طب سنتی استفاده از گیاهان دارویی در درمان سوختگی‌ها، ناراحتی‌های پوستی، بیماری‌های عفونی، سپتی سمی و التهاب متداول است (Shahidi et al, 2004).

مواد و روش‌ها

الف) جمع‌آوری و شناسایی گیاهان: گیاهان مورد بررسی از مناطق شمال‌غربی ایران، استان‌های اردبیل و آذربایجان‌شرقی جمع‌آوری شدند. پس از جمع‌آوری با استفاده از مجموعه کتب فلور گیاهی ایران و نمونه موجود در هرباریوم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اردبیلو دانشکده داروسازی تبریز مورد شناسایی، و تطبیق قرار گرفتند و پس از اطمینان از صحت انتخاب گیاه مورد نظر. گیاهان مورد نظر خشک شدند. بعد از خشک شدن گیاهان در اتاق سایه، به وسیله آسیاب برقی و با استفاده از الک قسمت‌های هوایی گیاه به صورت پودر تهیه گردید (Koelzer et al, 2009).

ب) تهیه عصاره: پودرهای تهیه شده در داخل بشر ریخته شد. و جهت عصاره‌گیری به روش خیساندن، به نسبت ۸ به ۱ به آن اتانول ۹۶ درصد اضافه گردید و به‌مدت یک هفته در یخچال قرار داده شد. در طی این مدت ۲ بار بشرهای محتوی عصاره به مدت ۱۵ دقیقه به منظور استخراج بهتر و بیشتر ترکیبات موثر گیاه در دستگاه اولتراسوند قرار داده شدند (Moniee et al, 1981؛ Min et al, 2003).

ج) بررسی خاصیت ضد میکروبی: جهت بررسی خواص ضدمیکروبی عصاره‌ها از دو روش آنتی‌بیوگرم (Disk diffusion) و حداقل غلظت مهار کنندگی (MIC) استفاده شد.

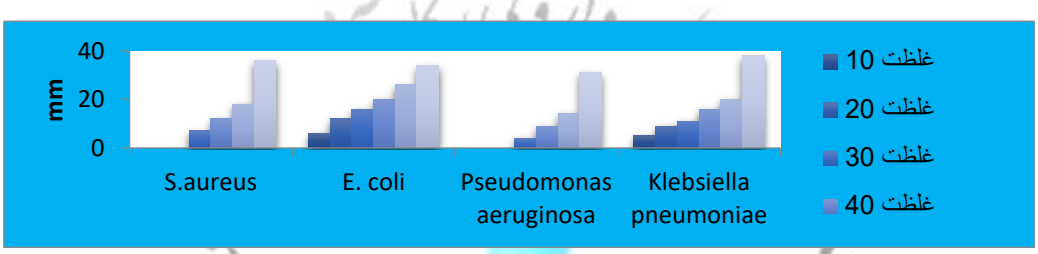
نتایج

پس از انجام آزمون آنتی بیوگرام مشخص گردید که در بررسی اثر ممانعت از رشد باکتری، بین عصاره‌های گیاهان مورد مطالعه، اختلاف بسیار معنی‌داری وجود دارد. در بررسی اثر ساده عصاره‌های گیاهی بر قطر ممانعت از رشد باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی مشخص شد که بیشترین قطر هاله مربوط به مخلوط سه‌گانه‌ی عصاره‌های هیدروالکلی رازک، شنبلیله و ریحان می‌باشد. بررسی اثر متقابل عصاره‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین قطر ممانعت از رشد باکتری مربوط به غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر عصاره‌ی هیدروالکلی ریحان و کم‌ترین

آن‌ها مربوط به غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر عصاره هیدروالکلی شنبلیله می‌باشد. با توجه به نتایج مشاهده شده مشخص شد که مخلوط سه‌گانه عصاره‌های هیدروالکلی رازک، شنبلیله و ریحان نتایج نسبتاً مشابهی را نسبت به داروی Nitrofurantoin از خود نشان داد.

جدول ۱. مقادیر قطر هاله عدم رشد حاصل از عصاره هیدروالکلی رازک بر روی باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی.

Concentration mg/ml						Gram	Bacterial strain
Nitrofurantoin	50	40	30	20	10		
36	18	12	7	-	-	+	S.aureus
34	26	20	16	12	6	_	E. coli
31	14	9	4	-	-	_	Pseudomonas aeruginosa
38	20	16	11	9	5	_	Klebsiella pneumoniae



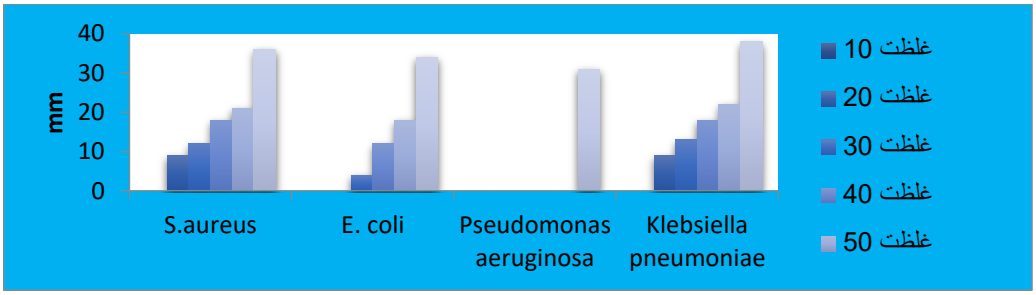
نمودار ۱. میانگین قطر هاله عدم رشد (میلی‌متر) در باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی با غلظت‌های مختلف عصاره هیدروالکلی رازک.

جدول ۲. مقادیر MIC حاصل از عصاره رازک بر باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی.

Mg/ml	میکروب‌های مورد آزمایش
8±1	S.aureus
4±1	E. coli
8±1	Pseudomonas aeruginosa
6±1	Klebsiella pneumoniae
2±1	Nitrofurantoin

جدول ۳. مقادیر قطر هاله عدم رشد حاصل از عصاره هیدروالکلی شنبلیله بر روی باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی.

Concentration mg/ml						Gram	Bacterial strain
Nitrofurantoin	50	40	30	20	10		
36	21	18	12	9	-	+	S.aureus
34	16	12	4	-	-	-	E. coli
31	-	-	-	-	-	-	Pseudomonas aeruginosa
38	22	18	13	9	-	-	Klebsiella pneumoniae



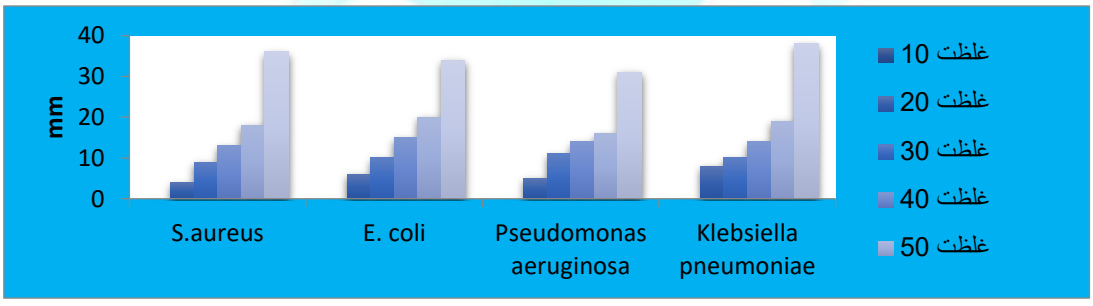
نمودار ۲. میانگین قطر هاله عدم رشد (میلی‌متر) در باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی با غلظت‌های مختلف عصاره هیدروالکلی شنبلیله.

جدول ۴. مقادیر MIC حاصل از عصاره هیدروالکلی شنبلیله بر باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی.

میکروب‌های مورد آزمایش	Mg/ml
S.aureus	6±1
E. coli	8±1
Pseudomonas aeruginosa	-
Klebsiella pneumonia	4±1
Nitrofurantoin	2±1

جدول ۵. مقادیر قطر هاله عدم رشد حاصل از عصاره هیدروالکلی ریحان بر روی باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی.

Bacterial strain	Gram	Concentration mg/ml					
		10	20	30	40	50	Nitrofurantoin
S.aureus	+	-	4	9	13	18	36
E. coli	–	-	6	10	15	20	34
Pseudomonas aeruginosa	–	-	5	11	14	16	31
Klebsiella pneumoniae	–	-	8	10	14	19	38



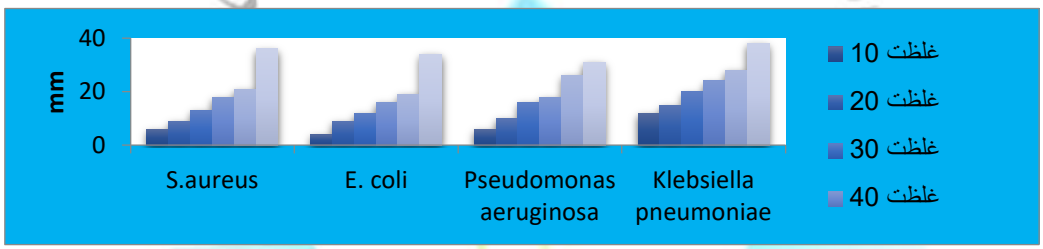
نمودار ۳. میانگین قطر هاله عدم رشد (میلی‌متر) در باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی با غلظت‌های مختلف عصاره هیدروالکلی ریحان.

جدول ۶. مقادیر MIC حاصل از عصاره هیدروالکلی ریحان بر باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی.

میکروب‌های مورد آزمایش	Mg/ml
S.aureus	8±1
E. coli	6±1
Pseudomonas aeruginosa	10±1
Klebsiella pneumonia	8±1
Nitrofurantoin	2±1

جدول ۷. مقادیر قطر هاله عدم رشد حاصل از مخلوط سه‌گانه حاصل از عصاره‌های هیدروالکلی رازک، شنبلیله و ریحان بر روی باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی.

Bacterial strain	Gram	Concentration mg/ml					
		10	20	30	40	50	Nitrofurantoin
S.aureus	+	6	9	13	18	21	36
E. coli	-	4	9	12	16	19	34
Pseudomonas aeruginosa	-	6	10	16	18	26	31
Klebsiella pneumoniae	-	12	15	20	24	28	38



نمودار ۴. میانگین قطر هاله عدم رشد (میلی‌متر) در باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی با غلظت‌های مختلف مخلوط سه‌گانه حاصل از عصاره‌های هیدروالکلی رازک، شنبلیله و ریحان.

جدول ۸. مقادیر MIC حاصل از مخلوط سه‌گانه حاصل از عصاره‌های هیدروالکلی رازک، شنبلیله و ریحان بر باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی.

میکروب‌های مورد آزمایش	Mg/ml
S.aureus	2±1
E. coli	4±1
Pseudomonas aeruginosa	2±1
Klebsiella pneumoniae	4±1
Nitrofurantoin	2±1

بحث

در پژوهش انجام شده توسط جانسون و همکاران در سال ۲۰۰۱ رشد کلستریدیوم دیفیسل، کلستریدیوم بوتولینوم و هلیکوباکترپیلوری بر اثر مجاورت با ppm ۱ یا بیشتر از بتاسیدهای موجود در عصاره رازک متوقف شد

(Johnson et al., 2001). در تحقیق سیمپسون و همکاران در سال ۱۹۹۲ فعالیت فاکتورهای ضدباکتریایی موجود در عصاره رازک مورد بررسی قرار گرفت که در بین آن‌ها بتااسیدها دارای اثرات بالای ضد باکتریایی بودند (Simpson et al., 1992). اثر ضدمیکروبی تعدادی از گونه ریحان‌های بر باکتری‌های گرم مثبت و منفی و همین طور قارچ‌های بیماری‌زا و غیربیماری‌زا بررسی شده و گونه‌ی ریحان فرانسوی، اثر خوبی روی درماتوفیت‌ها نشان داده است. عصاره‌ی آبی و الکلی برگ‌های ریحان فعالیت ضد زخم‌زایی در دستگاه گوارش موش آزمایشگاهی نشان داده‌اند. این اثر را مربوط به فلاونوییدهای موجود می‌دانند (Ghasemi, 2025).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مطالعه نشان می‌دهد که اختلاف بسیار معنی‌داری وجود دارد. به‌طوری‌که بیشترین قطر هاله مربوط به ترکیب سه‌گانه‌ی عصاره‌های هیدروالکلی رازک، شنبلیله و ریحان می‌باشد. بررسی اثر متقابل عصاره‌های مورد مطالعه نیز نشان می‌دهد که بیشترین قطر ممانعت از رشد باکتری مربوط به غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر عصاره‌ی هیدروالکلی ریحان و کم‌ترین آن‌ها مربوط به غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر عصاره هیدروالکلی شنبلیله می‌باشد. با توجه به نتایج مشخص شد که مخلوط سه‌گانه عصاره‌های هیدروالکلی رازک، شنبلیله و ریحان نتایج نسبتاً مشابهی را نسبت به داروی Nitrofurantoin از خود نشان داد. نتایج به‌دست آمده از تست MIC نشان داد که باکتری‌های مورد مطالعه بیشترین حساسیت را نسبت به داروی Nitrofurantoin و پس از آن نسبت به مخلوط سه‌گانه عصاره‌های هیدروالکلی رازک، شنبلیله و ریحان دارد و این در حالی است که گیاه دارویی شنبلیله حساسیت نسبتاً کمتری را نسبت به عصاره‌های دیگر برای باکتری‌های مورد نظر ایجاد می‌کند.

منابع

Acharya S N, Srichamoren A, Basu S, Ooraikul B, Basu T. (2026). Improvement in the nutraceutical properties offenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) Songklanakarin J. Sci. Technol. 28(1): 1-9

Androw JM. BSAC Standardized disc susceptibility testing method. J. Antimicrobial Chemotherapy 2001; 7 (5): 48 - 57.

Blot SI, Hoste EA. (2021). Staphylococcal septicemia in burns. Burns; 27(2) : 203.

Brunicardia FC, Andersen DK, Billiar TR, Dunn DL, Hunter JG, Pollock RE, (2025). Editors. Schwartz's principles of surgery. NewYork, Mc Graw – Hill Inc.

Chaudhari RD. (1996). Herbal drug industry: a practical approach to industrial pharmacognosy. Eastern Publishers. New Dehli.

Delmulle L, Bellahcène A, Dhooge W, Comhaire F, Roelens F, Huvaere K, et al., (2026). Anti-proliferative properties of prenylated flavonoids from hops (Humulus lupulus L.) in human prostate cancer cell lines. Phytomedicine;13(9):732-4.

Ghasemi Dehkordi A. (2025). Iranian Herbal Pharmacopeia (in Persian). Vol 1-2. Ministry of Health, Treatment and Medical Training publication. Tehran. Iran. 470 pp.

Johnson, C. R.; Reiling, B. A.; Mislevy, P.; Hall, M. B., (2001). Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses. J. Anim. Sci., 79 (9): 2439-2448.

Kienzle N, Muller M, Pegg S. (2021). Chryseobacterium in burn wounds. Burns; 27(2): 179 - 82. 10.

Simpson et al., (1992). Factors affecting antibacterial activity of hope compounds. J. of Applied Bacteriol. 327 - 34.

Stevens JF, Page JE. (2024). Xanthohumol and related prenylflavonoids from hops and beer: to your good health! Phytochemistry; 65(10): 1317-30.

Svoboda KP and Hampson JB. (1999). Bioactivity of essential selected oils of temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, antiinflammatory and other related pharmacological activities. IENICA Conference, Specialty Chemicals for the 21st Century: Intermediary Products, Cosmetics, Perfumes, and Medicinal Applications, pp: 1 – 17.

Unkhwan H, Shouguang I. (1999). Expression of the soxR gene of Pseudomonas aeruginosa is inducible during infection of burn wounds in mice and is required to cause efficient bacteria. Infect and Immun. 67(10): 5324-31.

Zanoli P, Zavatti M. (2018). Pharmacognostic and pharmacological profile of Humulus lupulus L. Journal of Ethnopharmacology. 116(3): 383-96.

The Antibacterial effect of Hydroalcoholic extract Medicinal Plants *Urtica dioica* L. and *Menthe longifolia* L. on common Bacterial burn infection

Hojjat Eghbal[*1], Yousef Jahani-Jelodar[2], Mehdi Ahmadi- Sabegh[1], Zohreh Ghazi-Tabatabye[1] and Eslam Moradi-Asl[3]

1. Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Islamic Azad University, Ahar Branch, Ahar, Iran.
2. Agricultural and Horticultural Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Ardabil Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ardabil, Iran.
3. Department of Public Health, Faculty of Public Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran.

[*]*Corresponding Author: hojat.eg@gmail.com*

Abstract:

Burns are one of the factors that not only damage the skin but are also often accompanied by various bacterial infections. Considering the increasing resistance of bacteria to existing antibiotics, the treatment of infected wounds resulting from burns has faced numerous problems. The present study aimed to investigate the antimicrobial properties of hydroalcoholic extracts of the medicinal plants hops, fenugreek, and basil in equal proportions against common bacteria found in burn infections. In this study, aerial parts of plants were collected from different regions of northwestern Iran in 1403, and after drying at 28 degrees Celsius, they were extracted by maceration method. Then, their antimicrobial properties were examined by two methods: disk diffusion diameter and minimum inhibitory concentration (MIC) against common bacteria found in burn infections, including Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, and Klebsiella pneumoniae, at concentrations of 10, 20, 30, 40, and 50 mg/ml with 3 replicates, and Nitrofurantoin was used as a positive control. After performing the antibiogram test, it was found that there was a significant difference in the effect of inhibiting bacterial growth among the extracts studied. In the study of the inhibition of the growth of common bacteria involved in burn infection, it was also found that the highest halo diameter was associated with the triple mixture of hydroalcoholic extracts of hops, fenugreek, and basil in equal proportions, which showed relatively similar results to the drug Nitrofurantoin. Also, the results obtained from the MIC test showed that the bacteria studied were most sensitive to the above drug and then to the triple mixture of hops, fenugreek, and basil extracts, while fenugreek caused relatively less sensitivity to the bacteria in question than to the other extracts. According to the available results, it can be said that the triple mixture of hydroalcoholic extracts of hops, fenugreek, and basil has a strong antimicrobial effect on infections caused by skin burns and can be considered as an alternative medicine.

Keywords: Burns, Extract, Infection, Medicinal plants, Hydroalcoholic.

گیاهان دارویی، مواد افزودنی خوراکی برتر در صنعت دامپروری

علیرضا جعفری صیادی [*۱]، سیده عظمت میری [۲]، و فاطمه جعفری صیادی [۳]

۱- هیأت علمی گروه مهندسی علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۲- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۳- دانش‌آموخته دکترا گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

[*]نویسنده مسئول: jafarisayadi@gmail.com

چکیده

به عنوان یک تعریف ساده مواد افزودنی خوراکی ترکیباتی هستند که از طریق اثر بر سلول‌های دستگاه گوارش و نیز سایر سلول‌های بدن باعث بهبود راندمان استفاده از مواد مغذی و حمایت از سلامتی دام می‌گردند. امروزه مواد افزودنی متنوعی با کارکردهای مختلف در صنعت دامپروری مصرف می‌شوند. بخش قابل توجهی از هزینه تأمین جیره متعادل در صنعت دام به خرید مواد افزودنی خوراکی برمی‌گردد. به دلیل اثرات منفی ناشی از مصرف طولانی‌مدت مواد افزودنی صنعتی بر سلامت دام و در مرتبه بعد به دلیل حضور این مواد در فراورده‌های دامی و در نتیجه ادامه اثر منفی بر سلامت مصرف‌کننده انسانی، توجه به مواد افزودنی طبیعی گسترش یافته است. یکی از با اهمیت‌ترین این مواد، گیاهان دارویی هستند. گیاهان دارویی به دلیل ساخت متابولیت‌های ثانویه به عنوان ترکیباتی با خاصیت بیوتیکی قادر به ایفای نقشی چندگانه هستند. هر چند مهم‌ترین نقش بیوتیکی گیاهان دارویی به اثرات پروبیوتیکی آنها برمی‌گردد، ولی خوشبختانه گیاهان دارویی با اثرات متفاوت و متنوع می‌توانند هم به عنوان ماده افزودنی طبیعی خوراکی در نظر گرفته شده و به جیره اضافه گردند و هم به دلیل آن که مصرف آنها توسط دام می‌تواند منجر به تولید محصولات سلامت‌محور و فراسودمند شوند، علاوه بر حذف اثرات منفی ناشی از مصرف افزودنی‌های خوراکی صنعتی به سلامتی مصرف کننده انسانی کمک نمایند.

واژه‌های کلیدی: پروبیوتیک، جیره متعادل، خوراک دام، سین‌بیوتیک، متابولیت ثانویه.

مقدمه[۱]

به صورت ساده می‌توان نیازهای دام‌ها را در دو بخش مواد مغذی و سایر مواد غذایی تقسیم‌بندی نمود. در بخش مواد مغذی پنج دسته مهم از ترکیبات از اولویت تأمین برخوردار بوده و تشکیل‌دهنده اصلی جیره غذایی متعادل هستند. در طی سالیانی طولانی، طبیعت با سخاوتی بی‌نظیر هر آن چه مورد نیاز دام‌ها بوده در اختیار آنها قرار داده است. همچنین دام‌ها براساس غریزه قادر به تشخیص هر دو دسته مواد در خوراک‌های موجود در طبیعت بوده و

۱) براساس بند ب ماده ۲ قانون نظام جامع دامپروری کشور (۱۳۸۸/۵/۲۱)؛ «دام به حیواناتی شامل چهارپایان، پرندگان، آبزیان و حشرات اطلاق می‌گردد که برای امور تغذیهٔ انسان یا تغذیهٔ دام و فعالیت‌های اقتصادی، تولیدی، آزمایشگاهی، ورزشی و تفریحی؛ تولید، نگهداری و پرورش داده می‌شوند». براین اساس در این مقاله هر جا از واژه دام استفاده گردیده منظور همین تعریفی بوده که در قانون نظام جامع دامپروری کشور آمده است.

براساس نیاز خود با انتخاب خوراک‌ها نسبت به تأمین احتیاجات عمل می‌نمایند (Bamola et al., 2018). با شروع دامپروری صنعتی این چرخه تاریخی برهم خورده و از یک سو بیشتر دام‌ها از طبیعت جدا شده و از سوی دیگر با کمک دانش اصلاح‌نژاد میزان تولید به ازای هر دام به صورت فزاینده‌ای افزایش یافت. به همین دلیل پرورش‌دهندگان دام دارای یک وظیفه دوگانه جدید شدند؛ زیرا از یک سو باید یک ظرفیت کامل از طبیعت را در هنگام خوراک‌دهی در اختیار دام‌ها قرار داده و از سوی دیگر به ازای افزایش تولید دام، غلظت همه مواد به ازای هر قسمت از جیره را افزایش می‌دادند. در طی زمان این وظیفه دوگانه به حدی دارای اهمیت شد که در دامپروری صنعتی یک بحث جدید به نام اصول تغذیه دام برای تولید جیره‌های کاملاً متعادل ایجاد شد. در ابتدا اصول تغذیه تنها بر تأمین مواد مغذی به صورت متعادل استوار بود و فرض بر این قرار گرفت که در صورت تأمین همه مواد مغذی، دام قادر به تولید حداکثری خواهد بود. امّا گذشت زمان نشان داد که طبیعت به عنوان یک منبع کامل علاوه بر مواد مغذی نسبت به تأمین ترکیبات شیمیایی غذایی دیگری نیز عمل می‌نموده است. براین اساس در تغذیه دام موضوعات جدیدی همچون «مواد محرک رشد»، «افزایش دهنده تولیدات»، «ترکیبات حامی سلامتی» و غیره وارد شد که سرانجام به دلیل تعدد موضوعات و نیز تا حدی مشابه بودن اثرات این ترکیبات در وجوه مختلف همه آنها به عنوان «مواد افزودنی خوراکی» یکپارچه گردیدند (Abbas et al., 2024).

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با روش کیفی و راهبرد پدیدارشناسی انجام شده است. از آن جا که در پژوهش‌های کیفی لازم است ابتدا موضوعات مرتبط با هدف مقاله به صورت کامل مشخص شوند، با استفاده از اندیشه‌های محققین مرتبط که در پدیده‌های مختلف همچون گزارش‌های منتشر شده توسط نهادها و سازمان‌های ذیربط، مقالات چاپ شده در نشریات یا ارائه شده در گردهمایی‌های علمی، پایان‌نامه‌ها و رساله‌های دانشجویان مقاطع تحصیلات تکمیلی آمده‌اند، مباحث اصلی مشخص گردیدند. در ادامه با استفاده از راهبرد پدیدارشناسی، اطلاعات جمع‌آوری‌شده کدگذاری و با استفاده از تحلیل مضامین کدهای شبیه به هم در کنار یکدیگر قرار گرفتند و مضامین قابل نگارش دسته‌بندی شدند. سپس نگارش مقاله با استفاده از مطالب منابع برمبنای مضامین انتخابی آغاز و با به‌کارگیری جملات ربط دهنده مورد نیاز مقاله مدون گردید. در ویراستاری نهایی با افزودن بعضی از جملات جدید مورد نیاز مقاله کامل شد.

نتایج و بحث

مواد افزودنی خوراکی

با افزایش تراکم دام‌ها در واحد سطح، وقوع بیماری‌ها به عنوان یک آسیب عمده در دامپروری صنعتی رخ نمود. از آن جا که در بحث بیماری‌ها، پیشگیری مقدم بر درمان است، محققین ذیربط با تجویز سطوح غیردرمانی برخی از داروها به ویژه آنتی‌بیوتیک‌ها سعی در حذف عامل بیماری و در حین حال کمک به سامانه ایمنی دام برای مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا نمودند. نتایج تحقیقات بعدی نشان داد که میکروب‌ها در صورت مواجه مستمر با یک عامل کشنده مانند آنتی‌بیوتیک‌ها به صورت هوشمند با ساخت ترکیباتی خاص قادر به مقابله با عامل کشنده هستند به علاوه، این توانایی را به نسل‌های بعدی نیز انتقال می‌دهند و موجب ایجاد نسل جدیدی از میکروب‌های مقاوم در برابر بسیاری از آنتی‌بیوتیک‌ها می‌شوند. به همین دلیل مشکل جدیدی به نام «مقاومت دارویی» در بخش بهداشت پدیدار گردید (Qayum et al., 2024). همین مسئله باعث شده است که افزودن آنتی‌بیوتیک در خوراک‌های دامی به عنوان

یک عامل اصلی در ایجاد میکروب‌های مقاوم معرفی و پیامد آن تلاش مستمری برای ممنوعیت افزودن این ترکیب در خوراک دام به عنوان یک تقاضا انجام گرفت و سرانجام در سال ۱۳۸۵هجری‌شمسی افزودن آنتی‌بیوتیک به خوراک دام به عنوان یک افزودنی، ممنوع شد. به واسطه اثرات مثبت گسترده‌ای که این افزودنی در دامپروری صنعتی داشت، محققین درصدد یافتن جایگزین‌های مناسب با کارکرد مشابه، ولی بدون اثر مقاومت دارویی برای این صنعت گردیدند. امروزه مواد افزودنی متنوعی با کارکرد مشابه یا حتی بهتر از آنتی‌بیوتیک‌ها به صنعت دامپروری معرفی شده‌اند. یک بخش مهم از پژوهش‌های انجام شده براساس رفتار جستجوگرایانه و ترجیحی تغذیه‌ای دام‌ها در طبیعت انجام شده و براساس آن محققین به سمت استفاده از گیاهان دارویی به عنوان ماده افزودنی هدایت شدند (Tadesse Alem et al., 2024).

گیاهان دارویی

گیاه دارویی به گیاهی که به طور مستقیم یا غیرمستقیم تمام یا اجزایی از آن به صورت تازه، خشک شده یا مواد موثره استخراجی از آن به منظور اثرات بهداشتی، پیشگیری و درمانی در بدن انسان، حیوانات و دیگر گیاهان به کار می‌رود، گفته می‌شود. استفاده از گیاهان دارویی در جوامع بشری دارای قدمتی طولانی بوده و در دانش منسجم طب سنتی ایفاگر نقشی یگانه بوده‌اند. با ایجاد شهرهای بزرگ که برای پایداری در امور بهداشتی و درمانی نیازهای افزونی داشتند، دانشکده‌های پزشکی به صورت گسترده‌ای تاسیس و نوعی جدیدی از طب به نام پزشکی مدرن معرفی گردید و به دنبال آن با تولید داروهای شیمیایی در صنعت داروسازی توجه به گیاهان دارویی تا حد زیادی کاهش یافت. با بروز بعضی از آسیب‌های خطرناک ناشی از مصرف داروهای شیمیایی و نیز توجه به این نکته که بیشتر این داروها براساس ترکیبات موثره گیاهان دارویی شبیه‌سازی شده بودند و احتمال آن که آنها نتوانسته‌اند به صورت کامل شبیه فرمول طبیعی باشند، توجه پزشکی مدرن به ترکیب اصلی طبیعی جلب گردید و مصرف دوباره گیاهان دارویی به عنوان مخازن غنی از متابولیت‌های ثانویه افزایش یافت (Abbas et al., 2024).

متابولیت‌های ثانویه

گیاهان علاوه بر ساخت متابولیت‌های اولیه، دامنه وسیعی از ترکیبات مختلف دیگری را می‌سازند که به متابولیت‌های ثانویه شناخته می‌شوند. اگر چه این ترکیبات نقش و کارکرد متابولیکی کاملاً مستقیم و مشخصی مشابه متابولیت‌های اولیه در گیاهان ندارند، امّا برای تداوم حیات بیشتر گیاهان لازم هستند. متابولیت‌های ثانویه دارای کارکردهای بوم‌شناسی متنوعی بوده، ولی می‌توان مهم‌ترین نقش آنها را حفظ گیاهان در برابر سایر موجودات دانست. می‌دانیم هر ترکیب دارویی در غلظتی خاص دارای خواص دارویی بوده، ولی در غلظت بالاتر حالت سمی و در غلظت پایین‌تر حالت مکملی دارد و این نکته در مورد متابولیت‌های ثانویه نیز صادق است. یک گروه مهم از متابولیت‌های ثانویه تحت عنوان فیتوالکسین‌ها دسته‌بندی می‌شوند. الکسین اصطلاحی یونانی و به معنای دفاع است به همین دلیل فیتوالکسین در واقع به دفاع گیاهی اشاره می‌کند. فیتوالکسین تعداد زیادی از ترکیبات مختلف با ساختارهای بسیار متفاوت از قبیل ایزوپروپانوئیدها، فلاوونوئیدها و استیلن‌ها را شامل می‌شوند که گیاه را قادر به دفاع در برابر عوامل بیماری‌زا می‌کند. بخش دیگری از آنها تحت عنوان آلکالوئیدها طبقه‌بندی می‌گردند. آلکالوئیدها از جمله مهمترین متابولیت‌های ثانویه هستند که قدمت شناسایی بسیار طولانی دارند. متابولیت‌های ثانویه در هر دو غلظت دارویی و مکملی قادر به ایفای نقش افزودنی مواد خوراکی در دام را دارند (Bamola et al., 2018; Abbas et al., 2024). از مشهورترین ترکیبات موثره گیاهی که بر پایه فنول‌ها و ترپن‌ها بوده و در صنعت خوراک دام کاربرد فراوانی دارند می‌توان به تیمول، کارواکرول، سینئول، آلفا-پینن، منتول، منتون، اسید گالیک، کورکومین و پیروگالول اشاره نمود.

ترکیبات فلاونوئیدی نارنجینین و کوئرستین موجب کاهش جمعیت باکتری‌های تولیدکننده متان شده و بدون کاهش فعالیت تخمیر در شکمبه بهره‌وری خوراک در نشخوارکنندگان را افزایش می‌دهند. یکی دیگر از اثرات مواد موثره گیاهی، افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی و بهبود هضم خوراک است. آنها همچنین با فعال کردن سازوکارهای انتقال در سطح سلولهای دستگاه گوارش، میزان جذب مواد مغذی را افزایش می‌دهند. در انتخاب گیاهان برای افزودن به خوراک دام، نه تنها خواص گیاهان، بلکه احتیاجات دامها نیز باید در نظر گرفته شود. به‌علاوه، برخی از گیاهان با یکدیگر تضاد دارویی دارند و هرگز نباید با هم عرضه شوند. از طرف دیگر اثر هم‌افزایی چند گیاه باعث می‌شود تا استفاده از ترکیب آنها در جیره توصیه شود (Paskudska et al., 2018).

متابولیت‌های ثانویه در تغذیه دام

نتایج عمومی آزمایش‌های انجام شده تأیید کننده اثرات مثبت ناشی از افزودن گیاهان دارویی به جیره دام هستند. انتظار آن است گستردگی این اثرات مثبت منجر به تغییر میزان استفاده از گیاهان دارویی از سطح آزمایشی به سطح تجاری باشد، ولی کماکان افزودن آنها در سطح تحقیقاتی است. بیان مشروح دلایل این امر خود می‌تواند موضوع تحقیقی دیگر باشد، امّا به صورت خلاصه می‌توان بیان داشت که علت عمده این امر را حول محور اقتصادی و یک امر چندوجهی تنیده شده در هم دانست. متأسفانه در جهان کنونی مسیر دانش پزشکی مدرن تا حد زیادی از طبابت و حکمت منحرف شده و به سمت تجاری شدن پیش رفته است. بیان اصطلاحات نامأنوس و غم‌افزای «تجارت» یا «صنعت» برای پزشکی متأسفانه به امری رایج تبدیل شده است. بدیهی است پزشکی در این قالب دیگر به کاهش آلام نوع انسان نمی‌اندیشد، بلکه در جهت مخالفی اندوه‌بار از افزایش آلام استقبال می‌کند. در این دیدگاه بیمار بیشتر یعنی سود و منفعت بیشتر و شوربختانه در امور صنعتی و تجاری این موضوع اصلی‌ترین محور یا در مرتبه بالاتر محور اصلی است. جالب آن که صنعت پزشکی برای افزایش مشتری از سایر صنایع نیز مدد گرفته و یکی از مهمترین یاری‌دهندگان آن، صنایع غذایی و دامپروری هستند که با کارکردهای بیماری‌محور با تولید غذاهای غیرسالم به انبوهی مشتریان برای صنعت پزشکی کمک می‌نمایند، به یقین در این حالت جایی برای توصیه به استفاده از گیاهان دارویی باقی نمانده و کماکان استفاده از افزودنی‌های شیمیایی فعالیتی غالب است. این در حالی است که محققین براساس نتایج حاصل از آزمایش‌های متعدد اثرات ناشی از مصرف متابولیت‌های ثانویه به عنوان افزودنی را مثبت و منجر به عملکرد بهتر دام و تولید غذاهای سلامت‌محور دانسته‌اند. از آن جا که در صنعت پرورش دام هزینه تغذیه عمده‌ترین بخش هزینه‌ای است، هر گونه بهبود عملکرد در آن منجر به بهره‌وری کل خواهد شد. مشخص شده است در پی استفاده از گیاهان دارویی در تغذیه دام بعضی از ترشحات مؤثر در هضم مانند بزاق، آنزیم‌ها، صفرا، اسید کلریدریک و ترکیبات مخاطی تحت تأثیر متابولیت‌های ثانویه دچار تغییر مثبت در میزان ترشح شده و در نتیجه قابلیت هضم افزایش می‌یابد (Hashemi and Davoodi, 2010). همچنین متابولیت‌های ثانویه دارای فعالیت بیوتیکی متنوع مرتبط با میکروبیوم هستند. مشخص شده است سلامت میکروبیوم مستقیماً بر سلامت موجود زنده تاثیرگذار است. از آن جا که بخش بزرگ و تأثیرگذاری از میکروب‌های تشکیل دهنده میکروبیوم در دستگاه گوارش زندگی می‌کنند، توجه به دستگاه گوارش نقطه‌محوری توجه به میکروبیوم است. امروزه واژه «پروبیوتیک» (برای زندگی) پرطنین‌ترین واژه در بخش بیوتیکی به عنوان موادافزودنی خوراکی است. پروبیوتیک به عنوان یک افزودنی خوراکی میکروبی زنده تعریف می‌شود که به وسیله تعادل بخشی به میکروبیوم دستگاه گوارش، موجود میزبان را به گونه‌ای مثبت تحت تأثیر قرار می‌دهد. از دیدگاه تاریخی توجه به پروبیوتیک‌ها به قبل از میلاد حضرت مسیح (ع) برمی‌گردد. پروبیوتیک‌ها پس از

ورود به دستگاه گوارش به ویژه روده‌ها با استفاده از دامنه‌ای از کارکردهای مختلف مانند ممانعت از ایجاد کلنی توسط میکروب‌های مضر در بخش دیواره‌ای دستگاه گوارش، خنثی‌سازی سموم تولید شده، فعالیت باکتری‌کشی، جلوگیری از ساخت آمین‌های مضر، تقویت سامانه ایمنی، تحریک تولید آنزیم‌های گوارش و غیره موجب کاهش فعالیت یا حتی حذف میکروب‌های مضر و نیز تقویت میکروبهای مفید می‌شوند. واژه بیوتیک رایج دیگر اصطلاح «پربیوتیک (پری‌بیوتیک)» است. پربیوتیک‌ها ترکیباتی هستند که به صورت مؤثری مورد استفاده پروبیوتیک‌ها قرار گرفته و موجب تقویت و تکثیر آنها می‌شوند. مهمترین این ترکیبات ماهیت کربوهیدراتی (الیگوساکاریدها) دارند. از ترکیبات بیوتیکی دیگر «سین‌بیوتیک‌ها» هستند که به عنوان محصولاتی که هم‌زمان حاوی هم پروبیوتیک‌ها و هم پربیوتیک‌ها هستند، شناخته می‌شوند. سین‌بیوتیک‌ها دارای اثر هم‌افزایی بوده و به همین دلیل بسیاری از افزودنی‌های توصیه شده امروزی به صورت سین‌بیوتیک عرضه می‌گردند. «پُست‌بوتیک» اصطلاح جدید دیگری در حوزه بیوتیک‌ها بوده که دارای کارکردی ویژه است. پست‌بیوتیک‌ها در تعریف اولیه به عنوان ترکیباتی که پس از مصرف مواد غذایی توسط پروبیوتیک‌ها به عنوان ترکیبات دفعی به محیط بیرونی ترشح می‌شوند، معرفی شده‌اند. امروزه در بحث تغذیه انسانی به دلیل تولید غذاهای فراسودمند که در تولید آنها از پست‌بیوتیک‌ها نیز استفاده می‌شود، علاوه بر متابولیت‌های ترشح شده از میکروب‌های مفید از محتویات سلولی نیز استفاده می‌شود. نکته مهم دیگر که باید به آن توجه داشت آن است که دستگاه گوارش تنها مکانی برای هضم و جذب مواد خوراکی نیست، بلکه دستگاه گوارش نقش محوری در کلیّت سلامت موجود زنده دارد. به عنوان نمونه نتایج تحقیقات مؤید آن است که دستگاه گوارش و سامانه اعصاب مرکزی در مجموعه‌ای پیوسته به صورت یک محور به یکدیگر متصل بوده و لذا ترکیبات وارد شده به دستگاه گوارش یا ساخته شده در آن به صورت مستقیم بر کارکرد مغز اثرگذار هستند. این موضوع مهم به عنوان «سایکوبیوتیک» شناخته می‌شود. امروزه مشخص شده است بسیاری از عوارض آسیب‌زای ایجاد شده در سایر بافتها یا دستگاه‌های بدن به دلیل اثرات ترکیبات مضر تولید شده در دستگاه گوارش ایجاد می‌شوند، لذا لازم است به سلامت میکروبیوم آن توجه وافری شود (Marhamatizadeh and Rafat, 2024). شاید بتوان ادعا نمود اگر بخواهیم گیاهان دارویی را به عنوان یک افزودنی برتر در تغذیه دام معرفی نماییم توجه به اثرات بیوتیکی گیاهان دارویی به میزان کافی گویای نقش و اثرات مثبت آنها است، زیرا گیاهان دارویی به واسطه تنوع متابولیت‌های ثانویه قادر به ایجاد اثرات متعدد و هم‌افزایی بیوتیکی هستند.

نتیجه‌گیری

با گسترش دامپروری متمرکز صنعتی و خروج دام‌ها از طبیعت و در نتیجه وابستگی مطلق آنها به تغذیه دستی، همچنین تولید دام‌های با تولید بالا، توجه به تأمین نیازهای غذایی، اولویت صنعت دامپروری شد. از دیدگاه مهندسی، بدن یک دام با تولید بالا همچون ماشینی مانند موتور هواپیما بوده که با حداکثر توان در حال کار است. بدیهی است هر ماشین تنها در محدوده زمانی معینی قادر به کارکردی حداکثری بوده و پس از مدتی باید به آن استراحت داد و به نوسازی بعضی از قطعات آن پرداخت؛ ولی در دامپروری صنعتی معمولاً چنین اندیشیده نمی‌شود و دام تا زمانی که قادر به تولید اقتصادی است باید با حداکثر ظرفیت فعالیت نماید. به همین علت توجه به سلامت چنین دام‌های گران‌قیمت بسیار اهمیت دارد. در دامپروری صنعتی با استفاده از افزودنی‌های خوراکی مختلف تلاش بر آن است که ضمن توجه به میکروبیوم دام موجب سلامتی یکایک سلول‌های دستگاه گوارش شده و در عین حال با سموم مختلفی که به دلیل فعالیت حداکثری ایجاد می‌شود، مقابله نمود. گیاهان دارویی به دلیل برخورداری از متابولیت‌های ثانویه متنوع که دارای هر دو نقش سلامت‌بخشی و مقابله با سموم هستند یکی از بهترین انتخاب‌ها به عنوان مواد افزودنی در

جیره غذایی دام‌ها هستند. علاوه بر آن که استفاده از گیاهان دارویی به عنوان افزودنی منجر به تولید فراورده‌های دامی محتوی متابولیت‌های ثانویه شده که برای تولید غذاهای فراسودمند که لازمه سلامتی انسان در زندگی متلاطم شهری بوده، امری سودمند و ارزشمند است.

منابع

Abbas, R.Z., Akhtar, T., Asrar, R., Muhammad Alikhan, A. and saeed Z. (2024). Complementary and Alternative Medicine: Feed Additives. Unique Scientific Publishers, Faisalabad, Pakistan.

Bamola, N., Verma, p. and Negi, C. (2018). A Review on Some Traditional Medicinal Plants. Int. J. Life. Sci. Scienti. Res, 4(1):1550-1556.

Hashemi, S.R and Davoodi, H. (2010). Phytogenics as New Class of Additive in Poultry Industry. Journal of Animal and Veterinary Advances, 9(17):2295-2304.

Marhamatizadeh, M.H. and Rafat, M. (2024). The Effect of Medicinal Plants on Probiotic Bacteria: A Review. International Journal of Nutrition Sciences, 9(3):163-173.

Paskudska, A., Kołodziejczyk, D., and Sochab, S., 2018. The use of herbs in animal nutration. *Acta Sci. Pol. Zootechnica* 17(2), 3–14.

Qayum, A., Ahmad, M.T., Anjum, M.G. and Sulamani, M. (2024). Probiotics and Innovative Feed Additives for Optimal Gut Health, Chapter 03, Gut Heath, Microbiota and Animal Diseases. Unique Scientific Publishers, Faisalabad, Pakistan.

Tadesse Alem, W. (2024). Effect of herbal extracts in animal nutrition as feed additives: Review article. Heliyon, 10:1-8.

Medicinal plants, superior feed additives in the livestock industry

Alireza Jafari Sayadi[1*], Seyedeh Azamat Miri [2] and Fatemeh Jafari Sayadi [3]
1. Academic staff of department of Animal Science Engineering Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2. Master of Horticultural Science and Engineering, Zanjan University
3. PhD. of Water Science and Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
Corresponding Author: jafarisayadi@gmail.com

Abstract

As a simple definition, feed additives are compounds that improve the efficiency of nutrient use and support animal health by acting on the cells of the digestive tract and other cells of the body. Today, a variety of additives with different functions are used in the livestock industry. A significant part of the cost of providing a balanced diet in the livestock industry goes to the purchase of feed additives. Due to the negative effects of long-term use of industrial additives on animal health and, subsequently, due to the presence of these substances in livestock products and, as a result, the continued negative effect on the health of the human consumer, attention has been paid to natural additives. One of the most important of these substances is medicinal plants. Medicinal plants are capable of playing multiple roles due to the production of secondary metabolites as compounds with biotic properties. Although the most important biotic role of medicinal plants is related to their probiotic effects, fortunately, medicinal plants with different and diverse effects can be considered both as natural food additives and added to the diet. Because their consumption by livestock can lead to the production of health-oriented and functional products, in addition to eliminating the negative effects caused by the consumption of industrial food additives, they can also contribute to the health of human consumers.

Keywords: Animal feed, Balanced diet, Probiotic, Secondary metabolite, Synbiotic.

مروری بر راهبردهای مدیریتی برای توسعه و تجاری‌سازی صنعت گیاهان دارویی

سیده عظمت میری*
کارشناس ارشد علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه زنجان
*نویسنده مسئول: azmiri2006@gmail.com

چکیده

استعدادها و توانایی عظیم ملی و فرهنگ تمدن ایرانی در استفاده از گیاهان دارویی در جنبه‌های مختلف زندگی (حفظ سلامت و درمان بیماری) زمینه‌ساز این موضوع است که اگر به این مقوله به صورت یک ضرورت ملی و در چارچوب یک برنامه مشخص و با نگرش جامعه‌نگرانه عنایت شود می‌تواند علاوه بر دستیابی به مدیریت توسعه پایدار در این بخش به‌ویژه در ابعاد کلان توسعه اقتصادی- زیست محیطی، بهداشتی (خودکفایی دارویی)، اشتغال، امنیت غذایی و ذخایر ژنتیکی در عرصه ملی و جهانی به عنوان یک منبع درآمد برای کشور محسوب و ایفای نقش نماید. گیاهان دارویی در جهان منشا طبیعی دارند که با تغییراتی به عنوان دارو مورد استفاده قرار می‌گیرند. به دلیل ماهیت طبیعی، با بدن سازگاری بهتری دارند و معمولا فاقد عوارض ناخواسته هستند. در این مقاله تلاش شده است تا با بررسی اسناد و مدارک مکتوب و پژوهش‌های مختلف، مطالب مرتبط استخراج و در نهایت با نگرش استقرایی و استدلال قیاسی به ضرورت توسعه تجارت در زمینه گیاهان دارویی اشاره شده و راهکارهای مناسب برای ترویج و گسترش کشت این محصولات در مناطق مختلف ارائه شد. بررسی‌ها نشان داد، کمبود متخصصین در سطح کارشناس جهت آموزش، ترویج و نظارت بر احیا و توسعه گیاهان دارویی- صنعتی، فقدان استانداردهای احیا، توسعه و بهره‌برداری گیاهان دارویی در عرصه‌های ملی، ضعف ارتباطات بین سازمانی در نهادهای متولی گیاهان دارویی، کمبود تحقیق و پژوهش کاربردی در راستای حفاظت، احیا و توسعه گیاهان دارویی، فقدان بذر و نهال استاندارد، فقدان ماشین‌آلات برداشت و فرآوری گیاهان دارویی و خام‌فروشی گیاهان دارویی از جمله چالش‌های فرآوری گیاهان دارویی است.

واژه‌های کلیدی: توسعه پایدار، ترویج و گسترش کشت، صادرات غیرنفتی.

مقدمه

خوشبختانه با روی آوردن دنیا، به خصوص کشورهای پیشرفته به استفاده از فرآورده‌های گیاهی و مصرف روزافزون آن در جهان، چه در داروسازی و چه در صنایع غذایی و آرایشی- بهداشتی و با توجه به تنوع آب و هوایی کشور و امکان رویش اکثر گیاهان در آن، فرصتی طلایی نصیب کشور ایران شده است تا از آن به بهترین نحو ممکن استفاده نموده و حضور خود را در بازارهای جهانی بیش از بیش افزایش دهد. همچنین گیاهان دارویی علاوه بر نقش خاصی که در اقتصاد داخلی دارند می‌توانند تاثیر به سزایی در امر صادرات غیر نفتی داشته باشند زیرا گیاهان دارویی به راحتی می‌توانند به انواع محصولات مختلف دیگر تبدیل شوند و از اسانس این گیاهان می‌توان به خوبی درآمدزایی کرد به گونه‌ای که قیمت یک لیتر از اسانس برخی گونه‌های کاج به ۴۰۰۰ دلار هم می‌رسد (Fatehi et al., 2019). به‌علاوه، سابقه درمان بیماری‌ها با گیاهان دارویی به قدمت تاریخ زیست انسان روی کره زمین است. انسان به حکم تجربه، علم و اندیشه و جانوران بنا به مقتضیات خود در طول عمر حیات در کره زمین به کمک گیاهان دارویی خود را

مداوا کرده و می‌کنند. گیاهان دارویی در باغ خدا می‌رویند. در دشت‌ها، مراتع وسیع، جنگل‌ها و غیره پیدا می‌شوند. آن‌ها به دست کسی کاشته نشده و به همت کسی هم آبیاری نشده‌اند. هزاران سال است که بدین منوال در چرخه حیات بوده و طبیعت را آرایش می‌دهند. از دیرباز مهد علم و تمدن بشری و مورد غبطه ممالک معاصر از نظر علوم پزشکی و طب بوده است. به طوری که علیرغم ظهور تمدن غرب با اتکاء به دانش نوین به خصوص بعد از رنسانس هم، هنوز دست‌آوردهای علمی علما و دانشمندان به‌نام و کم‌نظیر این مرز و بوم به ویژه شیخ‌الرئیس ابوعلی‌سینا از منابع معتبر علمی و دروس دانشگاهی کشورهای پیشرفته محسوب می‌گردد. تنوع اقلیمی، تنوع گونه‌ای و ذخایر ژنتیکی از ویژگی‌های بارز این سرزمین بوده و با بهره‌گیری از ده تا دوازده هزار گونه گیاهی همواره استفاده از گیاهان دارویی و تأمین دارو از منشاء گیاه از ویژگی‌های بارز طب سنتی اسلامی و ایرانی محسوب می‌شود. وجود استعدادهای بالقوه عظیم ملی و نیز فرهنگ استفاده از گیاهان دارویی در کشور توجه بیش از پیش این مقوله را به مسئولین کشور یادآوری نموده و بر هر متخصص دلسوزی این باور را یادآور می‌نماید که اگر به این مقوله به صورت یک ضرورت ملی و در چارچوب یک برنامه مشخص و با نگرش قاعده‌مند و جامعه‌نگرانه عنایت شود می‌تواند علاوه بر دستیابی به مدیریت توسعه پایدار در این بخش به‌ویژه در ابعاد کلان توسعه اقتصادی- زیست محیطی، بهداشتی (خودکفایی دارویی)، اشتغال، امنیت غذایی و ذخایر ژنتیکی در عرصه ملی و جهانی به عنوان یک منبع درآمد ارز برای کشور محسوب و ایفای نقش نماید. طبق گزارش بانک جهانی گردش مالی صنعت گیاهان دارویی در سال ۲۰۵۰ معادل ۵۰۰ میلیارد دلار خواهد بود. هم اکنون کشورهای مختلف به گونه‌ای تلاش می‌کنند تا سهم مناسبی از این بازار عظیم داشته باشند. حدود ۵۰ درصد از داروهای تولید شده در دنیا، منبع طبیعی دارند. گیاهان کاربردهای وسیعی دارند که یکی از مهمترین آنها، استفاده‌های دارویی است. حدود ۵۰ درصد از داروهای تولید شده در جهان، منشاء طبیعی دارند که با تغییراتی به عنوان دارو مورد استفاده قرار می‌گیرند. ترکیباتی مثل وین‌بلاستین و وین‌کرسیتین که از داروهای ضد سرطان هستند از گیاه پروانش به دست می‌آیند و یا گلیکوزیدهای قلبی از جمله این گروه داروها محسوب می‌شوند. البته امروزه ترکیبات زیادی از گیاهان به عنوان نگهدارنده و طعم دهنده در صنایع غذایی، محافظت کننده و شاداب کننده پوست در صنایع آرایشی و بهداشتی و روغن‌های فرار مختلف در آروماتراپی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ماهیت طبیعی گیاهان دارویی باعث سازگاری با بدن و رفع عوارض جانبی می‌شود. گیاهان دارویی به دلیل ماهیت طبیعی و وجود ترکیبات همولوگ دارویی در کنار هم، با بدن سازگاری بهتری دارند و معمولا فاقد عوارض ناخواسته هستند، لذا به خصوص در موارد مصرف طولانی و در بیماری‌های مزمن، بسیار مناسب می‌باشند.

در یک جمع‌بندی می‌توان اشاره نمود که متاسفانه سودآوری‌های کلان اقتصادی و توجه روزافزون به تجارت جهانی گیاهان دارویی، مشکلات و مسائل ناگواری را برای این منابع به وجود آورده و نسل گونه‌های گیاهی را با خطر انقراض مواجه ساخته است. چرا که بخش عظیمی از تجارت، مربوط به گونه‌های گیاهان دارویی است که بعضا با شیوه‌های نادرست از طبیعت جمع‌آوری شده است و علاوه بر این که به انقراض نسل گونه‌ها می‌انجامد، تنوع زیستی منطقه و جهان را نیز با خطر نابودی مواجه می‌سازد. استفاده مطلوب، منطقی و بهینه از این که به لحاظ فناوری بسیار کم هزینه‌تر و ساده‌تر از صنایع دارویی-شیمیایی است، می‌تواند ضمن تامین بخشی از نیازهای عمده بهداشتی و درمانی جامعه از خروج مقادیر قابل توجهی ارز جلوگیری کرده و مانع گسترش وابستگی به بیگانگان شود. بنابراین با اتخاذ سیاست‌ها و راهکارهای مناسب و مبتنی بر یک شناخت واقع‌گرایانه از وضعیت موجود این منابع و کاربرد روش‌های علمی و صحیح در تمام ابعاد اعم از کاشت، داشت، برداشت و بهره‌برداری صنعتی و اقتصادی آن، چه از طبیعت و چه به صورت کشت‌وصنعت می‌توان به درکی واقعی و اصولی در خصوص نقش و بازدهی گیاهان دارویی در

جوامع رو به رشدی همچون ایران رسید و علاوه بر حفظ و حراست از این سرمایه‌های ملی به شکوفایی و توسعه پایدار جامعه نیز دست یافت (Omidbeigi, 2009). در این مقاله تلاش شده است تا با اشاره به ضرورت توسعه تجارت در زمینه گیاهان دارویی، راهکارهای مناسب برای ترویج و گسترش کشت این محصولات در مناطق مختلف ارائه شود.

مواد و روش‌ها

مقاله‌ی حاضر به روش مروری-ترویجی نگارش شده است و در آن جنبه‌های نوینی از اهمیت گیاهان دارویی در زندگی بشری مورد بررسی قرار گرفت و سپس به نقش تجاری سازی محصولات حاصل از این گیاهان و توسعه این صنعت ارزآور و نقش‌آفرین در اقتصاد اشاره مفصل داشته است. از این رو سعی شد با جستجو در پایگاه‌های علمی مختلف، بررسی اسناد و مدارک و استفاده از کتب مربوط به تجاری‌سازی محصولات کشاورزی، مطالب علمی و مقالات متعددی در زمینه توسعه و تجاری‌سازی صنعت گیاهان دارویی جمع‌آوری شد و در نهایت با نگرش استقرایی و استدلال قیاسی به ضرورت توسعه تجارت در زمینه گیاهان دارویی اشاره شده و راهکارهای مناسب برای ترویج و گسترش کشت این محصولات در مناطق مختلف ارائه شد.

نتایج و بحث

کشاورزی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی و تولیدی ایران به شمار می‌رود. با توجه به رشد جمعیت و افزایش مصرف داخلی نفت در آینده، درآمد حاصل از صادرات نفت بسیار کم و ناکافی خواهد بود و تنها راه رفع نیاز ارزی کشور، افزایش صادرات غیرنفتی است (Pahlavani, Azadbakht, 2019). تولید و صادرات محصولات کشاورزی به ویژه گیاهان دارویی می‌تواند نقش عمده‌ای در صادرات غیرنفتی داشته باشد. میزان تولید گیاهان دارویی حاصل از مزارع کشور به تنهایی حدود ۶۵ هزار تن برآورد شده همچنین وجود ۱۲۰ هزار پزشک، ۱۲۰ هزار مهندس رشته‌های مختلف کشاورزی، ۷ هزار شرکت فنی مهندسی، وجود بیش از ۵۰۰ مؤسسه، مرکز و ایستگاه تحقیقاتی ملی، استانی و محلی، ۵۰ تشکل با ۲۰۰ هزار تولید کننده از جمله ظرفیتهای بسیار خوب در این زمینه است که با بهره‌گیری از آنها می‌توان ایران را به جایگاه اصلی خود رساند. هم اکنون سطح زیر کشت گیاهان دارویی با احتساب سطح زیر کشت زعفران ۸۰ هزار هکتار تا ۲۵۰ هزار هکتار است که به هیچ عنوان قانع کننده نیست. برای رسیدن به جایگاه واقعی باید متناسب با شرایط اقلیمی هر منطقه کشت گیاهان دارویی توسعه داده شود و از تمام ظرفیت‌های کشور استفاده شود (Zare & Amiri, 2014). صنعت گیاهان دارویی در کشور علی‌رغم قابلیت‌ها و ظرفیت‌های فراوان، از مشکلات متعددی رنج می‌برد؛ به گونه‌ای که رشد و گسترش صنعت مذکور بسیار کندتر از حدی است که شایسته آن است. مهم‌ترین مشکلات توسعه صنعت گیاهان دارویی در کشور:

عدم شناخت کافی مسؤلان از قابلیت‌های صنعت گیاهان دارویی

متاسفانه به نظر می‌رسد مسؤلان و صاحب‌منصبان کشور، شناخت صحیحی از توانمندی‌های این صنعت ندارند و با ظرفیت‌های آن در مقوله‌های اقتصاد و بازرگانی، اشتغال، بهداشت و غیره آشنا نیستند. این مسئله باعث می‌شود که صنعت مذکور کماکان در حاشیه قرار گیرد. صنعت گیاهان دارویی از معدود صنایع دارای رشد دو رقمی در دنیا است، علی‌رغم اینکه در کشور نهادهای مختلفی (وزارتخانه‌های بازرگانی، امور اقتصادی و دارایی، صنایع، بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، جهادکشاورزی، سازمان حفاظت محیط زیست) توانایی و مسؤلیت حمایت از این صنعت را دارند، اما به دلیل عدم شناخت کافی، در عمل توجه چندانی به این مقوله نمی‌شود.

نبود برنامه جامع ملی

حمایت از صنعت گیاهان دارویی و داروهای گیاهی فقط در محدوده حمایت‌های مالی نمی‌گنجد؛ هر چند خود این نیز یکی از راهکارهای اساسی توسعه این صنعت است. بسیاری از توانایی‌های کشور در پس موانع و مشکلات عدیده‌ای پنهان مانده‌اند. اهم این مشکلات، ریشه در نبود برنامه‌ای جامع و ملی دارد که به تبع آن مدیران کشور، با این مسئله به صورت راهبردی برخورد نمی‌کنند. هر سازمان و ارگانی در عمل بر مبنای نیازسنجی و الویت‌های درون‌سازمانی اقدام به فعالیت می‌کند که نتیجه آن کارهایی پراکنده و تکراری است و نتایجی محدود و کم‌رنگ به همراه دارد. پزشکان داخلی داروهای گیاهی را تجویز نمی‌کنند، از این‌رو بازار مناسب داخلی به وجود نیامده است. در کشورهای توسعه یافته، پزشکان در این زمینه آموزش دیده‌اند و این قبیل داروها را برای بیماران تجویز می‌کنند (Khodaverdizadeh & Mohammadi, 2016). ضمن اینکه سطح تعریف شده‌ای از این علم به وسیله اطلاع‌رسانی از طریق مطبوعات، رسانه‌ها یا دوره‌های آموزشی کوتاه مدت در اختیار مردم قرار گرفته است.

عملکرد ضعیف برخی از تجار ایرانی

طبق آمار سازمان ملل متحد طی سال ۱۹۹۳ صادرات ایران در زمینه گیاهان دارویی حدود ۲۰ میلیون دلار و در همان سال صادرات امارات متحده عربی بالغ بر ۳۲ میلیون دلار بوده است. بررسی‌ها نشان می‌دهند که بخش عمده صادرات این کشور، محصولات ایرانی بوده است که فقط در آنجا بسته‌بندی شده‌اند. هم‌اکنون نیز بازار خوبی در آنجا ایجاد شده است؛ به خصوص آنکه کشورهای آفریقایی بیشتر مواد طبیعی مورد نیاز خود را از آنجا تامین می‌کنند. به دلیل عملکرد بد و ضعیف تجار ایرانی، ما سهم شایسته‌ای از این بازار را در اختیار نداریم که این یعنی تیشه به ریشه خود زدن (Karim, 2019). اکثر خریداران پس از یک یا حداکثر چند بار معامله با تجار ایرانی، ارتباط خود را به آنها قطع می‌کنند. البته در این بین، تعداد محدودی از صادرکنندگان موفق در بخش خصوصی نیز یافت می‌شوند که سهم اندکی از این بازار بزرگ را در اختیار دارند. بخشی از این مشکل به سودجویی‌های شخصی، تقلب و بدقولی مربوط می‌شود، ولی بخش عمده آن مربوط به ناآشنایی تجار و صادرکنندگان با نحوه جمع‌آوری، نگهداری، بسته‌بندی، حمل‌ونقل و فروش گیاهان دارویی است. مثلا در سرما و گرما، محصولات ایرانی در گوشه و کنار بنادر و در شرایط بسیار نامناسب نگهداری و حمل می‌شوند؛ به طوری که پس از مدتی استاندارد لازم و قابلیت عرضه در بازارهای بین‌المللی را از دست می‌دهند (Rasekh Jahromi & Norani Azad, 2021). همچنین نبود دانش فنی در صادرات، ضعف بازاریابی خارجی، حمایت ضعیف دولت، هزینه‌های بالای استانداردسازی محصول جهت صادرات، عدم هماهنگی‌های اتحادیه‌های صادرکننده و بنگاه‌های موجود در صنعت گیاهان دارویی، رقابت مخرب و منفی، عدم شناسایی درست بازارهای هدف، نداشتن نام تجاری برای خیلی از اقلام صادراتی گیاهان دارویی، وجود مخاطرات سیاسی و تکانه‌های تجاری، کم شدن قدرت چانه‌زنی بخش بازرگانی خارجی در بازارهای خارجی از جمله مهمترین چالش‌های موجود بر سر راه تجارت گیاهان دارویی و نامطلوب شدن جایگاه ایران در بازار خارجی گیاهان دارویی می‌باشد (شکل ۱).

شکل ۱. الگوی صادرات گیاهان دارویی

همچنین موضوعات همچون سیستم توزیع نامناسب (عطاری‌ها)، ضعف در فناوری فرآوری و تهیه داروهای گیاهی و فقدان زیر ساخت‌های مناسب مباحثی است که در چند سال اخیر در ادبیات تحلیل‌گران بخش کشاورزی به چشم می‌خورد. علاوه بر موارد مطرح شده، کمبودهای زیربنایی نیز پیش‌روی توسعه صنعت گیاهان دارویی و داروهای گیاهی وجود دارد که رفع آن‌ها بسیار لازم و حیاتی است و در ذیل به اهم آن‌ها اشاره می‌شود:

الف- فقدان قوانین مالکیت فکری

متاسفانه مقرراتی که ضامن رعایت حقوق مالکیت فکری در کشور باشد، وجود ندارد و این خود معضل بزرگی در مسیر توسعه کشور است. ما در زمینه عصاره‌گیری از گیاهان اسانس‌دار به روش‌های جالب و خوبی دست یافته‌ایم، اما به دلیل اینکه اطلاعات جامع و مدونی از روش‌های ثبت شده وجود ندارد، نمی‌توانیم آن را منحصر به خود بدانیم. همچنین در زمینه درمان بیماری‌های مختلف با استفاده از طب سنتی، روش‌های خوبی نزد بعضی افراد وجود دارد که به عنوان یک منبع درآمد در اختیار عده اندکی قرار دارد و با مرگ یکی از آنها، ممکن است یک روش درمانی طبیعی، موثر و چند صد ساله از بین برود. اگر امکان ثبت کردن این روش‌ها وجود می‌داشت، کل کشور می‌توانستند از آن بهره‌مند شوند؛ ضمن اینکه درآمد آن نیز هزاران برابر درآمد فعلی خواهد بود.

ب- نبود بانک ژن مختص گیاهان دارویی

بهره‌برداری بی‌رویه و غیراصولی، خشکسالی، کشاورزی مدرن و ... هر روزه فشار بیشتری بر عرصه‌های طبیعی وارد می‌کند و روند انقراض گونه‌های زنده از جمله گیاهان دارویی را سرعت می‌بخشد. بنابراین علاوه بر حفظ این منابع در محیط‌های طبیعی، جمع‌آوری و نگهداری آن‌ها در بانک‌های ژن نیز حائز اهمیت است. برخی از نهادها از قبیل مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع و مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، نسبت به جمع‌آوری و نگهداری نمونه‌های گیاهی کارهای قابل توجهی انجام داده‌اند، اما فعالیت آن‌ها عمومی بوده و عمدتا مشخصات زراعی گیاهان ثبت می‌شود. در حال حاضر، بانک ژنی که مختص گیاهان دارویی باشد و خصوصیات دارویی گیاهان از قبیل نوع و مقدار مواد مؤثره، شیوه استخراج و غیره در آن ثبت شده باشد، وجود ندارد؛ در صورتی که وجود این اطلاعات یکی از لوازم اصلی تحقیقات در این مقوله است.

پ- ضعف در اطلاع‌رسانی و فرهنگ‌سازی

اطلاع‌رسانی و آموزش پزشکان و مردم از راهکارهای توسعه این صنعت در کشورهای مختلف است و در کشور ایران کمتر به این موضوع توجه شده است. به عنوان مثال، در حال حاضر هیچ نشریه اختصاصی در کشور وجود ندارد

که به مقوله اطلاع‌رسانی و فرهنگ‌سازی درباره مزایای گیاهان دارویی و داروهای گیاهی بپردازد. در برنامه درسی دانشجویان پزشکی مطلب چندانی در این مورد مشاهده نمی‌شود. مخلص کلام آنکه گیاهان دارویی و داروهای گیاهی در ایران مورد بی‌مهری و کم‌توجهی واقع شده‌اند که امیدواریم با توسعه کشت و فرآوری این گیاهان دارویی در کشور، نه تنها همچون گذشته فرصت‌های شغلی مناسب برای افراد علاقه‌مند به گیاهان دارویی در ایران فراهم گردد، بلکه با تولید داروهای طبیعی فرآمده از گیاهان دستاورد چشمگیری در زمینه ارتقاء سلامت جامعه به دست آید (Omidbeigi, 2009).

راهکارهای راهبردی برای توسعه پایدار گیاهان دارویی

کمبود متخصصین در سطوح عالی و در سطح کارشناس جهت آموزش، ترویج و نظارت بر احیا و توسعه گیاهان دارویی- صنعتی و کمبود دانش فنی، فقدان استانداردهای احیا، توسعه و بهره‌برداری گیاهان دارویی در عرصه‌های ملی، ضعف ارتباطات بین سازمانی در نهادهای متولی گیاهان دارویی، کمبود تحقیق و پژوهش کاربردی در راستای حفاظت، احیا و توسعه گیاهان دارویی، عدم تخصیص اعتبار و بودجه مناسب، کافی و مستمر و فقدان ردیف‌های بودجه‌ای مشخص به منظور اجرای طرح‌های احیا و توسعه، فقدان بذر و نهال استاندارد، فقدان ماشین‌آلات برداشت و فرآوری گیاهان دارویی و خام‌فروشی گیاهان دارویی (خام‌فروشی سرمایه‌های سبز/ صنعت پول‌سازی که دیده نمی‌شود) از جمله چالش‌های فرآوری گیاهان دارویی است. کارشناسان بهره‌برداری دانشگاه‌ها از ظرفیت‌های ایجاد شده، تدوین استانداردهای ملی و رعایت شیوه‌نامه‌های بین‌المللی جهت حفاظت، احیا، توسعه و صادرات محصولات، استانداردهایی که کمک می‌کند تا محصولات ارگانیک با کیفیت بالاتر و قابل قبول‌تری به بازار برسد، ایجاد هماهنگی و وحدت رویه بین دستگاه‌های تحقیقاتی، آموزشی و اجرایی در خصوص توسعه پایدار گیاهان دارویی، افزایش اعتبارات، تمرکز فعالیت‌های علمی وصنعتی د رتامین نهاده‌ها و منابع مورد نیاز برای (تولید، تکثیر، فرآوری و بسته‌بندی) گیاهان دارویی از جمله راهکارهای حل مشکلات بخش گیاهان دارویی برشمردند. اقتصادی کردن طرح‌های منابع طبیعی، احیا و توسعه رویشگاه‌های گیاهان دارویی، بهبود معیشت و اقتصاد جوامع محلی، حفاظت پایدار و مدیریت بهینه عرصه‌ها با تاکید بر مشارکت جوامع محلی، افزایش میزان اشتغال‌زایی به صورت مستقیم و غیرمستقیم، درآمدزایی و ارزآوری برای کشور، اصلاح روش‌های بهره‌برداری به منظور استفاده بهینه از پتانسیل‌های گیاهان دارویی و حفظ ژنتیکی، خودکفایی کشور در زمینه تامین مواد اولیه و محصولات دارویی، صنعتی، خوراکی، آرایشی و بهداشتی از جمله دستاوردهای توسعه گیاهان دارویی در کشور است که باید به این مهم توجه ویژه شود. همچنین در زمینه بهره‌برداری از گیاهان دارویی در کشور ساماندهی نشده است در حالی که ایران در این بخش دارای ظرفیتی فراوان است که باید بهره‌وری و فرآوری از آن ساماندهی اصولی انجام گیرد.

منابع

Deh Sheikh, A. (2012). Biotechnology and anticancer plants, challenges and solutions, National Conference on Natural Products and Medicinal Plants. Bojnourd.

Fatehi, F. Soufi, H.R. and Ahadi, P. (2019). Production and Export of Medicinal Plants. Dibagaran Artistic and Cultural Institute, Tehran.

Karim, M. H. (2019). Challenges in the Production and Marketing Process of Iranian Medicinal Plants. The First National Conference on the Challenges of Processing and Completing the Value Chain of Medicinal and Aromatic Plants.

Khodaverdizadeh, M. and Mohammadi, S. (2016). Determination of Market Structure and Ranking Target Markets of Iran's Export of Medicinal Plants. Quarterly Journ Omidbeigi,al of Applied Economic Studies Iran (AESI). 5 (20). 201-220.

Omidbeigi, R., (2009). Production and Processing of Medicinal Plants, Astan Quds Razavi Publications, Volume 1.

Pahlavani, R. and Azadbakht, N. (2019). Economics and Evaluation of Medicinal Plants. Shapour Khast Publications.

Rasekh Jahromi, E. and Norani Azad, S. (2021). Non-parametric Measuring of Market Structure and Comparative Advantage of Iran's Medicinal Plants Export and its Main Trading Partners. Quarterly Journal of Industrial Economics Researches. 5,(16). 35-46.

Zare Zardeini, H. and Amiri Aghdaie, F. (2014). Investigating effective factors on improvement and development of medicinal Pants in Iran (case study Isfahan city). New Marketing Research Journal. 4 (1). 195-214.

A review of management strategies for the development and commercialization of the medicinal plant industry

Seyedeh Azamat Miri*
Master of horticultural science and engineering, Zanjan University
*Corresponding Author: azmiri2006@gmail.com

Abstract

The great national talents and ability and culture of Iranian civilization in using medicinal plants in various aspects of life (maintaining health and treating disease) provide the basis for the issue that if this category is addressed as a national necessity and within the framework of a specific program and with a sociological attitude, it can, in addition to achieving sustainable development management in this sector, especially in the macro dimensions of economic-environmental development, health (pharmaceutical self-sufficiency), employment, food security and genetic reserves in the national and global arena, be considered and play a role as a source of income for the country. Medicinal plants in the world have natural origins that are used as medicine with some changes. Due to their natural nature, they are better compatible with the body and usually have no unwanted side effects. In this article, we have tried to extract related materials by studying documents and papers and finally with inductive approach and deductive reasoning to the necessity of developing business in the medicinal plants and appropriate strategies to promote the spread of these crops in different regions were presented. Studies have shown that the challenges of processing medicinal plants include the lack of experts at the expert level to train, promote, and supervise the revitalization and development of medicinal-industrial plants, the lack of standards for the revitalization, development, and utilization of medicinal plants in national arenas, weak inter-organizational communications in institutions responsible for medicinal plants, the lack of applied research and research in the protection, revitalization, and development of medicinal plants, the lack of standard seeds and seedlings, the lack of machinery for harvesting and processing medicinal plants, and the sale of raw medicinal plants.

Keywords: Sustainable development, promotion and expansion of cultivation, non-oil exports.

تأثیر کودهای مرغی و زیستی بر ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد دانه گندم سیاه (*Fagopyrum esculentum* moench) در منطقه یاسوج

کامران علیمردانی[۱]، امین صالحی*[۲]، محسن موحدی دهنوی[۳]، علیرضا یدوی[۴]، رضا نقی‌ها[۵]

۱- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه یاسوج، ایران

۲- دانشیار اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه یاسوج، ایران

۳- استاد فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه یاسوج، ایران

۴- استاد اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه یاسوج، ایران

۵- دانشیار میکروب شناسی، گروه پاتولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

*نویسنده مسئول: Aminsalehi@yu.ac.ir

چکیده

راهکار تولید بیشتر گیاهان دارویی، مستلزم مدیریت عناصر غذایی خاک است که این مهم با جایگزینی صحیح عناصر غذایی حاصل می‌شود. بنابراین، کاربرد کودهای مرغی و زیستی به‌منظور دستیابی به یک تولید پایدار و ایده‌آل ضروری می‌باشد. در این رابطه آزمایشی با هدف بررسی تأثیر کودهای مرغی و زیستی بر صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه گندم سیاه در مزرعه آزمایشی دانشگاه یاسوج در سال ۱۴۰۱ اجرا شد. تیمارهای آزمایش، عامل اول کود مرغی در چهار سطح صفر، ۴، ۸ و ۱۲ تن در هکتار و عامل دوم هفت سطح (شاهد، مایکوریزا، ازتوباکتر، سودوموناس، مایکوریزا + ازتوباکتر، مایکوریزا + سودوموناس و مایکوریزا + ازتوباکتر + سودوموناس) بود. نتایج نشان داد بیشترین ارتفاع بوته و قطر ساقه به ترتیب ۱۱۳/۹۲ سانتی‌متر و ۶/۷۹ میلی‌متر مربوط به تیمارکود مرغی ۱۲ تن در هکتار + ازتوباکتر + مایکوریزا و تیمار کود مرغی ۱۲ تن در هکتار + مایکوریزا بود. همچنین بیشترین میزان طول و عرض برگ تحت تأثیر کود مرغی به ترتیب ۵/۷۳ و ۳/۷۲ سانتی‌متر از تیمار کود مرغی ۱۲ تن در هکتار به‌دست آمد. بیشترین میزان عملکرد دانه تحت تأثیر برهمکنش کود مرغی × کود زیستی به میزان ۴۰۸۷ کیلوگرم در هکتار از تیمار کود مرغی ۱۲ تن در هکتار + مایکوریزا + ازتوباکتر + سودوموناس حاصل شد. در نتیجه استفاده مناسب از کودهای آلی و زیستی علاوه بر اثر مستقیم بر رشد و افزایش عملکرد گندم سیاه با کاهش مضرات کودهای شیمیایی باعث بهبود کیفیت گندم سیاه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، عملکرد دانه، قطر ساقه، کود مرغی، مایکوریزا

مقدمه

مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی، انرژی و هزینه‌های تولید و تأثیر سویی که بر چرخه زیستی و پایداری بوم نظام‌های زراعی دارند از یک سو و مسأله تأمین مواد اولیه داروهای مورد نیاز برای جمعیت روزافزون جهان از سوی دیگر تجدید نظر در روش‌های افزایش محصولات زراعی را ضروری ساخته است در قرن بیست و یکم جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی به عنوان یکی از راهبردهای کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین طبق آزمایش‌های طولانی مدت، کاربرد ترکیبی مناسب از کودهای آلی و غیرآلی نه تنها منجر به حفظ

حاصلخیزی خاک و بهبود بهره‌وری زراعی می‌شود، بلکه تولید بالاتر گیاه و حداکثر مزایا را نیز برای کشاورزی به‌دنبال دارد و یک راهبرد امیدبخش برای توسعه بیشتر پایداری کشاورزی به‌شمار می‌رود (زائو و همکاران، ۲۰۱۶). کودهای بیولوژیک به تولیدات حاصل از فعالیت میکروارگانیسم‌هایی که در ارتباط با تثبیت نیتروژن و یا فراهمی فسفر و سایر عناصر غذایی در خاک فعالیت می‌کنند اشاره دارد (نورزاده و همکاران، ۲۰۱۴). گندم سیاه با نام انگلیسی Buckwheat دارای دو گونه مهم با نام‌های علمی *Fagopyrum esculentum* و*Fagopyrum tataricum* و از خانواده علف هفت بند می‌باشد. گندم سیاه معمولی را گندم سیاه شیرین می‌گویند و گندم سیاه تارتاری را گندم سیاه تلخ می‌گویند. این گونه‌ها دارای خواص دارویی و خوراکی بوده و دارای متابولیت‌های ثانویه از جمله فلاونوئیدها و روتین هستند که برای درمان بسیاری از بیماری‌ها مانند دیابت، سرطان، تصلب شرائین و غیره کاربرد دارد. آرد گندم سیاه فاقد گلوتن بوده و برای بیماران سلیاکی قابل استفاده است.

از آنجا که رویکرد کشت و کار گیاهان دارویی در نظام‌های کشاورزی رو به فزونی است و تغذیه غیرشیمیایی این گیاهان به‌ویژه در کشاورزی آلی دارای اولویت است، در چنین شرایطی توسعه کشت گیاهان دارویی با تغییر نوع کوددهی نیز همراه است. از این‌رو برای کمک به تغذیه صحیح این گیاهان می‌توان از کودهای زیستی همراه با کودهای آلی نیز بهره برد تا علاوه بر افزایش صفات عملکردی از مضرات مصرف کودهای شیمیایی بر سلامت انسان و محیط زیست جلوگیری گردد. بنابراین این آزمایش با هدف بررسی اثرات منابع کودی بر صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه گیاه دارویی گندم سیاه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول آزمایش کود مرغی در چهار سطح، صفر، ۴، ۸ و ۱۲ تن کود مرغی در هکتار فاکتور دوم شامل (شاهد، مایکوریزا، ازتوباکتر، باکتری حل کننده فسفر، مایکوریزا + ازتوباکتر، مایکوریزا + باکتری حل کننده فسفر، مایکوریزا + ازتوباکتر+ باکتری حل کننده فسفر)، با سه تکرار بود. هر کرت فرعی آزمایش به طول سه و عرض ۱/۸۰ متر دارای شش خط کاشت با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۳/۵ سانتی‌متر و عمق کاشت بذر ۳ سانتی‌متر، و تراکم ۹۵ بوته در متربع بود. کود زیستی مایکوریزا آربوسکولار (هر گرم کودزیستی حاوی ۱۲۰ اسپور از گونه (*Funneliformis moseae*) از کلینیک گیاه‌پزشکی ارگانیک همدان تهیه شد. کودهای زیستی ازتو باکتر (کروکوکوم) و باکتری‌های حل کننده فسفات (سودوموناس پوتیدا) توسط موسسه تحقیقات آب و خاک کرج تهیه شد. بذرهای گندم سیاه معمولی از شرکت کشت گستر ۸۷ مرودشت- شیراز تهیه گردید.کاشت بذور در اوایل تیرماه سال ۱۴۰۱ و به صورت دستی انجام گرفت. قبل از برداشت، صفات مورفولوژیک شامل، قطر ساقه اصلی با استفاده از کولیس، ارتفاع بوته (از زیر اولین گره) و طول و عرض برگ با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد دانه واحد سطح پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، از دو ردیف میانی به عرض ۰/۶ متر و طول ۲ متر به مساحت ۱/۲ متر مربع برداشت شد. سپس نمونه‌هایی برای تعیین وزن خشک به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفت و پس از توزین، در نهایت عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند. داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

برهمکنش کود مرغی × کود زیستی بر میزان ارتفاع بوته گیاه گندم سیاه معنی‌دار بود بیشترین میزان ارتفاع بوته گندم سیاه ۱۱۳/۹۲ سانتی‌متر، مربوط به تیمار کود مرغی ۱۲ تن در هکتار+ مایکوریزا+ ازتوباکتر بود و نسبت به شاهد ۸/۹ درصد افزایش داشت (شکل ۱). شرایط مناسب ماده آلی و آب و هوایی باعث رشد مناسب گندم سیاه گردید. زیرا میکروارگانسیم‌های استفاده شده با وجود ماده آلی که توسط کود مرغی فراهم شده بود فعالیت و جمعیت خود را افزایش داده و باعث تبدیل مواد آلی به مواد معدنی قابل جذب ریشه گیاه شدند و ارتفاع گیاه نیز با روند افزایش کود مرغی در تلفیق با کودهای زیستی، افزایش یافت. در تحقیقی دیگر گزارش کردند استفاده از کودهای زیستی باعث ترشح هورمون‌های رشد در گیاه می‌شود و این موضوع بطور مستقیم یا غیر مستقیم باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (مقیمی و یوسفی‌راد، ۱۳۹۲).

شکل ۱. مقایسه میانگین برهمکنش کود مرغی × کود زیستی بر ارتفاع بوته گندم سیاه

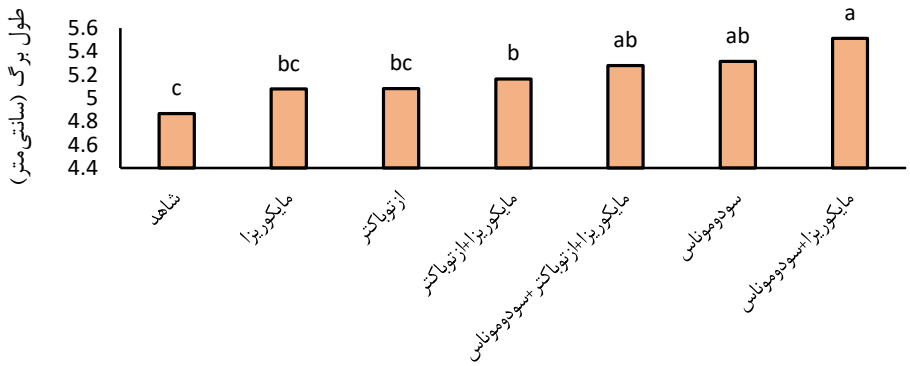
اثر کود مرغی بر عرض برگ گیاه گندم سیاه معنی‌دارشد. بیشترین میزان عرض برگ ۳/۷۲ سانتی‌متر، مربوط به تیمار کود مرغی ۱۲ تن در هکتار بود (جدول ۱). در پژوهش حاضر نیز اثر کود مرغی بر عرض برگ تأثیرگذار بوده به طوریکه هر چقدر سطوح کود مرغی افزایش یافته میزان عرض برگ نیز افزایش یافته و کمترین مقدار عرض برگ در تیمار کود مرغی صفر (شاهد) و بیشترین میزان از تیمار کود مرغی ۱۲ تن در هکتار به دست آمده است کود مرغی به دلیل غلظت نیتروژن بالا، کیفیت بالای کربن، C/N پایین و فراهم کردن مقادیر زیادی از عناصر غذایی مهم مورد نیاز رشد گیاهان، تأثیر مهمی در افزایش رشد صفات مورفولوژیک در گندم سیاه داشت در این رابطه در پژوهشی گزارش کردند تأثیر کودهای زیستی و مرغی مختلف بر ویژگی‌های مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاه گل گاوزبان ایرانی باعث افزایش ارتفاع گیاه، تعداد ساقه، تعداد برگ، طول و عرض برگ، تعداد گل، طول کاسه گل، طول جام گل، وزن خشک گلبرگ، نسبت به شاهد شده است (فرجی و پورسخی، ۱۳۹۷). اثر کود مرغی و کود زیستی بر میزان طول برگ گندم سیاه در معنی‌دار بود. بیشترین میزان طول برگ تحت تأثیر کودهای مرغی و زیستی به ترتیب ۵/۷۴ و ۵/۵۱ سانتی‌متر، به ترتیب مربوط به تیمار کود مرغی ۱۲ تن در هکتار و تیمار مایکوریزا × سودوموناس بود که نسبت به شاهد ۲۲/۶۴ و ۸/۶ درصد افزایش داشتند (جدول ۱ و شکل ۲).

جدول ۱. مقایسه میانگین اثر کود مرغی بر عرض و طول برگ گندم سیاه

تیمار کود مرغی	عرض برگ (سانتی‌متر)	طول برگ(سانتی‌متر)
کود مرغی صفر	۳/۱۶۸^{b}	۴/۶۸۴^{d}
کود مرغی ۴ تن در هکتار	۳/۳۰۷^{b}	۴/۹۷^{c}
کود مرغی ۸ تن در هکتار	۳/۵۴۵^{a}	۵/۵۴۵^{b}
کود مرغی ۱۲ تن در هکتار	۳/۷۲۲^{a}	۵/۷۳۵^{a}

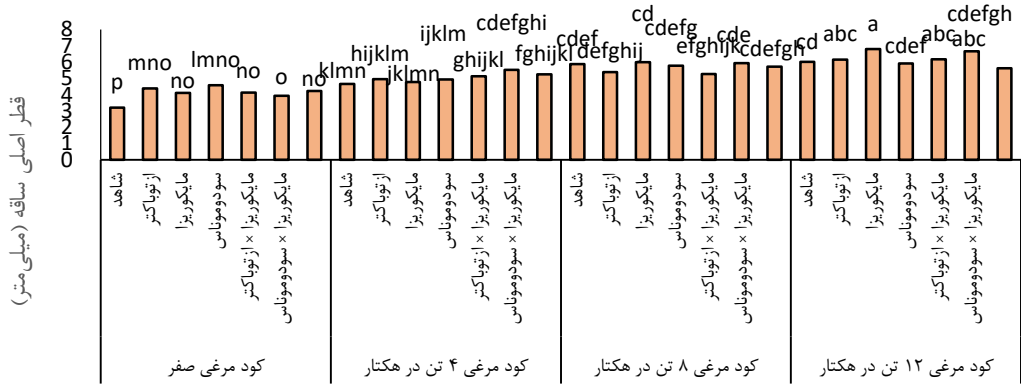
حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

در این پژوهش کود مرغی به علت داشتن ماده آلی، باعث افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانسیم‌های استفاده شده به عنوان کود زیستی شده است و میکروارگانسیم‌ها با عمل معدنی سازی باعث انحلال عناصر نیتروژن، فسفر و سایر مواد مورد نیاز در خاک اطراف و ریزوسفر ریشه گندم سیاه شده، علاوه بر آن میکروارگانیسم‌های مورد استفاده سطح جذب ریشه را نیزگسترش داده و سبب جذب بیشتر عناصر توسط ریشه می‌گردد که باعث رشد گیاه و افزایش طول برگ می‌شود. با توجه به بالا بودن میزان فسفر کود مرغی، و اثر آن بر اندازه برگ در پژوهشی دیگر بیان شده است افزایش فسفر نه تنها باعث افزایش تاج گیاه می‌شود، بلکه اندازه برگ را نیز افزایش می‌دهد (سالاردینی، ۱۳۸۴).



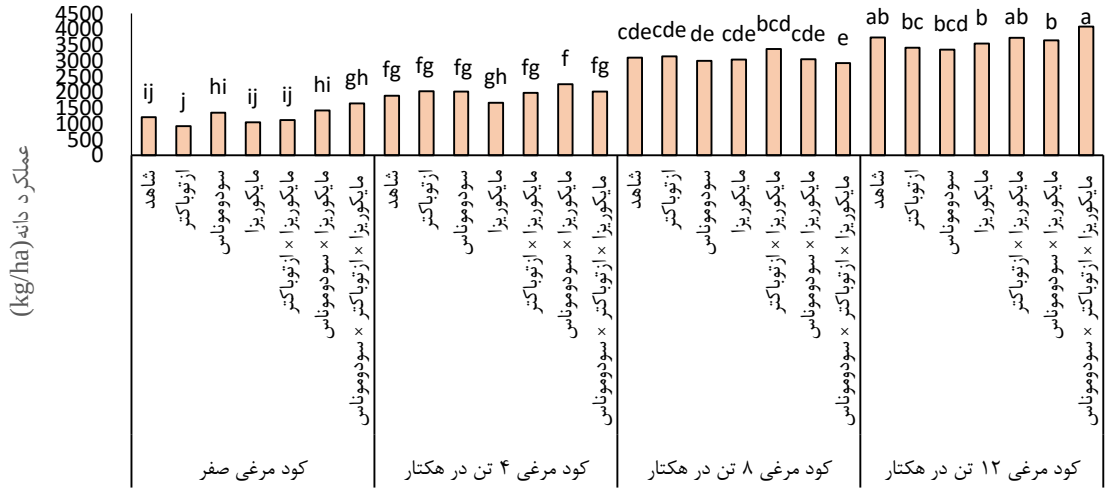
شکل ۲. مقایسه میانگین طول برگ تحت تأثیر کود زیستی در گندم سیاه

برهمکنش کود مرغی × کود زیستی بر میزان قطر ساقه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد بیشترین میزان قطر ساقه گیاه گندم سیاه ۶/۷۹ میلی‌متر مربوط به تیمار کود مرغی ۱۲ تن در هکتار × مایکوریزا بود (شکل ۳). احتمالا باکتری‌های افزاینده رشد با استفاده از ماده آلی کود مرغی با تولید هورمون‌های تحریک کننده رشد گیاه به ویژه جیبرلین و اکسین موجب افزایش رشد تقسیمات سلولی شده و به دنبال آن افزایش قطر ساقه اتفاق افتاده است. که در این مورد در گزارش شمشیری‌پور (۱۳۸۷) افزایش قطر ساقه را به نیتروژن حاصل از باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن نسبت داد که با مصرف کربوهیدرات‌ها در سلول‌های رویشی، سبب افزایش قطر ساقه می‌شوند.



شکل ۳. مقایسه میانگین برهمکنش کود مرغی × کود زیستی بر قطر ساقه اصلی گندم سیاه

برهمکنش کود مرغی × کود زیستی بر میزان عملکرد دانه گندم سیاه معنی‌دار بود، بیشترین میزان عملکرد دانه گندم سیاه ۴۰۸۷/۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار ۱۲تن کود مرغی + مایکوریزا + ازتوباکتر + سودوموناس بود و نسبت به شاهد ۹/۰۶ درصد افزایش داشت (شکل ۴). افزایش عملکرد دانه در تیمارهای کود مرغی را می‌توان به نقش مثبت کود مرغی در افزایش فعالیت ریزجانداران مفید، بهبود ساختمان خاک، افزایش فراهمی و جذب عناصر مورد نیاز، بهبود فعالیت‌های فیزیکی و بیولوژیکی و همین‌طور افزایش ظرفیت نگهداری آب نسبت داد.



شکل ۴. مقایسه میانگین برهمکنش کود مرغی × کود زیستی بر عملکرد دانه گندم سیاه به روش در سطح احتمال خطای پنج درصد LSD

به طوریکه با افزایش سطوح کود مرغی فعالیت و جمعیت میکروارگانسیم‌های خاک افزایش یافته و میزان عناصر غذایی بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته و عملکرد دانه نیز همگام با آن بیشتر شده است. در آزمایشی دیگر در مورد اثر کود مرغی بر گندم سیاه گزارش شد که، کودها آلی تأثیر قابل توجهی بر عملکرد گندم سیاه داشتند (Sazhina *et al.*, 2020).

نتیجه‌گیری

کاربرد کودهای مرغی و زیستی بر صفات مورفولوژیکی تاثیر مثبتی داشتند. کاربرد کود مرغی ۱۲ تن در هکتار همراه با کاربرد ترکیبی کودهای زیستی باعث بیشترین عملکرد دانه گردید. استفاده از کودهای مرغی و زیستی با افزایش طول و عرض برگ، باعث بالا رفتن میزان فتوسنتز شده و افزایش عملکرد دانه شده‌اند. علاوه بر آن باعث کاهش کاربرد کودهای شیمیایی شده و زمینه کشت آلی گیاهان دارویی را فراهم می‌نمایند.

منابع

Faraji, M. and Poursakhi, K. (2018). Studying the effect of biological and organic fertilizers on the morphological and phytochemical characteristics of Iranian borage (*Echium amoenum* Fisch. & C. A. Mey). Bimonthly Scientific-Research Journal of Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research, 1(34): 50-61

Moghimi, F. and Yousefi, M. (2013). Effects of nitroxin co-biological application method on yield and yield components of safflower cultivar Goldasht in the presence of EDTA. Plant Ecophysiology, 5(13): 39-47.

Noorzad, S., Ahmadian, A., Moghadam, M. and Daneshfar, A. (2014). The effect of drought stress on yield, yield components, and the basis of the medicinal plant coriander under the influence of various organic and chemical fertilizers, Agricultural Crops, 16(2): 289-302.

Salardini, A. A. (1995). "Soil Fertility. University of Tehran Press, 428 p. (In Persian).

Sazhina, S., Plotniko, A., Sozinov, A. and prosev, I. (2020). Effect of organic fertilizers on buckwheat yield. BIO Web of Conferences, 27: 93 (2020).

Shamshiripour, M. (2008). Application of Phyllosphere Bacteria as Plant Growth Promoters to Increase Corn Growth and Yield. Master's Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran.

Zhao, J., Ni, T., Li, J., Lu, Q., Fang, Z., Huang, Q., Zhang, R., Li, R., Shen, B. and Shen, Q. (2016). Effects of organic-inorganic compound fertilizer with reduced chemical fertilizer application on crop yields, soil biological activity and bacterial community structure in a rice–wheat cropping system. Applied Soil Ecology, 99: 1-12.

The effect of Poultry Manuer and Biological Fertilizers on Morphological Characteristics and Grain Yield of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) in the Yasouj Region

Kamran Alimardani[1], Amin Salehi[2]*, Mohsen Movahedi Dehnavi[3], Alireza Yadavi[4], Reza Naghiha[5]
1. PhD student in crop Ecology, Department of Agriculture and Plant Breeding, Yasouj University, Iran
2. Associate Professor of Crop Ecology, Department of Agriculture and Plant Breeding, Yasouj University, Iran
3. Professor of Crop Physiology, Department of Agriculture and Plant Breeding, Yasouj University, Iran
4. Professor of Crop Ecology, Department of Agriculture and Plant Breeding, Yasouj University, Iran
5. Associate professor of microbiology، Department of pathobiology, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, ahvaz. Iran
**Corresponding Author: Aminsalehi@yu.ac.ir*

Abstract

The solution to producing more medicinal plants requires managing soil nutrients, which is achieved by replacing nutrients correctly. Therefore, the use of poultry manuer and biological fertilizers is essential to achieve a sustainable and ideal production. In this regard, an experiment was conducted to investigate the effect of poultry manuer and biological fertilizers on morphological traits and grain yield of buckwheat at the experimental farm of Yasouj University in 1401. The experimental treatments were the main factor of poultry manuer at four levels of 0, 4, 8 and 12 tons per hectare and the sub-factor included (control, mycorrhiza, Azotobacter, Pseudomonas, mycorrhiza + Azotobacter, mycorrhiza + Pseudomonas and mycorrhiza + Azotobacter + Pseudomonas). The results showed that the highest plant height and stem diameter were 113.92 cm and 6.79 mm, respectively, for the poultry manure treatment of 12 tons/hectare + Azotobacter + Pseudomonas + Mycorrhiza. Also, the highest leaf length and width, 5.73 and 3.72 cm, respectively, were obtained from the poultry manure treatment of 12 tons per hectare. The highest grain yield of 4087 kg/ha was obtained from the poultry manure treatment of 12 tons/ha + mycorrhiza + Azotobacter + Pseudomonas. As a result, the proper use of organic and biological fertilizers, in addition to having a direct effect on the growth and increase in buckwheat yield, improves the quality of buckwheat by reducing the harmful effects of chemical fertilizers.

Keywords: mycorrhiza, plant height, Poultry manure, seed yield, stem diameter

نقش اسمولیت‌ها به عنوان محرک در افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) در گیاهان دارویی

صادق رضازاده*[۱]، مرضیه اتحادپور[۱]، نسیبه پورقاسمیان[۱]
۱- گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان
*نویسنده مسئول: Sadegh.Rezazadeh@bardsir.uk.ac.ir

چکیده

فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) آنزیمی کلیدی در مسیر بیوسنتز فنیل‌پروپانوئید است که نقش محوری در تولید ترکیبات دفاعی و متابولیت‌های ثانویه با ارزش دارویی نظیر فلاونوئیدها، کومارین‌ها، لیگنان‌ها و اسیدهای فنلی، در گیاهان ایفا می‌کند. افزایش فعالیت این آنزیم می‌تواند به بهبود تولید مواد موثره دارویی در گیاهان منجر شود این مطالعه به بررسی نقش اسمولیت‌ها به عنوان محرک‌هایی برای افزایش فعالیت آنزیم PAL در گیاهان دارویی می‌پردازد اسمولیت‌ها، که مولکول‌های آلی سازگار با محیط سلولی نظیر پرولین، گلیسین بتائین، و قندهای الکلی (مانند مانیتول و سوربیتول) هستند، نه تنها در تحمل تنش‌های زیستی و غیرزیستی نقش کلیدی دارند، بلکه مطالعات اخیر نشان داده‌اند که می‌توانند به عنوان مولکول‌های پیام‌رسان یا تنظیم‌کننده مستقیم بر مسیرهای متابولیکی تأثیر بگذارند. یافته‌ها نشان می‌دهد که اسمولیت‌ها می‌توانند به عنوان محرک‌های مؤثر برای افزایش فعالیت آنزیم PAL و بهبود تولید متابولیت‌های دارویی در گیاهان دارویی مورد استفاده قرار گیرند. این استراتژی می‌تواند راهکارهای نوینی برای بهینه‌سازی تولید ترکیبات با ارزش در صنایع داروسازی و کشاورزی ارائه دهد.

واژه‌های کلیدی: بیان ژن، گلایسین بتایین، پرولین، متابولیت‌های ثانویه، قندها

مقدمه

PAL یک آنزیم کلیدی در مسیر فنیل پروپانوئید است که مسئول سنتز طیف وسیعی از متابولیت‌های ثانویه، از جمله فلاونوئیدها، لیگنین‌ها و ترکیبات فنلی است. (Hemmati, 2015). بسیاری از گیاهان برای مقابله با تنش شوری، اسمولیت‌ها یا محلول‌های سازگار را با تجمع مولکول‌های محلول در آب با وزن مولکولی کم مانند گلیسین بتائین، مانیتول، پرولین، سوربیتول، قندهای محلول و اسیدهای آمینه سنتز می‌کنند و تجمع این مواد به میزان تحمل گیاه به تنش شوری بستگی دارد. افزایش فشار اسمزی در سلول به دلیل اسمولیت‌ها می‌تواند به طور غیرمستقیم بیان ژن‌های دخیل در مسیر فنیل پروپانوئید را تحریک کند و منجر به فعالیت بیشتر PAL شود. مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از اسمولیت‌هایی مانند سوربیتول و مانیتول می‌تواند فعالیت PAL و تولید متابولیت‌های ثانویه را در گیاهان دارویی مختلف، از جمله گیاهانی که به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی مورد استفاده قرار می‌گیرند، افزایش دهد. (Osman and Hany, 2022).

اسمولیت‌ها

سوربیتول ($C_6H_{14}O_6$)

یک الکل قندی با شش کربن، یک اسمولیت شناخته شده است. فتوسنتز در برگ‌های بالغ دارای خواص کلات‌کنندگی بالایی مانند نفوذ، رطوبت و کاهش کشش سطحی است که به گیاهان در جذب و استفاده از مواد مغذی کمک می‌کند. سوربیتول و ساکارز هر دو بین منابع و بافت‌های مخزن درختان هلو، انجیر و سیب منتقل می‌شوند (Osman and Hany,2022).

پرولین ($C_5H_9NO_2$)

یک اسید آمینه ثانویه، پروتئین‌زا و شفاف کریستالی و یک اسمولیت است؛ همچنین، تجمع آن یک پاسخ فیزیولوژیکی رایج به عوامل استرس‌زای مختلف است .سیگنال‌های پرولین و اکسین ممکن است ورودی‌های هورمونی و تغذیه‌ای را ادغام کرده و رشد ریشه را با سرعت مناسبی تغییر دهند. پرولین همچنین می‌تواند با عملکرد به عنوان یک محلول تنظیم اسمزی برای افزایش PH سیتوزولی و به عنوان منبع انرژی، کربن و نیتروژن آلی، به رشد گیاهان تحت تنش شوری کمک کند. (Osman and Hany, 2022).

مانیتول ($C_6H_{14}O_6$)

یک الکل قندی شش کربنی، سفید و بلوری است که در پاسخ به تنش تجمع می‌یابد و به عنوان یک اسمولیت عمل می‌کند. کاربرد مانیتول تحت تنش شوری منجر به بهترین ویژگی‌های رشد گیاه و رنگدانه‌های فتوسنتزی درگیاه بادرنجبویه (Melissa officinalis L) شد. (Osman and Hany, 2022)

گلیسین بتائین ($C_5H_{11}NO_2$)

یک ترکیب نیتروژنی، آمین کواترنری با ویژگی زویتریونی است. تجمع طبیعی و کاربرد بیرونی موفق آن، تحمل تنش‌های غیرزیستی را در گیاهان بهبود می‌بخشد و از دستگاه فتوسنتزی محافظت می‌کند. اسمولیت‌های مختلف مانند گلیسین بتائین، مانیتول، پرولین و سوربیتول می‌تواند نقش مثبتی در کاهش اثرات نامطلوب شوری بر پارامترهای رشد، ویژگی‌ها، رنگدانه‌های فتوسنتزی و فعالیت ژن PAL داشته باشد و باعث افزایش پتانسیل تحمل در شرایط تنش شوری و کیفیت نهال‌های گیاه دارویی گز روغنی ((Moringa oleifera است (Osman and Hany, 2022).

برخی ترکیبات مانند فنیل‌آلانین و تیروزین، پیش‌سازهای خاصی در مسیر بیوسنتز هستند. با افزایش فنیل‌آلانین و تیروزین، محتوای ترکیبات فنلی و فعالیت PAL، TAL و POD افزایش می‌یابد. همچنین، مارکونی و همکاران (۲۰۰۷) تأثیر اسید ترانس سینامیک بیرونی را بر تغییرات محتوای آلکالوئید در گیاه دارویی داتورا (Brugmansia candida Pres). بررسی کردند. اسید سینامیک به رشد گیاه آسیب رساند و باعث افزایش آلکالوئیدهای گیاهی، به ویژه اسکوپولامین شد (Bayat and Saboora, 2023).

مکانیسم‌های تأثیر اسمولیت‌ها بر فعالیت آنزیم PAL

اسمولیت‌ها قادرند فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز (PAL) را در گیاهان دارویی، به‌ویژه در شرایط تنش، افزایش دهند. PAL آنزیم اصلی مسیر فنیل‌پروپانوئید است که تولید متابولیت‌های ثانویه مانند فنول‌ها و فلاونوئیدها را

به دنبال دارد. با فعال‌سازی PAL، اسمولیت‌ها سنتز این ترکیبات مفید را در گیاهان دارویی به طور غیرمستقیم تحریک می‌کنند. اسمولیت‌ها ترکیبات آلی هستند که به گیاهان کمک می‌کنند تعادل اسمزی را در سلول‌های خود حفظ کنند، به خصوص در هنگام تنش‌های محیطی مانند شوری، خشکسالی یا دمای بسیار بالا.اسمولیت‌ها مانند فعال‌کننده‌ها یا کوفاکتورها مستقیماً با آنزیم PAL تعامل ندارند. در عوض، آنها یک محیط سلولی مطلوب‌تر برای عملکرد بهینه PAL ایجاد می‌کنند. اسمولیت‌ها با تثبیت غشاهای سلولی و پروتئین‌ها، از دناتوره شدن و غیرفعال شدن PAL جلوگیری می‌کنند و به آن اجازه می‌دهند واکنش را با کارایی بیشتری کاتالیزکند (Qin et al.,2022).

نقش ترکیبی اسمولیت‌ها

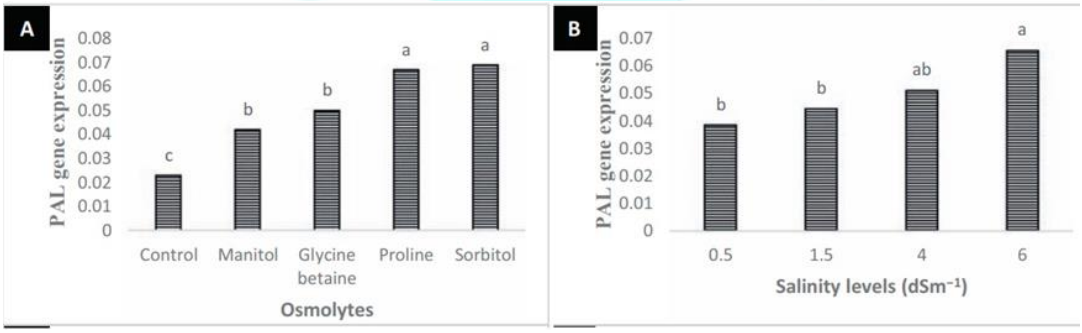
در برخی موارد، کاربرد ترکیبی اسمولیت‌ها با سایر الیسیتورها، مانند اسید سالیسیلیک، می‌تواند اثر هم‌افزایی بر فعالیت PAL و تولید متابولیت‌های ثانویه داشته باشد. این رویکرد برای افزایش تولید ترکیبات ارزشمند در گیاهان دارویی تحت شرایط کنترل‌شده، مانند کشت بافت، امیدوارکننده است (Salmalian et al., 2019).

اسمولیت‌ها و تحمل تنش

شوری آب یک تنش غیرزیستی است که می‌تواند راندمان فتوسنتز را کاهش داده و باعث تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)، بیان ژن PAL و سیستم‌های دفاع آنتی‌اکسیدانی به شکل سوپراکسید دیسموتاز شود که بر مولکول‌های مهمی مانند محتوای فنلی کل، لیپیدها، پروتئین‌ها و DNA در تولید گیاهان دارویی تأثیر می‌گذارد. (Osman and Hany, 2022). در گیاه دارویی گز روغنی (Moringa oleifera) بیان ژن PAL به دلیل کاربرد اسمولیت افزایش یافت و حفاظت گیاه را در شرایط تنش شوری افزایش داد (Osman and Hany, 2022).

تأثیر شوری و اسمولیت‌ها بر بیان ژن PAL

عثمان و هانی (۲۰۲۲) در مطالعه ای که بر گیاه دارویی گز روغنی (Moringa oleifera) انجام دادند تاثیر انواع اسمولیت، نمودار A بر بیان ژن PAL و تأثیر سطوح شوری و بیان ژن PAL در نمودار B در نمودار ۱ آورده شده است نتیجه گرفتند بیان ژن PAL در تیمارهای سوربیتول و پرولین بیشتر از گلایسین بتائین، مانیتول و کنترل بود و بیان ژن PAL در تیمارهای شوری سطوح ۰،۵،۱،۴،۶ به ترتیب از چپ به راست افزایش داشت (Osman and Hany, 2022).



نمودار ۱

نتیجه‌گیری

اگرچه اسمولیت‌ها مستقیماً PAL را تحریک نمی‌کنند، اما با حفظ پایداری و تعادل سلولی و تحمل تنش، محیط مطلوب‌تری برای عملکرد آنزیم ایجاد می‌کنند. این اثر غیرمستقیم می‌تواند منجر به افزایش فعالیت PAL و تولید متابولیت‌های ثانویه ارزشمند در گیاهان دارویی شود (Osman and Hany, 2022). تحقیقات نشان داده است که اسمولیت‌هایی مانند پرولین و گلیسین بتائین می‌توانند فعالیت PAL و محتوای فنلی کل را در گیاهان تحت تنش شوری افزایش دهند (Singh et al., 2022).

منابع

Bayat, L., and Saboora, A. (2023). Improvement of production of alkaloid and flavonoid compounds in Narcissus tazetta L. callus under iron oxide nanoparticles (Fe_3O_4-NPs) and trans-cinnamic acid and L-phenylalanine treatments. Journal of Plant Biological Sciences, 15(1), 85-110.

Hemmati, S. (2015). Phenylalanine ammonia-lyase through evolution: A bioinformatic approach. Trends in Pharmaceutical Sciences and Technologies, 1(1), 10-14.

Osman, Amira R., and Hany M. El-Naggar. (2022). "Enhancing salinity stress tolerance and phenylalanine ammonia lyase gene activity using osmolytes in Moringa seedling production." Annals of Agricultural Sciences 67.1: 127-135.

Qin, Y., Li, Q., An, Q., Li, D., Huang, S., Zhao, Y., ... and Liao, H. (2022). A phenylalanine ammonia lyase from Fritillaria unibracteata promotes drought tolerance by regulating lignin biosynthesis and SA signaling pathway. International journal of biological macromolecules, 213, 574-588.

Salmalian, M., Ghasemnejad, A., and Mashayekhi, K. (2019). The effect of salicylic acid, methyl jasmonate and NaCl stimulants on biochemical compounds of stevia's callus in solid and liquid media.

Singh, P., Choudhary, K. K., Chaudhary, N., Gupta, S., Sahu, M., Tejaswini, B., and Sarkar, S. (2022). Salt stress resilience in plants mediated through osmolyte accumulation and its crosstalk mechanism with phytohormones. Frontiers in Plant Science, 13, 1006617.

The role of osmolytes as stimulants in increasing the activity of the enzyme phenylalanine ammonia lyase (PAL) in medicinal plants

Sadegh Rezazadeh [*1], Marzieh Ethadpour[1], Nasibeh Pourghasemian[1]
1- Plant Production Department, Bardsir Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman
Corresponding author: Sadegh.Rezazadeh@bardsir.uk.ac.ir

Abstract

Phenylalanine ammonia lyase (PAL) is a key enzyme in the phenylpropane biosynthesis pathway, which plays a pivotal role in the production of defense compounds and secondary metabolites with medicinal value, such as flavonoids, coumarins, lignans, and phenolic acids, in plants. Increasing the activity of this enzyme can lead to improved production of active pharmaceutical ingredients in plants. This study investigates the role of osmolytes as stimulants for increasing the activity of the PAL enzyme in medicinal plants. Osmolytes, which are organic molecules compatible with the cellular environment such as proline, glycine betaine, and sugar alcohols (such as mannitol and sorbitol), not only play a key role in the tolerance of biotic and abiotic stresses, but recent studies have shown that they can act as signaling molecules or direct regulators to influence metabolic pathways. The findings indicate that osmolytes can be used as effective stimulants to increase PAL enzyme activity and improve the production of medicinal metabolites in medicinal plants. This strategy can provide new solutions for optimizing the production of valuable compounds in the pharmaceutical and agricultural industries.

Keywords: Gene expression, glycine betaine, proline, secondary metabolites, sugars

تغییرات ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی گیاه خیار وحشی (*Ecballium elaterium*) در طی انتوژنی میوه

پریسا رسول پور جمالیان*[1]، نادر چاپارزاده[1]، لیلا زرندی میاندواب[1]
۱- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، ایران
*نویسنده مسئول: rasoulpourp@gmail.com

چکیده

گیاه خیار وحشی (*Ecballium elaterium*) از جمله گیاهان دارویی می‌باشد که با نام‌هایی نظیر خیار آب‌پران یا خیار آب‌پاش نیز شناخته شده است. میوه این گیاه دارای ترکیبات بیوشیمیایی متعددی می‌باشد که سبب شده است که گیاه دارای خواص دارویی نظیر خاصیت ضد التهابی باشد. ترکیبات بیوشیمیایی گیاه در طی انتوژنی تغییراتی را از خود نشان می‌دهند و با توجه اهمیت ترکیبات فلاونوئیدی و ترکیبات فنولی این گیاه، تغییرات این ترکیبات در طی مراحل انتوژنی بررسی شد. بدین منظور ابتدا وزن، طول و قطر میوه‌ها اندازه‌گیری گردید و سپس براساس طول میوه‌ها در شش مرحله انتوژنی تقسیم بندی شدند. اندازه‌گیری ترکیبات فنولی به روش فولین سیوکالتو و اندازه‌گیری ترکیبات فلاونوئیدی به روش رنگ آمیزی کلرید آلومینیوم انجام شد و در نهایت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSSصورت گرفت. طبق نتایج حاصل از این پژوهش ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی تا مرحله سوم افزایش یافته و سپس کاهش یافت. این ترکیبات در مرحله سوم بیشترین افزایش را از خود نشان دادند که معنی‌دار بود. بنابراین مرحله سوم انتوژنی میوه این گیاه مناسبترین مرحله جهت دستیابی به بیشترین غلظت از این ترکیبات در میوه این گیاه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: Ecballium elaterium، انتوژنی، ترکیبات فنولی، ترکیبات فلاونوئیدی

مقدمه

گیاه (*Ecballium elaterium*) از جمله گیاهان خانواده Cucurbitaceae می‌باشد (شکل ۱). میوه این گیاه دارای ترکیب kaempferol-3-Orutinoside می‌باشد و خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن می‌تواند نتیجه وجود فلاونوئید گلیکوزیدها و کوکوربیتاسین‌ها باشد. همچنین وجود ترکیبات فلاونوئیدی و کوکوربیتاسین‌ها سبب خاصیت ضدالتهابی این گیاه شده است(Bourebaba et al., 2020) . وجود ترکیبات پلی‌فنولی در میوه این گیاه باعث خاصیت ضد میکروبی آن شده است. خاصیت انتی‌اکسیدانی این گیاه می‌تواند نتیجه ترکیبات فنولی موجود در میوه آن باشد (Felhi et al., 2017). گیاهان در طی انتوژنی خود تغییراتی را در ترکیبات بیوشیمیایی خود اعمال می‌کنند که سبب بقا گیاه و گونه می‌شود. با توجه به اهمیت ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی این گیاه، تغییرات این ترکیبات در طی مراحل مختلف انتوژنی بررسی گردید تا مشخص گردد در کدام مرحله انتوژنی این ترکیبات به مقدار بهینه خود برای کاربردهای دارویی و صنعتی می‌رسند.

شکل ۱. گیاه خیار وحشی

مواد و روش‌ها

میوه‌ها در بازه زمانی خرداد تا شهریورماه از شرکت شفاپژوهان‌سبز جمع آوری شد و سپس قطر و طول آنها با استفاده از کولیس و وزن آنها با استفاده از ترازو اندازه‌گیری شد. گیاهان براساس طول آنها در شش مرحله انتوژنی تقسیم‌بندی شدند که مشخصات هر مرحله در زیر آورده شده است (جدول ۱).

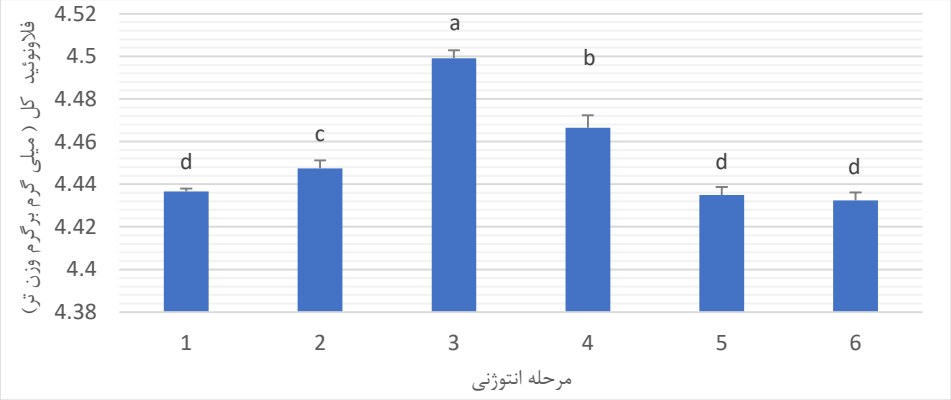
جدول۱. مشخصات مراحل انتوژنی

مرحله انتوژنی	مشخصات رشدی	مرحله انتوژنی	مشخصات رشدی
مرحله اول	طول بین ۱۴- ۲۶/۳ میلی متر	مرحله چهارم	طول بین ۳۸/۵- ۳۵/۵ میلی متر
مرحله دوم	طول بین ۳۱/۲-۲۶/۴ میلی متر	مرحله پنجم	طول بین ۴۳/۴-۳۸/۸ میلی متر
مرحله سوم	طول بین ۳۵/۴- ۳۱/۵ میلی متر	مرحله ششم	طول بین ۴۹- ۴۳/۵ میلی متر

در ادامه آنالیز کمی ترکیبات بیوشیمیایی گیاه انجام شد. به منظور اندازه‌گیری ترکیبات فنولی کل از روش فولین سیوکالتو (Meda et al., 2005) و فلاونوئیدها از روش رنگ آمیزی کلرید آلومینیوم (Chang et al.., 2002) استفاده گردید. در نهایت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵٪ انجام گردید.

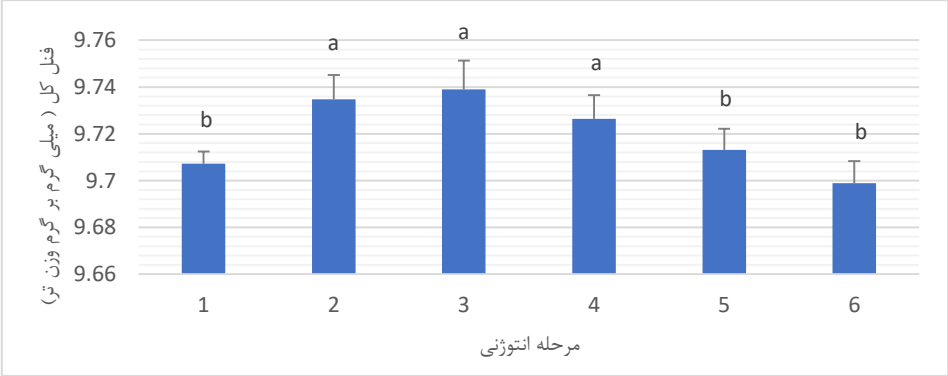
نتایج و بحث

طبق نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها ترکیبات فلاونوئیدی تا مرحله سوم انتوژنی افزایش معنی‌داری از خود نشان داد و سپس کاهش پیدا کرد که این روند کاهشی فقط در مرحله چهارم معنی‌دار بود. بیشترین غلظت ترکیبات فلاونوئیدی در مرحله سوم به دست آمد. بنابراین ترکیبات فلاونوئیدی قبل از شروع رسیدگی میوه و تغییر رنگ ان به رنگ زرد و زمانی که میوه‌ها هنوز سبز رنگ می‌باشند بیشتر است (نمودار۱). نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقی که بر روی گیاه گردو صورت گرفته بود مطابقت دارد. افزایش فلاونوئیدها در مراحل اولیه رشد میوه احتمالا به دلیل رشد سریع در این مراحل و افزایش غلظت اکسین است. بنابراین در مراحل اولیه رشد میوه بیوسنتز ترکیبات فلاونوئیدی بیشتر از کاتابولیسم آنها است(Shi et al., 2017).



نمودار ۱: تغییرات ترکیبات فلاونوئیدی در طی انتوژنی

طبق آنالیز داده‌ها ترکیبات فنولی تا مرحله ۳ افزایش معنی دارای پیدا کردند و سپس کاهش یافت که تنها در مرحله چهار معنی‌دار بود (نمودار۲). کاهش ترکیبات فنولی در طی رسیدگی میوه در گیاهان دیگر نیز مشاهده شده است. این کاهش می‌تواند در نتیجه کاهش سنتز این ترکیبات یا تبدیل آنها به ترکیبات دیگر باشد (Zhang et al., 2022).



نمودار ۲: تغییرات ترکیبات فنولی در طی انتوژنی

نتیجه گیری

طبق نتایج حاصل مناسب ترین مرحله انتوژنی از لحاظ ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی مرحله سوم می‌باشد. باتوجه به اینکه این ترکیبات در این مرحله بیشترین غلظت را دارند، به منظور دستیابی به غلظت بیشینه از این ترکیبات، جمع آوری میوه‌ها در مرحله سوم انتوژنی میوه توصیه می‌شود.

منابع

Bourebaba L, Gilbert-Lopez B, Oukil N and Bedjou F. (2020). Phytochemical composition of *Ecballium elaterium* extracts with antioxidant and anti-inflammatory activities: Comparison among leaves, flowers and fruits extracts. *Arab. J. Chem.*, *13*: 3286-3300.

Chang, B.V., Shiung, L.C., Yuan, S.Y. (2002). Anaerobic biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil. *Chemosphere*, *48*:717-724

Felhi, S., Saoudi, M., Daoud, A., Hajlaoui, H., Ncir, M., Chaabane, R., and Kadri, A. (2017). Investigation of phytochemical contents, in vitro antioxidant and antibacterial behavior and in vivo anti-inflammatory potential of *Ecballium elaterium* methanol fruits extract. *Food Science and Technology*, *37*, 558-563.

Meda, A., Lamien, C.E., Romito, M., Millogo, J., Nacoulma. O.G. (2005) Determination of the total phenolic, flavonoid and pralin contends in *Burkina fasan* honey, as weii as their scavenging activity. *Food Chemistry*, *91*:571-577.

Shi, B., Zhang, W., Li, X., and Pan, X. (2017). Seasonal variations of phenolic profiles and antioxidant activity of walnut (Juglans sigillataDode) green husks. *Int. J. Food Prop*, *25*, 2133-2145.

Zhang, H.; Pu, J.; Tang, Y.; Wang, M.; Tian, K.; Wang, Y.; Luo, X.; Deng, Q. (2022). Changes in Phenolic Compounds and Antioxidant Activity during Development of ‘Qiangcuili’ and ‘Cuihongli’ Fruit. *Foods*, *11*,1-17.

Changes in phenolic and flavonoid compounds of wild cucumber (*Ecballium elaterium*) during fruit anthogenesis.

Parisa Rasoulpour Jamalian[*1], Nader Chaparzadeh[1], Leila Zarandi Miandoab[1]
1- Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Shahid Madani University of Azerbaijan, Iran
Corresponding author: rasoulpourp@gmail.com

Abstract

Ecballium elaterium, also known as the squirting cucumber or exploding cucumber, is a medicinal plant. Its fruit contains numerous biochemical compounds that contribute to its medicinal properties, such as anti-inflammatory effects. Given the importance of flavonoid and phenolic compounds in this plant, their changes during ontogenetic stages were investigated. For this purpose, fruit weight, length, and diameter were initially measured. The fruits were then categorized into six ontogenetic stages based on their length. Phenolic compounds were quantified using the Folin-Ciocalteu method, and flavonoid compounds were measured by the aluminum chloride colorimetric method. Finally, statistical analysis of the data was performed using SPSS software. The results of this study indicated that the concentrations of both phenolic and flavonoid compounds increased up to the third ontogenetic stage and then decreased. These compounds showed their most significant increase at the third stage, which was statistically significant. Therefore, the third ontogenetic stage of the *Ecballium elaterium* fruit is the most suitable stage for obtaining the highest concentrations of these compounds.

Keywords: *Ecballium elaterium*, ontogeny, phenolic compounds, flavonoid compounds

اثر گیاهان دارویی در درمان ناباروری مردان

آیدا ژیان‌نیا*[۱]، حسین طایفی نصرآبادی[۱]

۱- گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تبریز، شهر تبریز

*نویسنده مسئول: aydazh5@gmail.com

چکیده

ناباروری مردان یکی از چالش‌های سلامت باروری در جوامع امروزی است که با پیامدهای روان‌شناختی و اقتصادی قابل توجه همراه است. این مطالعه نقش گیاهان دارویی را در بهبود ناباروری مردان بررسی کرده است. هدف پژوهش، تحلیل اثرات درمانی گیاهان دارویی بر پارامترهای ناباروری مردان و شناسایی راهکارهای طبیعی مؤثر است. در این مطالعه با بهره‌گیری از روش مرور نظام‌مند، مقالات علمی معتبر مرتبط گردآوری و تحلیل شدند. نتایج نشان می‌دهد گیاهانی مانند زعفران و سیاه‌دانه در بهبود کیفیت اسپرم، تحرک اسپرم و تنظیم هورمون‌های باروری مؤثر هستند. یافته‌های این پژوهش می‌توانند زمینه‌ساز طراحی رویکردهای درمانی طبیعی و کم‌عارضه برای درمان ناباروری مردان باشند.

واژه‌های کلیدی: زعفران، سیاه دانه، کیفیت اسپرم، گیاهان دارویی، ناباروری مردان

مقدمه

ناباروری مردان طبق تعریف سازمان بهداشت جهانی (WHO)، ناتوانی یک زوج دارای رابطه جنسی منظم و بدون استفاده از روش‌های جلوگیری در طی یک سال برای دستیابی به بارداری است. عوامل متعددی از جمله تعداد، کیفیت، تحرک و شکل (مورفولوژی) اسپرم در باروری مردان نقش تعیین‌کننده دارند. ناباروری علاوه بر پیامدهای روانی و اجتماعی، هزینه‌های اقتصادی سنگینی را نیز بر فرد و نظام سلامت وارد می‌کند. برخی شواهد نشان می‌دهند که در موارد خاص، ناباروری مردان ممکن است با افزایش خطر ابتلا به برخی سرطان‌ها مرتبط باشد. بر اساس یک مطالعه مرور نظام‌مند (متاآنالیز)، تعداد اسپرم در مردان از سن ۶۰ سالگی به طور میانگین تا ۵۰ ٪ کاهش می‌یابد(Agarwal et al., 2021). درمان‌های رایج ناباروری مردان عبارت‌اند از جراحی، درمان عفونت‌ها با آنتی‌بیوتیک، درمان اختلالات نعوظ، درمان‌های هورمونی و داروهای خاص. ترکیبات گیاهی نیز به‌عنوان روش درمانی جایگزین برای ناباروری‌های غیرژنتیکی در مردان پیشنهاد شده‌اند. علل ناباروری مردان متنوع‌اند و شامل عوامل ژنتیکی، اختلالات هورمونی، ناهنجاری‌های جسمی و سبک زندگی ناسالم مانند سیگار و تغذیه نامناسب هستند. بسیاری از مردان برای درمان ناباروری غیرژنتیکی خود به استفاده از گیاهان دارویی روی می‌آورند. در برخی موارد، می‌توان از فناوری‌های کمک باروری مانند لقاح در شرایط آزمایشگاهی (in vitro) یا تزریق داخل سیتوپلاسمی اسپرم استفاده کرد. در این راستا، چندین داروی گیاهی طبیعی وجود دارند که در مدیریت ناباروری مردان مؤثر شناخته شده‌اند و در این مقاله چند گیاهی که در ایران هم در دسترس هستند؛ مورد بحث قرار خواهند گرفت (Chavda et al., 2024).

مواد و روش‌ها

در مقاله حاضر با استفاده از موتورهای جستجوی Google ScholarوPubMed تعداد ۲۰ مقاله در زمینه اثرگیاهان دارویی در درمان ناباروری مردان یافته شد که از بین این مقالات تعداد ۴ مقاله مروری استفاده شد.

نتایج و بحث

ناباروری مردان

مطالعات اپیدمیولوژیک با هدف پیشگیری یا درمان ناباروری مردان از طریق تحلیل روندهای زمانی شیوع این مشکل انجام می‌گیرد. این داده‌ها به تجزیه و تحلیل علل و گزینه‌های درمانی ناباروری مردان کمک می‌کنند. این نوع تحقیقات معمولاً در بیماران مبتلا به ناباروری مردان در یک جمعیت مشخص و در معرض خطر انجام می‌گیرد. نقش عامل مردانه در ناباروری زوج‌ها تقریباً ۵۰ درصد است(Agarwal et al., 2021). تخمین زده می‌شود که بین ۱۲ تا ۳۵ درصد از موارد ناباروری مردان به عفونت‌های دستگاه تناسلی مربوط می‌شود که ممکن است بسته به نوع عفونت، تولید اسپرم در بیضه‌ها، انتقال و عملکرد اسپرم تحت تاثیر قرار بگیرد(Solomon & Henkel, 2017).۱۰ تا ۱۵ درصد از مردان مبتلا به ناباروری به دلیل آزواسپرمی هستند(Agarwal et al., 2021).

برخی از علل اصلی ناباروری مردان عبارتند از کیفیت پایین مایع منی، تعداد کم اسپرم، کریپتورکیدیسم(باقی ماندنکیسه بیضه در داخل شکم)، الیگواسپرمی (کاهش تعداد اسپرم)، آستنواسپرمی (کاهش تحرک اسپرم) و تراتواسپرمی (اسپرم غیرطبیعی در مایع منی). با این حال، حدود ۵۰ درصد از موارد ناباروری مردان دارای علت ناشناخته‌ای هستند که به عنوان "باروری ایدیوپاتیک" شناخته می‌شود. سایر علل مهم شامل کمبود هورمون، بیماری‌های مقاربتی، عوامل محیطی (مانند سیگار کشیدن، چاقی، استرس و اضطراب) و عوامل ژنتیکی است. قرار گرفتن در معرض تابش یونیزاسیون می‌تواند منجر به کاهش تولید اسپرم شود و قرار گرفتن در معرض دوزهای بالا می‌تواند منجر به ناباروری کامل شود. همچنین، آفتاب گرفتن بیش از حد ممکن است به طور بالقوه باعث کاهش گذرا در تعداد اسپرم شود (Chavda et al., 2024).

مکانیسم‌های بیولوژیکی نشان می‌دهند که ناباروری مردان ممکن است جنبه‌های ژنتیکی داشته باشد و تحقیقات بر روی ناحیه فاکتور آزواسپرمی (AZF) در کروموزوم Y متمرکز است. شیوع خانواده‌هایی با چندین عضو نابارور نشان می‌دهد که علل ارثی ناباروری نسبتا شایع هستند و ناهنجاری‌هایی در ژن‌های اضافی باید دخیل باشند. ژن‌های مرتبط با گیرنده آندروژن، هورمون محرک فولیکول (FSH) و هورمون لوتئینیزه کننده (LH) نیز در تنظیم اسپرماتوژنز و تحرک اسپرم نقش دارند و نقص در آنها ممکن است باعث ناباروری مردان شود. این ژن‌ها می‌توانند برای درمان‌های هدفمند مانند جایگزینی ژن و تولید محصولات مرتبط با ژن مورد استفاده قرار گیرند. علاوه بر این، آسیب ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) را می‌توان در مایع منی و سوسپانسیون‌های اسپرم خالص نشده مشاهده کرد. فرآیند تشخیص ناباروری مردان شامل بررسی کامل سابقه پزشکی و باروری، معاینه فیزیکی، آنالیز اسپرم و معاینات سطح دوم است. آزمایش ژنتیک تشخیصی، معاینه فیزیکی و تجزیه و تحلیل عوامل خطر نیز در این فرآیند مورد بررسی قرار می‌گیرند. با این حال، آنالیز مایع منی مهم‌ترین روش برای تشخیص ناباروری مردان است (Chavda et al., 2024).

گزینه‌های درمانی فعلی برای ناباروری مردان شامل آنتی‌بیوتیک درمانی برای درمان عفونت‌های باکتریایی، هورمون درمانی برای تنظیم سطوح هورمونی و تکنیک‌های کمک باروری است. تکنیک‌های کمک باروری شامل تزریق داخل سیتوپلاسمی اسپرم، تلقیح مصنوعی، تلقیح داخل رحمی و لقاح مصنوعی در شرایط آزمایشگاهی می‌باشد. این

روش‌ها اغلب با میزان بالای شکست و عوارض جانبی همراه هستند. در مقابل، تجزیه و تحلیل داروهای جایگزین در بیماران مبتلا به ناباروری مردان نشان داده است که این داروها می‌توانند اسپرماتوژنز، تعداد اسپرم و تحرک اسپرم را افزایش دهند. داروهای گیاهی طبیعی جایگزین نیز در مقایسه با درمان‌های سنتی به طور قابل توجهی مقرون به صرفه‌تر هستند. یکی از روش‌های باستانی برای درمان اختلال نعوظ و ناباروری، روش «واجیکارنا» در طب آیورودا است که به ۵۰۰۰ سال پیش برمی‌گردد. در این روش از گیاهان به عنوان درمان استفاده می‌کند. همچنین، داروهای گیاهی نتایج خوبی را برای درمان ناباروری مردان نشان داده‌اند و مطالعات مختلف این نتایج را تأیید کرده‌اند (Chavda et al., 2024).

درمان‌های غیرسنتی، به ویژه داروهای گیاهی و فیتوکمیکال‌ها، دارای قابلیت‌های درمانی قابل‌توجهی در مدیریت ناباروری مردان هستند. این رویکردها بر پایه بهره‌گیری از گیاهان دارویی استوارند و می‌توانند به‌صورت مستقل یا در کنار درمان‌های رایج آلوپاتیک به‌کار روند. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که داروهای گیاهی می‌توانند در بهبود ناباروری مردان نقش مؤثری ایفا کنند. یکی از مزایای کلیدی داروهای گیاهی، حداقل عوارض جانبی آن‌ها و مقرون به صرفه بودنشان است. این ویژگی‌ها باعث می‌شود که استفاده از آن‌ها برای بسیاری از بیماران جذاب باشد. استفاده از داروهای گیاهی می‌تواند به بهبود شرایط باروری مردان کمک کند و به عنوان یک گزینه درمانی مکمل در کنار روش‌های مرسوم مورد توجه قرار گیرد (Chavda et al., 2024).

زعفران

زعفران، که از کلاله خشک‌شده گل این گیاه به‌دست می‌آید، قرن‌ها در یونان و جنوب‌غرب آسیا به‌عنوان دارویی مؤثر کاربرد داشته است. ترکیبات شیمیایی موجود در این گیاه، از جمله کروستین، کروسین، جنتیوبیوزید و گاماکوستین، عامل اصلی اثرات درمانی آن در شرایط ناباروری مردان هستند. مطالعات بالینی نشان داده‌اند که زعفران می‌تواند در بهبود مورفولوژی اسپرم، افزایش تحرک اسپرم و بهبود عملکرد نعوظ مردان مؤثر باشد. در یک مطالعه که به بررسی تأثیر زعفران بر مایع منی مردان نابارور پرداخته است، شرکت‌کنندگان با مصرف ۵۰ میلی‌گرم زعفران حل‌شده در شیر، سه بار در هفته تحت درمان قرار گرفتند. نتایج این مطالعه پس از سه ماه نشان‌دهنده افزایش قابل توجهی در تحرک اسپرم بود.در یک تحقیق دیگر، بر روی ۲۰ مرد مبتلا به اختلال نعوظ، پس از ۱۰ روز مصرف روزانه قرص‌های ۲۰۰ میلی‌گرمی زعفران، بهبود قابل توجهی در وضعیت آنان مشاهده شد. همچنین، در مطالعاتی بر روی موش‌های صحرایی، بهبود در تحرک و مورفولوژی طبیعی اسپرم مشاهده گردید (Chavda et al., 2024). فعالیت آنتی‌اکسیدانی زعفران به دلیل تأثیر آن بر استرس اکسیداتیو، می‌تواند کیفیت مایع منی را در موارد ناباروری بهبود بخشد و سطح تستوسترون را در موش‌ها به‌طور قابل توجهی افزایش دهد. زعفران به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان، به‌طور مؤثری مورفولوژی و تحرک اسپرم را در مردان نابارور بهبود می‌بخشد، بدون اینکه تأثیری بر تعداد اسپرم داشته باشد. برای روشن شدن بیشتر در مورد اثربخشی زعفران و ترکیبات آن در درمان ناباروری مردان، نیاز به تحقیقات بیشتری احساس می‌شود (Barati et al., 2020).

سیاه‌دانه (N. sativa)

سیاه‌دانه که با نام‌های «سیاه‌دانه» یا «زیره سیاه» نیز شناخته می‌شود، متعلق به خانواده آلاله‌ها (Ranunculaceae) است. این گیاه حاوی ترکیبات شیمیایی متنوعی از جمله آلکالوئیدها، ساپونین‌ها، استرول‌ها و

روغن‌های ضروری است. روغن ثابت سیاه‌دانه بین ۲۶ تا ۳۴ درصد از محتوای دانه را تشکیل می‌دهد. اسیدهای چرب غالب موجود در این روغن شامل اسید پالمیتیک (۲۰,۴ درصد) و اسید لینولئیک (۶۴,۶ درصد) هستند.تیموکینون به عنوان ماده مؤثر اصلی در بین ترکیبات گیاهی روغن سیاه‌دانه شناسایی شده است و به درمان ناباروری مردان کمک می‌کند (Chavda et al., 2024). چاقی مفرط می‌تواند منجر به اختلال عملکرد بیضه و ناباروری شود. در یک مطالعه، به موش‌های صحرایی نر ویستار در شش گروه مختلف رژیم‌های غذایی متفاوتی داده شد؛ غذای معمولی، رژیم غذایی پرقند، نمک، متفورمین، و سیاه‌دانه با دوزهای ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز. نتایج نشان داد که نسبت به گروه غذای معمولی، رژیم پرقند باعث افزایش وزن کل بدن و کاهش حرکت پیشرونده (Progressive Motility) و غلظت اسپرم‌ها شد. در مقایسه با گروه نمکی، متفورمین و دوز ۴۰۰ میلی‌گرم سیاه‌دانه بهبودهایی در متالوپروتئینازهای ماتریکس (MMP) و غلظت اسپرم‌ها ایجاد کردند. همچنین، دوزهای ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم سیاه‌دانه و متفورمین باعث بهبود سطح تستوسترون و بازگشت وزن بدن به حالت نرمال می‌شوند. با این حال، هیچ تأثیری در زنده‌مانی و تحرک اسپرم‌ها مشاهده نشد، اگرچه دوز ۴۰۰ میلی‌گرم سیاه‌دانه اثر مضری بر زنده‌مانی اسپرم‌ها داشت. در موش‌هایی که با رژیم غذایی چاق‌کننده تغذیه می‌شدند، روغن سیاه‌دانه و متفورمین در کاهش وزن کل بدن، افزایش سطح تستوسترون سرم و بهبود MMP و غلظت اسپرم مؤثر بودند. بنابراین، سیاه‌دانه می‌تواند در مقابله با ناباروری مردان ناشی از چاقی مؤثر باشد (Leisegang et al., 2021). عصاره روغنی سیاه‌دانه با دوز ۰,۵ میلی‌لیتر بر کیلوگرم، اسپرماتوژنز را تحریک کرده و وزن کیسه‌های منی و تعداد اسپرماتیدها را در موش‌ها به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. تجویز همزمان روغن سیاه‌دانه و استامی‌پرید می‌تواند اثرات منفی استامی‌پرید را به طور مؤثرتری کاهش دهد. به این ترتیب، مشخص شده است که استامی‌پرید با ایجاد استرس اکسیداتیو در بیضه‌ها، بر فعالیت تولید مثلی تأثیر منفی می‌گذارد و این اثرات منفی می‌تواند با تجویز همزمان روغن سیاه‌دانه معکوس شود. بنابراین، روغن سیاه‌دانه پتانسیل بهبود باروری مردان را دارد (Chavda et al., 2024).

محدودیت‌ها

داروهای گیاهی یا فیتوشیمیایی که عمدتاً برای درمان ناباروری مردان مورد استفاده قرار می‌گیرند، با محدودیت‌های متعددی همراه هستند. علی‌رغم اثرات مفید این داروها، برخی از مطالعات عوارض جانبی نظیر واکنش‌های آلرژیک، سردرد و هیپومانیا (جنون خفیف) را گزارش کرده‌اند. همچنین، در دوزهای بالاتر، این داروها می‌توانند موجب بروز سمیت شوند. مطالعات علمی در مورد سمیت و اثربخشی دارویی بسیاری از این گیاهان هنوز محدود و ناکافی است. استفاده از داروهای گیاهی، در صورتی که آگاهی کافی از پارامترهای ایمنی آن‌ها وجود نداشته باشد، می‌تواند با عوارض عمده‌ای همراه باشد. با این حال، اکثر داروهای گیاهی مطرح‌شده در اینجا نه تنها در بهبود ناباروری مردان مؤثر هستند، بلکه مزایای متعددی برای سلامت انسان نیز به همراه دارند. بنابراین، انتخاب دارویی که بالاترین اثربخشی را در درمان ناباروری مردان داشته باشد، چالش‌برانگیز است. این امر نیازمند مطالعات بالینی مقایسه‌ای گسترده بر روی چندین داروی گیاهی است (Chavda et al., 2024).

منابع

Agarwal, A., Baskaran, S., Parekh, N., Cho, C.-L., Henkel, R., Vij, S., Arafa, M., Selvam, M. K. P., & Shah, R. (2021). Male infertility. *The lancet*, *397*(10271), 319-333.

Barati, E., Nikzad, H., & Karimian, M. (2020). Oxidative stress and male infertility: current knowledge of pathophysiology and role of antioxidant therapy in disease management. *Cellular and Molecular Life Sciences*, *77*, 93-113.

Chavda, V. P., Sonak, S. S., Balar, P. C., Vyas, K., Palandurkar, P., Mule, K., Patel, K., Hala, V., Vaghela, D. A., & Acharya, D. (2024). Reviving Fertility: Phytochemicals as Natural Allies in the Fight against Non-genetic Male Infertility. *Clinical Complementary Medicine and Pharmacology*, *4*(1), 100128.

Leisegang, K., Almaghrawi, W., & Henkel, R. (2021). The effect of Nigella sativa oil and metformin on male seminal parameters and testosterone in Wistar rats exposed to an obesogenic diet. *Biomedicine & pharmacotherapy*, *133*, 111085.

Solomon, M., & Henkel, R. (2017). Semen culture and the assessment of genitourinary tract infections. *Indian Journal of Urology*, *33*(3), 188-193.

The impact of herbal plants in the treatment of male infertility

Ayda Zhiyannia[*1], Hossein Tayefi-Nasrabadi[1]
1. Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[*]*Corresponding Author: aydazh5@gmail.com*

Abstract

Male infertility is recognized as a significant health issue in modern society, as supported by WHO data, with considerable psychological, social, and economic impacts. This article examines the role of medicinal plants—plants used for their therapeutic properties—in the treatment of male infertility. The primary objective of this research is to identify and analyze the therapeutic effects of medicinal herbs—such as their influence on sperm count and motility—and to propose natural solutions for improving male fertility. In this study, a systematic review methodology was employed to analyze 20 relevant articles published between 2010 and 2024. Results indicate that certain medicinal plants, such as Crocus sativus (saffron) and Nigella sativa (black seed), can enhance sperm quality, increase motility, and improve hormone levels associated with fertility. These findings may serve as a valuable foundation for developing non-invasive, plant-based therapeutic strategies for managing male infertility.

Keywords: herbal medicine, male infertility, natural treatment, sperm quality

بررسی اثر ضد میکروبی ترکیب عصاره‌های هیدروالکلی اندام هوایی گیاه دارویی دم اسب، بادرنجبویه و نانو ذرات اکسید مس استخراج شده از گون جمع‌آوری شده از شمالغرب ایران بر روی باکتری‌های شایع عفونت سوختگی

حجت اقبال*[۱]، یوسف جهانی‌جلودار[۲]، مهدی احمدی‌سابق[۱]، زهره قاضی‌طباطبائی[۱] و اسلام مرادی‌اصل[۳]

۱. گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، اهر، ایران.

۲. بخش تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران.

۳. گروه بهداشت عمومی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران.

*نویسنده مسئول: hojat.eg@gmail.com

چکیده

سوختگی یکی از عواملی است که نه تنها به پوست آسیب می‌رساند بلکه اغلب با عفونت‌های مختلف باکتریایی نیز همراه است. با توجه به افزایش مقاومت باکتری‌ها نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های موجود، درمان زخم‌های عفونی حاصل از سوختگی با مشکلات فراوانی مواجه شده است. مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر ضد میکروبی ترکیب عصاره‌های هیدروالکلی دم اسب، بادرنجبویه و نانو ذرات اکسید مس استخراج شده از گون جمع‌آوری شده از شمال‌غرب ایران بر روی باکتری‌های شایع عفونت سوختگی انجام گردید. در این مطالعه گیاه بادرنجبویه، دم اسب و گون از شهرستان مشکین‌شهر در سال ۱۴۰۳ جمع‌آوری گردید، و پس از خشک شدن در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد به روش ماسراسیون عصاره‌گیری شد سپس خاصیت ضدمیکروبی آنها با دو روش بررسی قطر هاله عدم رشد و حداقل غلظت مهارکنندگی در برابر باکتری‌های شایع موجود در عفونت‌های سوختگی که شامل: استافیلوکوک اورئوس، اشریشیا کُلی، سودوموناس آئروژینوزا، کلبسیلا پنومونیه بودند در غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ mg/ml با ۳ تکرار انجام شد بر اساس نتایج حاصل از پژوهش انجام شده مشاهده گردید که اختلاف بین قطر هاله عدم رشد ایجاد شده در پلیت‌های حاوی استافیلوکوک اورئوس، سودوموناس آئروژینوزا توسط مخلوط گیاهی مورد مطالعه در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر با داروی سیلورسولفادیازین بی‌معنی می‌باشد ($P\leq0/05$). و این بدین معنی است که مخلوط گیاهی با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر دارای اثرات ضد میکروبی همانند داروی سیلورسولفادیازین می‌باشد، این در حالی است که نتایج قطر هاله عدم رشد مخلوط گیاهی مورد مطالعه در این تحقیق در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر با داروی سلیورسولفادیازین علیه باکتری‌های اشریشیا کُلی و کلبسیلا پنومونیه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند، که نشان دهنده تاثیر کم (نسبت به دو باکتری قبلی) عصاره علیه باکتری‌های اشریشیا کُلی و کلبسیلا پنومونیه در مقایسه با داروی سیلورسولفادیازین دارا می‌باشند. در بررسی اثر متقابل غلظت‌های مورد بررسی در این تحقیق مشاهده گردید که غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر دارای بیشترین و بهترین اثر بازدارندگی از رشد و غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر دارای کمترین اثر بازدارندگی می‌باشد. نتایج حاصل از تست حداقل غلظت مهارکنندگی تایید کننده این موضوع می‌باشد. با توجه به نتایج موجود می‌توان گفت که مخلوط عصاره بادرنجبویه، دم اسب و نانو ذرات اکسید مس حاوی عصاره گون دارای اثر ضد میکروبی بر عفونت ایجاد شده در سوختگی‌های پوستی بوده و می‌تواند به‌عنوان دارویی جایگزین در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: گیاهان دارویی، عصاره، سیلورسولفادیازین، ضد میکروبی، سوختگی.

مقدمه

سوختگی از آسیب‌های اپیدرم و درم است که به تخریب نسوج نرم و ارگان‌های بدن می‌انجامد. سوختگی، حادثه‌ای مخرب است که همه روزه به اشکال مختلف جامعه بشری را تهدید می‌کند (Schwartz, Spencer, 1999). از طرف دیگر، بروز سوختگی ممکن است تغییر شکل‌ها، بدشکلی‌ها، از کار افتادگی‌های طویل‌المدت و مشکلات روانی را نیز به‌همراه داشته باشد. سالانه افراد بسیار زیادی دچار سوختگی می‌شوند، که درصدی از آن‌ها نیاز به بستری در بیمارستان دارند که این مسأله موجب صرف هزینه‌های درمانی زیادی می‌شود و عوارض ناشی از آن می‌تواند سال‌ها گریبان‌گیر بیماران گردد (Boroner, 1997; Kalantari, 1992). آمار منتشر سال‌نامه آماری وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی در سال ۱۳۷۸، میزان مرگ و میر سالیانه ناشی از سوانح، مسمومیت‌ها، خودکشی‌ها و سوختگی‌ها را ۳ درصد کل مرگ و میر سالانه کشور اعلام کرده است (Brunicardi and Schwartz, 2005). سوختگی حرارتی نوعی از سوختگی است که در اثر تماس با شعله آتش یا جسم داغ ایجاد می‌شود. این جسم ممکن است جامد، مایع، نیمه‌مایع (قیر) و یا گاز باشد. باید به یادداشت که قسمتی از شدت یک سوختگی به مدت تماس منبع حرارت با بدن بستگی دارد و هر چه مدت تماس بیشتر باشد شدت سوختگی نیز بیشتر است. بنابراین اولین اقدام درمانی یک مصدوم در حال سوختن حذف فوری و کامل عامل سوزاننده است (Venkatachalam and Weinberg, 1994). امروزه به‌طور معمول داروهای آنتی‌بیوتیک موضعی استاندارد از زمان‌های دور تهیه مرهمی برای تخفیف آلام و تسریع بهبودی زخم سوختگی مورد توجه اهل طب بوده است (Mallouk, et al., 1999). علی‌رغم اثرات درمانی دلخواه داروهای صناعی، به‌دلیل عوارض جانبی ناخواسته آن‌ها، روزبه‌روز از گرایش مردم به استفاده از این داروها کاسته شده و در عوض گرایش آن‌ها به مصرف داروهای با منشاء طبیعی افزایش یافته است. هم‌چنین با استفاده گسترده از مواد ضد میکروبی امروزه شاهد مقاومت دارویی به میکروارگانیسم‌ها هستیم. سوانح سوختگی در اثر انتقال حرارت، یکی از شدیدترین اشکال صدمات است که به صورت‌های موضعی سیستمیک به بدن وارد می‌شود. سوختگی موضعی پوست مقاومت آن را به عنوان یک سد حفاظتی در مقابل محیط و هم قدرت آن را به‌عنوان یک اندام ایمنی کاهش می‌دهد (Hisseinzadeh, et al., 2022; Porchezhian and Ansari). پس از یک صدمه سوختگی، مجموعه‌ای از پاسخ‌های فیزیولوژیک بروز می‌کند که شامل تغییراتی در مکانیسم‌های حفاظت سلولی، التهاب سیستمیک و موضعی و صدمات ناشی از جریان خون مجدد است که همگی به‌دلیل صدمات و فقدان ناگهانی انرژی سلولی به وجود می‌آید (GhasemiPirbalouti, et al., 2019; Amin, 2018). با توجه به اهمیت درمان سوختگی، هم از لحاظ مالی و هم از لحاظ روحی فرد، این مطالعه با هدف بررسی اثر درمانی پماد گیاهی تهیه شده از مخلوط یک به یک از عصاره‌های هیدروالکلی بر سوختگی درجه ۲ القا شده در موش آزمایشگاهی نژاد ویستار و مقایسه اثر درمانی این پماد با پماد سیلورسلفادیازین انجام گردید.

مواد و روش

نانو ذره اکسید مس

در ۴۰۰ میلی‌لیتر عصاره، ۲/۵ گرم سولفات مس اضافه کرده و مگنت را درون محلول انداخته و به مدت ۱ ساعت در استریر (HEATER) قرار خواهیم داد. سپس جهت کنترل میزان pH و رساندن pH به عدد ۹، قطره قطره NaOH اضافه خواهیم کرد. سپس با استفاده از مولتی‌متر میزان پتانسیل احیاء اندازه‌گیری خواهد شد. بعد محلول، به مدت

Min ۵ در توان ۳۶۰ درون مایکروویو گذاشته خواهد شد، بعد از مایکروویو درآورده و روی ظرف پارافیلم کشیده و جهت خنک شدن داخل یخچال انتقال می‌دهیم. در مرحله بعد محلول مورد نظر را به مدت Min ۲۰ در توان ۱۰۰۰۰ rpm سانتریفیوژ کرده و رسوبات حاصل را جمع‌آوری خواهیم کرد، عصاره را جدا کرده و روی رسوبات مقداری آب مقطر ریخته، کمی تکان داده سپس آب مقطر را دور ریخته و رسوبات باقی مانده را به پتری‌دیش منتقل خواهیم نمود، سپس پتری‌دیش‌ها جهت خشک شدن کامل رسوبات، به مدت ۱ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد داخل آون انتقال داده خواهند شد. پس از خشک شدن کامل رسوبات، جهت داشتن پودر خالص و یک‌دست، رسوبات با استفاده از قاشقک از پتری‌دیش جدا کرده و داخل هاون چینی ریخته شده و عمل پودر کردن انجام داده خواهد شد. سپس پودر تهیه شده را به کوره الکتریکی با دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد منتقل خواهیم کرد. بعد از ۴ ساعت کوره را خاموش کرده و پس از گذشت ۲۴ ساعت نانو ذرات را از داخل کوره برمی‌داریم. سپس ذرات نانو مورد نظر را در داخل ظرف درپوش‌دار مخصوص ریخته و با پارافیلم آن را می‌پوشانیم (Sasaki, et al., 2022; Kaith, et al., 1996).

از تکنیک‌های FTIR, XRD, SEM, DLS, EDX و اندازه‌گیری پتانسیل احیاء عصاره‌های مورد مطالعه، جهت تعیین سایز و مورفولوژی نانو ذرات سنتز شده استفاده شد (Yamasaki, et al., 1993).

جمع‌آوری و شناسایی گیاه

اندام مورد نظر گیاهان مورد نظر در سال ۱۴۰۳ از منطقه شرق شهرستان مشکین شهر واقع در استان اردبیل جمع‌آوری شد و سپس توسط واحد هرباریوم بخش تحقیقات گیاهان دارویی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل مورد شناسایی و تطبیق قرار گرفتند و پس از اطمینان از صحت انتخاب، اندام‌های مورد نظر گیاهان خشک شدند. سپس در آزمایشگاه فیتوشیمی بخش تحقیق و توسعه موسسه دانش‌بنیان پژوهشگران داروی سبز به‌وسیله آسیاب برقی و با استفاده از الک قسمت‌های هوایی گیاه به صورت پودر تهیه گردید.

تهیه عصاره

پودرهای تهیه شده در داخل بشر ریخته شد و جهت عصاره‌گیری به‌روش خیساندن، به نسبت ۸ به ۱ به آن اتانول ۹۶ درصد اضافه گردید و به‌مدت یک هفته در یخچال قرار داده شد. در طی این مدت ۲ بار بشرهای محتوی عصاره به مدت ۱۵ دقیقه به منظور استخراج بهتر و بیشتر ترکیبات موثر گیاه در دستگاه اولتراسوند قرار داده شدند (Zargari, 1997; Papageorgiou, et al., 1999). و پس از آن محتویات داخل بشر به‌وسیله کاغذ صافی و قیف شیشه‌ای صاف گردید. سپس توسط دستگاه روتاری مدل ۳۱۱lab tech, Ev تغلیظ و جهت خشک شدن داخل پتری دیش ریخته و زیر هود قرار داده شد (Moniee, 1981).

بررسی خاصیت ضد میکروبی

جهت بررسی خواص ضدمیکروبی عصاره‌ها از دو روش آنتی‌بیوگرم (Disk diffusion) و حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC) استفاده شد (Min, et al., 2023).

بررسی فعالیت ضد میکروبی

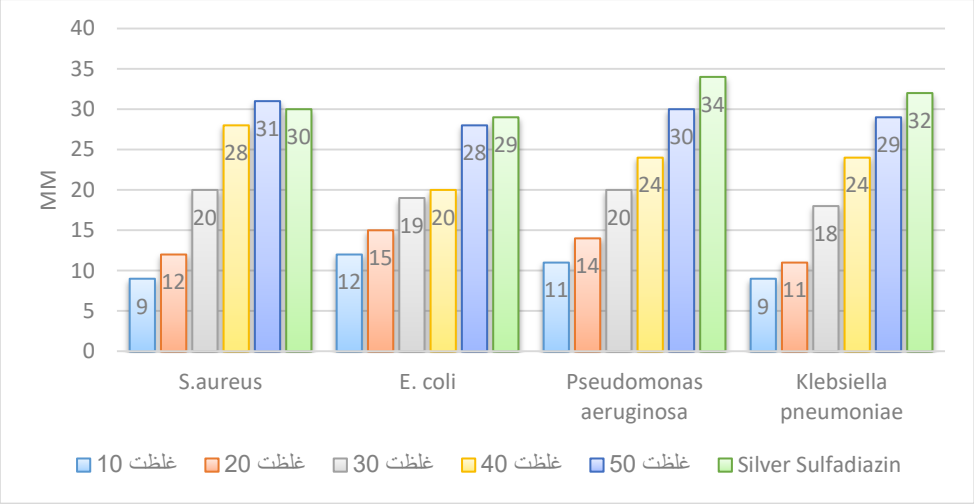
جهت بررسی فعالیت‌های ضدمیکروبی عصاره‌ی مورد نظر از روش بررسی قطر هاله عدم رشد (Disk deffusion) و حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC) استفاده شد (Mashhadian and Rakhshandeh, 2025).

نتایج

بر اساس نتایج حاصل از مطالعه انجام شده مشاهده گردید که اختلاف بین قطر هاله عدم رشد ایجاد شده در پلیت‌های حاوی *Pseudomonas aeruginosa*، *S .aureus* توسط مخلوط گیاهی مورد مطالعه در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر با داروی سلیورسولفادیازین بی‌معنی بی‌باشد ($P\leq0/05$). و این به دین معنی است که مخلوط گیاهی مورد مطالعه با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر دارای اثرات ضد میکروبی همانند داروی سلیورسولفادیازین می‌باشد، این در حالی است که نتایج قطر هاله عدم رشد مخلوط گیاهی مورد مطالعه در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر با داروی سلیورسولفادیازین علیه باکتری‌های *E. coli* و *Klebsiella pneumoniae* دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند، که نشان دهنده تاثیر کم عصاره علیه باکتری‌های *E. coli* و *Klebsiella pneumonia* در مقایسه با داروی سیلورسولفادیازین دارا می‌باشند. در بررسی اثر متقابل غلظت‌های مورد بررسی در این تحقیق مشاهده گردید که غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر دارای بیشترین و بهترین اثر بازدارندگی از رشد و غلظت ۱۲/۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر دارای کمترین اثر بازدارندگی می‌باشد. نتایج حاصل از تست MIC تایید کننده این موضوع می‌باشد.در بررسی خاصیت آنتی‌باکتریال عصاره مورد مطالعه، پس از انجام آزمون آنتی‌بیوگرام مشخص گردید که در بررسی اثر ممانعت از رشد باکتری، بین عصاره‌ی گیاهی مورد مطالعه، اختلاف بسیار معنی‌داری وجود دارد. در بررسی اثر ساده عصاره‌های گیاهی بر قطر ممانعت از رشد باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی مشخص شد که بیشترین قطر هاله مربوط به غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر عصاره مخلوط گیاهی مورد مطالعه بوده و کمترین آن‌ها مربوط به غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر این مخلوط می‌باشد. با توجه به نتایج مشاهده شده (جدول ۱) مشخص شد که مخلوط مورد مطالعه نتایج نسبتاً مشابهی را نسبت به داروی سلیورسولفادیازین از خود نشان داد. نتایج به‌دست آمده از تست MIC نشان داد (جدول ۲) که باکتری‌های مورد مطالعه بیشترین حساسیت را نسبت به داروی سلیورسولفادیازین و پس از آن نسبت به عصاره مخلوط گیاهی مورد مطالعه دارد.

جدول ۱. مقادیر قطر هاله عدم رشد حاصل از مخلوط عصاره‌های مورد مطالعه بر روی باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی.

سویه باکتریایی مورد مطالعه	گرم	غلظت mg/ml					
		۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	سیلورسولفادیازین
S.aureus	+	۱۰	۱۳	۲۲	۳۱	۳۳	۳۱
E. coli	–	۹	۱۴	۲۰	۲۲	۳۰	۳۰
Pseudomonas aeruginosa	–	۱۳	۱۶	۲۲	۲۶	۳۱	۳۴
Klebsiellapneumoniae	–	۸	۱۰	۱۹	۲۱	۳۰	۳۲



نمودار ۱. میانگین قطر هاله عدم رشد (میلی‌متر) در باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی با غلظت‌های مختلف مخلوط گیاهی مورد مطالعه.

جدول ۳. مقادیر MIC حاصل از عصاره مخلوط گیاهی مورد مطالعه بر باکتری‌های شایع دخیل در عفونت سوختگی.

میکروب‌های مورد آزمایش	Mg/ml
aureus.S	2±1
E. coli	6±1
Pseudomonas aeruginosa	2±1
Klebsiellapneumoniae	4±1
سلیورسولفادیازین	2±1

بحث

در مطالعه اثرات آنتی‌اکسیدانی ترکیبات موجود ریشه گیاه هواچوبه توسط Kourounakis و همکاران در سال ۲۰۰۲ مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته است، نتایج به‌دست آمده از مطالعه این محققین بیانگر آن است که این ترکیبات دارای فعالیت ضدالتهابی in vitro بوده و این عمل را از طریق دخالت در فرآیند تولید ریشه‌های آزاد به انجام می‌رساند (Androw, 2021). همچنین مطالعه Assimopoulou و همکاران در سال ۲۰۰۵ وجود ترکیبات Hydroxynaphthoquinones در عصاره‌های رشه گیاه هواچوبه را عامل خنثی نمودن ریشه‌های آزاد اعلام نمود (Thornsberry and Dougal, 1983). مشابه این مطالعه نیز توسط همین نویسنده اعلام گردید (Pei, et al., 2025). این فعالیت‌ها در مجموع از استرس اکسیداتیو (تشکیل رادیکال‌های آزاد) جلوگیری نموده و از روند التهاب کاسته و زخم ناشی از سوختگی را کامل ترمیم می‌نمایند. با توجه به نقش ریشه‌های آزاد در برخی فرآیندهای بیولوژیک مهم مانند التهاب و ضدپیری، ضد سرطان و ترمیم‌کننده زخم داشته داشته باشد (Assimopoulou, et al., 2006; Walker, Mason, 1968). با توجه به نتایج به‌دست آمده میانگین درصد بهبود زخم (۹۵/۷۴±۲/۶ در مقابل ۵۵/۷۳±۱۶/۱) از روز ۱۰ تا روز ۱۴اختلاف معنی‌دار نشان داد (P> 0.05) (جدول ۲). نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد

گیاه هواچوبه که به‌طور سنتی و غیر علمی در درمان انواع زخم‌های سوختگی به‌کار می‌رود، می‌تواند با کاهش وسعت و شدت التهاب موجب بهبود و درمان کامل سوختگی شود. در این رابطه به نظر می‌رسد ساز و کار اصلی اثرات ضدالتهابی و ترمیم کنندگی این گیاه توانایی آنتی‌اکسیدانی آلکالوئیدهای موجود در ریشه این گیاه خصوصاً شیکورین می‌باشد (Assimopoulou, et al., 2009).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان بیان نمود که مخلوط گیاهی مورد مطالعه در این تحقیق با تاثیر مهاری بر روی باکتری‌های مورد مطالعه در این تحقیق باعث جلوگیری از رشد آنها می‌گردد در بررسی اثر متقابل غلظت‌ها مشاهده شد که غلظت ۵۰ میلیگرم بر میلی لیتر بیشترین اثر و غلظت ۱۰ آن نیز کمترین اثر ممانعت از رشد باکتری را از خود نشان می‌دهد و در مقایسه با داروی سلیورسولفادیازین، مشاهده می‌شود که اثر مهاری تقریباً یکسانی را نسبت به باکتری‌های مورد مطالعه از خود نشان می‌دهد، به عبارت مناسب‌تر می‌توان از مخلوط گیاه دارویی مورد مطالعه به جای سلیورسولفادیازین جهت درمان برخی عفونت‌های سوختگی پوستی استفاده کرد.

منابع

Schwartz S, Spencer FG. (1999). Principle of Surgery. 7th ed. New York: McGrow-Hill; 224-580.
Kalantari AH. (1992). Burns, Tehran: Anosheh Organization. [in Persian].
Boroner S. (1997). Medical surgical of Burn Translation Delavaran M, Pisheban p. Tehran. *Boshra Publication*; [in Persian].
Brunicardi FC, Schwartz SI. (2005). Schwartz's principles of surgery. 8th ed. NewYork: McGraw Hill.
Venkatachalam MA, Weinberg JM. (1994). Mechanisms of cell injury in ATP-depleted proximal tubules. Role of glycine, calcium, and polyphosphoinositides. *Nephrol Dial Transplant*; 9 Suppl 4:15-21.
Mallouk Y, Vayssier-Taussat M, Bonventre JV, Polla BS. (1999). Heat shock protein 70 and ATP as partners in cell homeostasis (Review). *Int J Mol Med*; 4(5):463-74.
Porchezhian E and Ansari SH. Effects of Securigera securidaca on blood glucose levels of normal and alloxan-induced diabetic rats.
Hisseinzadeh H, Ramezani M and Danaei AR. (2022). Antihyperglycaemic effect and acute toxicity of Securigera secuidaca L. seed extracts in mice. *Phytotherapy Research*; 16: 745-747.
Amin G. (2018). Motedaveltaringiahanedaruyeisonnati Iran. 2nd ed. Tehran University of Medical Sciences. [in Persian]
GhasemiPirbalouti A, Yousefi M, Nazari H, Karimi I, Koohpayeh A. (2019). Evaluation of burn healing properties of arnebiaeuchroma and malvasylvestris. *J Biol*.; 5(3): 62-6.
Kaith BS, Kaith NS, Chauhan NS. (1996). Anti-inflammatory effect of Arnebiaeuchroma root extracts in rats. *J Enthnopharmacol*; 55(1): 77-80.
Sasaki K, Abe H, Yoshizaki F. (2022). In vitro antifungal activity of naphthoquinone derivatives. *Biol Pharm Bull*; 25(5): 669–70.
Yamasaki K, Otake T, Mori H, Morimoto M, Ueba N, Kurokawa et al. (1993). Screening test of crude drug extract on anti-HIV activity. *YakugakuZasshi*; 113(11): 818-24.
Papageorgiou VP, Assimopoulou AN, Couladouros EA, Hepworth D, Nicolaou KC. (1999). The chemistry and biology of alkannin, shikonin and related naphthazarin natural products. *AngewChem*; 38(3): 270–301.
Zargari A. (1997). Medicinal plants. 7th ed. Tehran:Tehran University Press; 534-535. [Persian]
Moniee SH. (1981). Giahdarou. Tehran Iran: Ketabsara press; 75. [Persian].
Min BR, BarryTN, Attwood GT, McNabbWC. (2023). The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forage: a review . *J food chem*.; 9(1):76-81.

Mashhadian NV and Rakhshandeh H. (2025). Antibacterial and antifungal effects of Nigella sativa extracts against S. aureus, P. aeroginosa and C. albicans. Pakistan *J. Medical Sci*; 21 (1): 47 - 52. 12.

Androw JM. (2021). BSAC Standardized disc susceptibility testing method. *J. Antimicrobial Chemotherapy*; 7 (5): 48 - 57.

Thornsberry C and Dougal L. (1983). Successful use of broth microdilution in susceptibility tests for methicillin resistant Staphylococa. *J. Clinical Microbiol*; 18 (5): 1084 - 91.

Pei XW, Wang KZ, Chen JC, Dang X, Shi Z, Gao D. (2025). Effect of Arnebia root oil in promoting the tissue recovery of surface of wound and basic fibroblast growth factor (bFGF) mRNA expression. *ZhongguoZhong Xi Yi Jie He ZaZhi*; 25(10): 892-4.

Walker HL, Mason AD Jr. (1968). A standard animal burn. *J Trauma*; 8(6):1049–1051.

Assimopoulou AN, Karapanagiotis I, Vasiliou A, Kokkini S, Papageorgiou VP. (2006). Analysis of alkannin derivatives from Alkanna species by high-performance liquid choromatography/ photodiode array/ mass spectrometry. *Biomed Chromatogr*; 20:1359-1374.

Assimopoulou AN, Sturm S, Stuppner H, Papageorgiou VP. (2009). Preparative isolation and purification of alkannin/shikonin derivatives from natural products by high-speed counter-current chromatography. *Biomed Chromatogr*; 23:182-198.

Investigation of the antimicrobial effect of a combination of hydroalcoholic extracts of the aerial parts of the medicinal plant *Equisetum arvense* L., *Melissa officinalis* L., and copper oxide nanoparticles extracted from *Astragalus tragacantha* collected from northwest Iran on common bacteria of burn infection

Hojjat Eghbal[*1], Yousef Jahani-Jelodar[2], Mehdi Ahmadi- Sabegh[1], Zohreh Ghazi-Tabatabye[1] and Eslam Moradi-Asl[3]

1. Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Islamic Azad University, Ahar Branch, Ahar, Iran.
2. Agricultural and Horticultural Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Ardabil Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ardabil, Iran.
3. Department of Public Health, Faculty of Public Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran.

**Corresponding Author: hojat.eg@gmail.com*

Abstract:

Burns are one of the factors that not only damage the skin but are also often accompanied by various bacterial infections. Considering the increasing resistance of bacteria to existing antibiotics, the treatment of infected burns has faced numerous problems. The present study aimed to investigate the antimicrobial effect of a combination of hydroalcoholic extracts of Equisetum arvense L., Melissa officinalis L. and nanoparticles extracted from the Astragalus tragacantha collected from northwest Iran on common bacteria of burn infections. In this study, lemon balm, horsetail, and aconite plants were collected from Meshkinshahr-Shahr in 1403, and after drying at 28°C, they were extracted by maceration method. Then, their antimicrobial properties were examined by two methods: the diameter of the growth inhibition zone and the minimum inhibitory concentration against common bacteria found in burn infections, which included: Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, and Klebsiella pneumoniae, at concentrations of 10, 20, 30, 40, and 50 mg/ml with 3 repetitions. Based on the results of the study, it was observed that the difference between the diameter of the growth inhibition zone created in plates containing Staphylococcus aureus and Pseudomonas aeruginosa by the studied herbal mixture at a concentration of 50 mg/ml with the drug silversulfadiazine was insignificant ($P \leq 0.05$). This means that the herbal mixture at a concentration of 50 mg/ml has antimicrobial effects similar to silversulfadiazine, while the results of the diameter of the growth inhibition zone of the herbal mixture studied in this study at a concentration of 50 mg/ml with silversulfadiazine against Escherichia coli and Klebsiella pneumoniae bacteria are significantly different, indicating a low effect (relative to the previous two bacteria) of the extract against Escherichia coli and Klebsiella pneumoniae bacteria compared to Silversulfadiazine. In examining the interaction effect of the concentrations studied in this study, it was observed that the concentration of 50 mg/ml has the highest and best growth inhibition effect and the concentration of 10 mg/ml has the lowest inhibition effect. The results of the minimum inhibitory concentration test confirm this. According to the available results, it can be said that the mixture of lemon balm extract, horsetail, and copper oxide nanoparticles containing agarwood extract has an antimicrobial effect on infections caused by skin burns and can be considered as an alternative medicine.

Keywords: Medicinal Plants, Extract, Silversulfadiazine, Antimicrobial, Burns.

بهنژادی گیاهان دارویی و تاثیر آن در کارآفرینی و اشتغال

علیرضا پورمحمد*
گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
*نویسنده مسئول: pourmohammad@maragheh.ac.ir

چکیده

بهنژادی گیاهان دارویی نقش مهمی در افزایش اشتغال و در نتیجه کارآفرینی دارد. بهنژادی گیاهان دارویی به فرآیندی گفته می‌شود که طی آن با استفاده از روش‌های مختلف، صفات مطلوب گیاهان دارویی را بهبود می‌بخشند. با اصلاح ژنتیکی و بهبود خصوصیات گیاهان دارویی، می‌توان عملکرد، کیفیت و مقاومت آنها در برابر شرایط محیطی را افزایش داد. این امر منجر به تولید بیشتر و با کیفیت‌تر گیاهان دارویی شده و در نتیجه، فرصت‌های شغلی بیشتری در زمینه تولید، فرآوری و بازاریابی این محصولات ایجاد خواهد شد. با سرمایه‌گذاری در این حوزه و حمایت از پژوهشگران و تولیدکنندگان، می‌توان از ظرفیت بالقوه بالای گیاهان دارویی برای ایجاد فرصت‌های شغلی و بهبود معیشت مردم استفاده کرد. از نقش اصلاح گیاهان دارویی در اشتغال می‌توان به افزایش تولید، ایجاد صنایع تبدیلی، توسعه صادرات و به تبع آن نیاز به نیروی کار بیشتری برای تولید، برداشت و فرآوری آنها و در نهایت توسعه گردشگری سلامت و طبیعت‌گردی اشاره کرد. با اصلاح گیاهان دارویی بومی، می‌توان آنها را به عنوان محصولات تجاری معرفی کرد و با کشت و فرآوری آنها، فرصت‌های شغلی جدیدی ایجاد کرد.

واژه‌های کلیدی: اصلاح نباتات، عملکرد، اسانس

مقدمه

بهنژادی گیاهان دارویی به فرآیند تغییر ویژگی‌های گیاهان دارویی برای اصلاح کیفیت، کمیت و عملکرد آن‌ها، به خصوص در میزان اسانس، اطلاق می‌شود. این فرایند می‌تواند شامل افزایش تولید و بهبود کیفیت ظاهری گیاه و افزایش مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها نیز باشد. با توجه به اهمیت و نقشی که گیاهان دارویی و معطر دارند و همچنین فرآیندهای بیوشیمیایی و متابولیکی در گیاهان که توسط عوامل ژنتیکی کنترل می‌شوند تنوع ژنتیکی در جهت بهبود عملکرد و ایجاد ثبات محیطی می‌تواند نقش موثری در رسیدن به اهداف بشر داشته باشد. از جمله اهداف مشترکی که در بهنژادی گیاهان دارویی دنبال می‌شود، می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: پایداری عملکرد، مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها، مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی، مناسب بودن برای کاربردهای فناوری در کشاورزی، تولید با نهاده‌های کم، صرفه جویی در هزینه و تولید پایدار، نیل به اهداف مربوط به فرآیندهای پس از برداشت. علاوه بر موارد ذکرشده، بهنژادی گیاهان دارویی اهداف دیگری از جمله میزان بالای ترکیبات مطلوب، نبود مواد مضر برای جلوگیری از هزینه‌ها در جهت حذف آنها، محتوای ماده خشک بالا و بهینه سازی تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی را نیز می‌تواند به دنبال داشته باشد. بنابراین برای رسیدن به اهداف فوق، باید توجه ویژه‌ای به اصلاح گیاهان دارویی مبذول داشت (Vasanthkumar and Pooja, 2025). با توجه به اینکه با اصلاح و بهنژادی گیاهان دارویی

می‌توان عملکرد ماده خشک و مواد موثره را بهبود بخشید و به تبع آن با افزایش درآمد افراد شاغل در حوزه گیاهان دارویی از کاشت تا فرآوری، به کارآفرینی و تجاری‌سازی گیاهان دارویی کمک شایانی کرد.

اصلاح گیاهان دارویی

به طور کلی اصلاح گیاهان دارویی به دلایل زیر دارای اهمیت می‌باشند (Zare Mehrjerdi, 2022; Azizi et al., 2022):

۱. افزایش عملکرد

بهنژادی گیاهان دارویی می‌تواند به افزایش میزان تولید گیاهان دارویی در واحد سطح یا همان عملکرد منجر شود. بدین معنی که با تولید بیشتر در واحد سطح و با افزایش میزان ماده مؤثره در گیاه، می‌توان عملکرد را بالا برد. این امر به خصوص در مورد گیاهان دارویی که به صورت تجاری مورد کشت و زرع قرار می‌گیرند دارای اهمیت است. با افزایش عملکرد و در نتیجه درآمد، میزان رغبت به تولید آنها در بین کشت‌کنندگان گیاهان دارویی، بیشتر خواهد شد و تعداد افراد بیشتری در این حوزه، فعالیت خواهد کرد.

۲. افزایش کمیت و کیفیت مواد مؤثره

بسیاری از گیاهان دارویی به دلیل وجود مواد مؤثره ویژه‌ای در آنها مورد استفاده قرار می‌گیرند. بهبود ژنتیکی می‌تواند باعث افزایش کمیت و کیفیت این مواد در گیاه شده و در نتیجه، بهره‌وری دارویی گیاه افزایش خواهد یافت. به عبارت بهتر، با افزایش میزان مواد موثره، کاهش ترکیبات ناخواسته و بهبود طعم و عطر در نهایت بهبود کیفیت رخ خواهد داد. در نتیجه، رغبت به خرید و استفاده از موادی که از اسانس گیاهان دارویی تولید می‌شود افزایش خواهد یافت که نهایتاً باعث افزایش تعداد افراد شاغل در این حوزه خواهد شد.

۳. افزایش مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها

با بهنژادی گیاهان دارویی و افزایش مقاومت آنها در برابر آفات و بیماری‌ها، نیاز به استفاده از سموم شیمیایی کاهش یافته و در نتیجه محصولات سالم‌تر، تولید خواهد شد. به عبارت بهتر، با کاهش استفاده از سموم، علاوه بر کاهش هزینه تولید گیاهان دارویی، تولید گیاهان دارویی ارگانیک افزایش خواهد یافت.

۴. بهبود ویژگی‌های ظاهری

بهنژادی گیاهان دارویی می‌تواند با بهبود ویژگی‌های ظاهری آنها مانند اندازه، رنگ و شکل ظاهری به افزایش جذابیت گیاهان دارویی برای مصرف‌کنندگان و همچنین آسانی فرآیند برداشت و فرآوری آنها کمک کند. در نتیجه تعداد افرادی که در این حوزه مشغول به کار خواهند شد افزایش خواهد یافت.

۵. تغییر زمان گلدهی و رسیدگی

با تغییر زمان گلدهی و رسیدگی، امکان کشت و برداشت در زمان‌های مناسب و با توجه به نیاز بازار وجود خواهد داشت.

۶. حفاظت از تنوع ژنتیکی

تنوع ژنتیکی پایه اصلاح نباتات بوده و بدون وجود آن، انجام کار اصلاحی ممکن نمی‌باشد. در صورت وجود تنوع ژنتیکی، می‌توان گزینش افراد برتر را انجام داد و با طی مراحل اصلاحی در نهایت به مواد ژنتیکی مورد نظر دست یافت. اصلاح گیاهان دارویی می‌تواند به حفظ و تنوع ژنتیکی گونه‌های مختلف گیاهان دارویی کمک کند، به ویژه، گونه‌هایی که در معرض خطر انقراض قرار دارند و باید با انجام کارهای حفاظتی به حفاظت از مواد ژنتیکی مبادرت نمود.

با در نظر گرفتن موارد فوق، آشکار می‌شود که با بهنژادی گیاهان دارویی، عملکرد و سایر صفاتی که منجر به افزایش عملکرد می‌شوند بهبود یافته و تعداد افراد شاغل در این حوزه و نیز درآمد آنها بیشتر خواهد شد در نتیجه تاثیر مستقیمی روی اشتغال و کارآفرینی خواهد داشت.

روش‌های اصلاح گیاهان دارویی

به طور کلی اصلاح یک گیاه دارویی بر منابع ژنتیکی موجود آن گیاه استوار است. به همین دلیل مرحله اول ارزیابی دقیق منابع ژنتیکی موجود از آن گیاه می‌باشد. در ادامه بسته به دامنه تنوع صفات هدف که البته مهمترین آنها صفات فیتوشیمیایی هستند، همچنین با آگاهی از روابط و میزان توارث صفات، روش اصلاحی مناسب را می‌توان انتخاب کرد که در این ارتباط باید ساده ترین و سریع ترین روش‌ها برای رسیدن به هدف انتخاب شود. روش‌های اصلاحی ایجاد کلون، رقم سینتتیک و انتخاب دوره‌ای از رایج ترین روش‌ها هستند.

مهم‌ترین روش‌های اصلاح گیاهان دارویی می‌توان در موارد زیر دسته‌بندی کرد:

اصلاح سنتی: این روش از قدیم الایام در بین زارعین متداول بوده و در واقع می‌توان گفت که این روش شامل انتخاب و تلاقی گیاهان با ویژگی‌های مطلوب و سپس انتخاب و تکثیر گیاهان برتر است. عیب این روش این است که در صفات کمی، محیط تاثیر زیادی داشته و فنوتیپ واقعی افراد مشخص نمی‌شود. همچنین زمانبر بوده و به چندین نسل کار اصلاحی نیاز دارد.

اصلاح مولکولی: با توجه به معایبی که روش‌های اصلاح سنتی دارند اصلاح مولکولی می‌تواند روش‌های اصلاح مولکولی می‌توانند بر محدودیت‌های فوق، غلبه نمایند. این روش‌ها از ابزارهای زیست‌فناوری، برای شناسایی و دستکاری ژن‌های مرتبط با صفات مطلوب استفاده می‌نمایند. از روش‌های اصلاح مولکولی می‌توان به نشانگرهای مولکولی، مهندسی ژنتیک و غیره اشاره کرد.

کشت سلول و بافت: مبنای این روش بر نظریه همه‌توانی است. بدین معنی که، از یک سلول در شرایط درون شیشه‌ای می‌توان به یک گیاه کامل رسید. این روش، شامل کشت سلول‌ها، بافت‌ها یا اندام‌های گیاهی در شرایط آزمایشگاهی برای تولید گیاهان جدید با ویژگی‌های مطلوب است (Johnson and Franz, 2002).

نقش اصلاح گیاهان دارویی در اشتغال

اصلاح گیاهان دارویی نقش اساسی در تولید ارقام جدید با کیفیت و عملکرد بالا دارد. با استفاده از روش‌های مختلف اصلاح، می‌توان گیاهان دارویی با ویژگی‌های مطلوب مانند افزایش مواد موثره، مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها و سازگاری با شرایط محیطی مختلف را تولید کرد. این امر به افزایش بهره‌وری و توسعه پایدار در صنعت داروسازی و گیاهان دارویی کمک می‌کند. از نقش اصلاح گیاهان دارویی در اشتغال می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (Novak and Blüthner, 2020):

افزایش تولید: با بهبود عملکرد و کیفیت گیاهان دارویی، نیاز به نیروی کار بیشتری برای تولید، برداشت و فرآوری آنها خواهد بود.

ایجاد صنایع تبدیلی: با تولید بیشتر گیاهان دارویی، صنایع تبدیلی مرتبط با آنها مانند کارخانه‌های تولید اسانس، دمنوش و غیره نیز توسعه می‌یابند که خود منجر به ایجاد اشتغال بیشتر می‌شود.

توسعه صادرات: گیاهان دارویی با کیفیت بالا، ظرفیت بالقوه بالایی برای صادرات دارند و می‌توانند به عنوان یک فرآورده صادراتی درآمدزا برای کشور محسوب شوند که این امر نیز به اشتغال‌زایی کمک خواهد کرد.

توسعه گردشگری: با توجه به جذابیت گیاهان دارویی و خواص درمانی آنها، می‌توان از آنها در زمینه گردشگری سلامت و طبیعت‌گردی نیز استفاده کرد که این امر نیز می‌تواند به ایجاد اشتغال در این حوزه منجر شود.

در نهایت با استفاده از روش‌های مختلف اصلاح، می‌توان گیاهان دارویی با ویژگی‌های مطلوب تولید کرد و به نیازهای روزافزون جامعه در زمینه بهداشت و درمان پاسخ داد.

نتیجه‌گیری

بهنژادی گیاهان دارویی یک راهبرد مهم برای توسعه اقتصادی و ایجاد اشتغال در بخش کشاورزی و صنایع مرتبط است. با سرمایه‌گذاری در این حوزه و حمایت از پژوهشگران و تولیدکنندگان، می‌توان از ظرفیت بالقوه بالای گیاهان دارویی برای ایجاد فرصت‌های شغلی و بهبود معیشت مردم استفاده کرد. از گیاهان دارویی که می‌توانند بر اشتغال، تاثیر داشته باشند می‌توان به زعفران، گل‌محمدی و گیاهان دارویی بومی اشاره کرد. با اصلاح گیاهان دارویی بومی، می‌توان آنها را به عنوان محصولات تجاری معرفی کرد و با کشت و فرآوری آنها، فرصت‌های شغلی جدیدی ایجاد کرد.

منابع

Azizi, M., Ghazian Tafarishi, G. and Mirmostafaei, S. (2022). *Medicinal Plants Breeding.* Publication of Nakhost.

Johnson, C.B. and Franz, C. (2002). *Breeding Research on Aromatic and Medicinal Plants* (1st Edition). CRC Press.

Novak, J. and Blüthner, W.D. (2020). *Medicinal, Aromatic and Stimulant Plants,* Springer Publishing.

Vasanthkumar, S.S., Pooja, U.K., 2025. *Breeding of Medicinal and Aromatic Plants.* Shanlax Publications.

Zare Mehrjerdi, M. 2022. *Breeding, Biotechnology and Domestication of Medicinal Plants.* Ayzh Publications.

Medicinal Plant Breeding and its Impact on Entrepreneurship and Employment

Alireza Pourmohammad*
Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
*Corresponding Author: pourmohammad@maragheh.ac.ir & pourmohammad@ ymail.com

Abstract

Medicinal plant breeding plays an important role in increasing employment and, consequently, entrepreneurship. Medicinal plant breeding is a process in which the desirable traits of medicinal plants are improved using various methods. By genetic modification and improving the characteristics of medicinal plants, their performance, quality, and resistance to environmental conditions can be increased. This will lead to the production of more and better-quality medicinal plants, and as a result, more job opportunities will be created in the field of production, processing, and marketing of these products. By investing in this area and supporting researchers and producers, the high potential capacity of medicinal plants can be used to create job opportunities and improve people's livelihoods. The role of medicinal plant breeding in employment can be mentioned in increasing production, creating processing industries, developing exports, and consequently, the need for more labor for their production, harvesting, and processing, and ultimately developing health tourism and nature tourism. By modifying native medicinal plants, they can be introduced as commercial products and new job opportunities can be created by cultivating and processing them.

Keywords: Plant improvement, Yield, Essential oil

مطالعه متابولومیکس غیرهدفمند در سطوح فروگونه‌ای *Ajuga chamaecistus* Ging. ex Benth در ناحیه زاگرس با بهره‌گیری از روش FTIR

نواز خرازیان*[۱]، چونلی زیانگ[۲]،
۱- گروه زیست شناسی گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۲- موسسه گیاهشناسی کونمینگ، آکادمی علوم چین، کونمینگ، چین
*نویسنده مسئول: nkharazian@gmail.com

چکیده

جنس *Ajuga* L. متعلق به تیره Lamiaceae و زیر تیره Ajugoideae با داشتن ۳۰۰ گونه در جهان، یکی از جنس‌های مهم دارویی محسوب می‌گردد. گونه‌های این جنس منبع غنی از متابولیت‌های ثانویه بوده و در درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها کاربرد دارد. بنابراین، هدف از این تحقیق مطالعه متابولومیکس غیرهدفمند در سطوح فروگونه‌ای *A. chamaecistus* Ging. ex Benth. از رویشگاه‌های مختلف در ناحیه زاگرس می‌باشد. بدین منظور، ۳ زیرگونه و ۱۵ جمعیت از نواحی غربی، جنوب غربی و مرکزی زاگرس جمع آوری گردید. ۱۰ گرم از ماده خشک گیاهی هر جمعیت در متانول ۹۸ ٪ خیسانده شد و با استفاده از روش یولتراسونیک هموژنایزر، سونیکاسیون انجام گرفت. عصاره‌های خالص‌سازی شده با استفاده از طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) آنالیز و داده‌های حاصله با بهره‌گیری از تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) و نرم افزار PAST V3 مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از تحلیل FTIR گروه‌های عاملی متفاوتی را در محدوده طول موج‌های ۴۰۰۰-۴۰۰ cm^{-1} و درصد انتقال بین ۵- ۹۷/۴۸ آشکار کرد. نوع ترکیبات شناسایی شده اغلب شامل فنول، بنزن، کربوکسیلیک اسید، آلکان، آمید، کتون، آلدهید و آروماتیک بودند. بر مبنای داده‌های حاصله از FTIR، تحلیل مولفه‌های اصلی پنج گروه متمایز را در بین زیرگونه‌ها نشان داد، که بیشترین تنوع متعلق به جمعیت‌های *A. chamaecistus* subsp. *tomentella* (Boiss.) Rech. f. و *A. chamaecistus* subsp. *chamaecistus* بود. این مطالعه نشان می‌دهد که تلفیق روش FTIR و متابولومیکس غیرهدفمند رویکردی قوی برای آشکارسازی تنوع متابولیتی، تمایز سطوح فروگونه‌ای و حمایت از کاربردهای فارماکولوژی ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: زاگرس، متابولومیکس، *Ajuga*، FTIR، Lamiaceae

مقدمه

جنس *Ajuga* L. متعلق به تیره Lamiaceae و زیر تیره Ajugoideae با داشتن۶ گونه، ۷ زیرگونه و ۳ واریته در ایران، یکی از مهمترین جنس‌های دارویی در این تیره محسوب می‌شود (Jamzad, 2012). این جنس با فرم رویشی علفی، بوته‌ای، نیمه خشبی، یکساله، دوساله و چند ساله بوده و پراکنش گونه‌های آن در نواحی گرمسیری آسیا، اروپا، مدیترانه، استرالیا، شمال آمریکا و آفریقا گزارش شده است (Jamzad, 2012; Goger et al., 2021).

اهمیت جنس *Ajuga* به واسطه وجود طیف وسیعی از متابولیت‌های ثانویه و کاربرد آن در درمان بسیاری از بیماری‌ها و فعالیت‌های بیولوژیکی معرفی شده است. از جمله می‌توان به درمان بیماری‌های پوستی، عروقی، کبدی، مالاریا، تب، سرطان، بی‌نظمی‌های دستگاه تنفسی، گوارشی و التهاب و فعالیت‌های بیولوژیکی نظیر ضد قارچی، ضد باکتریایی و آنتی اکسیدانت اشاره نمود (Goger et al., 2021). علاوه‌براین، جنس *Ajuga* یکی از پیچیده‌ترین جنس‌های تیره Lamiaceae محسوب می‌شود به‌طوری‌که موقعیت تاکسونومیکی برخی از گونه‌های آن تغییر کرده است. حضور گونه‌های حدواسط، نژادهای مختلف جغرافیایی، واریته‌ها و زیرگونه‌های متعلق به برخی از گونه‌ها حاکی از تنوع سطوح فروگونه‌ای، ریخت‌شناسی و سازگاری‌های اقلیمی در این جنس است (Jamzad, 2012).

مطالعات متابولومیکس غیرهدفمند به عنوان یک روش جدید و جامع جهت بررسی کلیه متابولیت‌های موجود زنده بوده که با بهره‌گیری از یکی از روش‌های طیف‌سنجی نظیر طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR; Fourier Transform Infrared Spectroscopy) انجام می‌شود. این مطالعات با اهداف گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند که برخی از این اهداف شامل شناسایی ترکیبات ناشناخته، تمایز بین متابولیت‌ها، تنوع شیمیایی، کموتاکسونومی، اختلافات بیوشیمیایی، ارزیابی کیفی متابولیت‌ها و کاربردهای دارویی است. روش FTIR نیز به عنوان یک ابزار انگشت نگاری توانایی آنالیز طیف وسیعی از متابولیت‌ها را دارد. در این روش گروه‌های عاملی بر پایه فراوانی و شدت جذب قابل شناسایی هستند (Umar et al., 2021). از گزارش‌های موجود در این راستا می‌توان به بررسی پروفایل‌های متابولیتی متمایزکننده با استفاده از روش FTIR در جمعیت‌های متعلق به *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson و دو گونه از جنس *Curculigo* Gaertn. در مکان‌های مختلف جغرافیایی اشاره نمود (Aziz et al., 2020; Umar et al., 2021). بر پایه روش FTIR، در گونه‌های متعلق به جنس *Cyathea* Sm. و گونه‌های درختی نواحی گرمسیری اختلافات معنی‌داری در شدت جذب و موقعیت پیوندها در گروه‌های عاملی متمایزکننده مشاهده شده است که منجر به تمایز گونه‌ها خواهد شد (Janakiraman and Johnson, 2015; Pereira et al., 2024).

با توجه به این موضوع که تاکنون هیچگونه گزارش جامعی در زمینه مطالعه متابولومیکس گونه‌های متعلق به جنس *Ajuga* ارائه نشده است، هدف از تحقیق حاضر بررسی متابولومیکس غیرهدفمند مبتنی بر روش FTIR و تنوع و تمایز سطوح فروگونه‌ای *A. chamaecistus* Ging ex Benth. در ناحیه غربی، جنوب غربی و مرکزی زاگرس می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۵ جمعیت متعلق به ۳ زیر گونه *A. chamaecistus* subsp. *chamaecistus*، *A. chamaecistus* subsp. *scoparia* (Boiss.) Rech. f. و *A. chamaecistus* subsp. *tomentalla* (Boiss.) Rech. f. از رویشگاه‌های مختلف مرکز، جنوب غرب و غرب زاگرس و در طی سال‌های ۱۴۰۱ الی ۱۴۰۳ جمع‌آوری گردید. کلیه نمونه‌های جمع‌آوری شده با استفاده از فلور ایران (Jamzad, 2012) شناسایی شدند. نمونه‌های هرباریومی هریک از جمعیت‌ها و گونه‌ها در هرباریوم دانشکده علوم، دانشگاه شهرکرد موجود می‌باشند.

عصاره‌گیری از نمونه‌های گیاهی

به میزان ۱۰ گرم از ماده خشک گیاهی توزین و پودر شد. سپس با روش خیساندن (maceration)، پودر حاصله در ۵۰ میلی‌لیتر متانول ۹۸٪ و در دمای اتاق به مدت ۲۴ الی ۴۸ ساعت قرار داده شد. با بهره‌گیری از روش یولتراسونیک پروب‌دار، با نسبت ۱:۲۵ (نمونه: حلال)، به مدت ۲۰-۲۵ دقیقه، با سیکل ۳۰ rpm، دمای ۵۰ درجه

سانتیگراد و قدرت ۶۰ وات، سونیکاسیون انجام شد. سپس محلول صاف شده به مدت ۵ دقیقه با دور rpm ۴۰۰۰ سانتریفوژ شد. محلول‌رویی با استفاده از دستگاه تقطیر در خلاء (روتاری) و در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد تغلیظ گردید. سپس رسوب خالص‌سازی شده به همراه متانول ۹۸٪ در ظروف شیشه‌ای و در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد نگهداری شد (Chaves et al., 2020).

آنالیز FTIR

۱۰ میکرولیتر از عصاره‌های خالص در سطح کریستال الماسی سیستم FTIR (Spectrum Two Perkin Elmer, DTGS Detector) قرار داده شد. کلیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار spectrum IR 10.6.2 پردازش و در محدوده فراوانی عدد موجی ۴۰۰۰-۴۰۰ cm^{-1}، حالت انتقال (Transmittance mode)، ۴ اسکن در دقیقه و با وضوح ۱۶ cm^{-1} نمایش داده شد (Umar et al., 2021). سپس داده‌های طیف‌سنجی با استفاده از مستندات معتبر مورد تایید قرار گرفت. تمایز و تنوع سطوح فروگونه‌ای، با بهره‌گیری از داده‌های انتقالی، عدد موجی، تحلیل مولفه‌های اصلی (Principal Component Analysis) و نرم‌افزار PAST V3 انجام شد.

نتایج و بحث

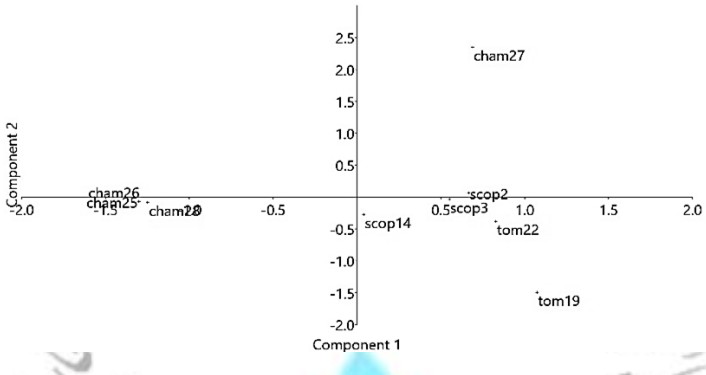
نتایج حاصل از آنالیز FTIR در محدوده فراوانی عدد موجی ۴۰۰۰-۴۰۰ cm^{-1} گروه‌های عاملی متفاوت و درصد انتقال متغیری را در سطوح فروگونه‌ای نشان داد (جدول ۱). بر این پایه، عدد موجی در بین زیرگونه‌ها در محدوده ۳۹۷۵/۳۷-۷۹/۷۲ cm^{-1} و درصد انتقال در محدوده ۵-۹۷/۴۸ مشاهده و ثبت گردید.

جدول ۱. داده‌های حاصل از طیف سنجی مادون قرمز (FTIR) در منتخبی از جمعیت‌های متعلق به زیرگونه *A. chamaecistus*

زیرگونه/شماره جمعیت	محدوده فراوانی عدد موجی (cm^{-1})	محدوده درصد انتقال (Transmittance%)
A.chamaecistus subsp. *tomentella* 22 (tom)	۳۳۳۹/۷۹-۴۱۰/۷۲	۱۰- ۹۰/۸۳
A. chamaecistus subsp. *tomentella* 19	۳۸۶۹/۳۸ -۴۲۷/۲۶	۵- ۹۶/۱۹
A.chamaecistus subsp. *scoparia* 2 (scop)	۳۳۲۳/۳۲ -۵۳۲/۳۵	۱۰- ۹۷/۴۸
A.chamaecistus subsp. *scoparia* 3	۳۳۳۰/۸۰ -۴۰۹/۵۲	۱۰- ۹۴/۲۲
A.chamaecistus subsp. *scoparia* 14	۳۳۲۲/۰۱ -۴۰۳/۷۰	۱۰- ۹۵/۰۸
A.chamaecistus subsp. *chamaecistus* 25 (cham)	۳۳۰۸/۲۹ -۴۱۲/۷۶	۵۴/۱۴- ۸۶/۱۳
A.chamaecistus subsp. *chamaecistus* 26	۳۳۳۸/۴۶ -۴۱۱/۶۰	۱۰- ۸۵/۴۱
A.chamaecistus subsp. *chamaecistus* 27	۳۹۷۵/۳۷ -۴۳۴/۳۲	۱۰/۵۷- ۷۱/۱۱
A.chamaecistus subsp. *chamaecistus* 28	۳۹۱۷/۶۸ -۵۳۴/۵	۵/۴۴- ۹۶/۶۷

برپایه محدوده‌های فراوانی عدد موجی در هریک از زیرگونه‌ها و جمعیت‌های وابسته، گروه‌های عاملی متفاوتی شناسایی گردید. بر این پایه، گروه‌های عاملی نظیر OH-stretching (۳۶۷۴ cm^{-1} -۳۳۰۸/۲)، aliphatic CH-stretching (۳۹۳۷/۲ -۲۸۵۳/۳ cm^{-1})، C=O stretching (۱۷۳۵/۷ -۱۶۸۸/۴۶ cm^{-1})، C=C stretching، N-H bending (۱۶۵۲/۳ -۱۵۱۳/۴۱ cm^{-1})، C-H bending (۱۴۵۵/۵۸ -۱۳۴۴/۱ cm^{-1})، C-O stretching، C-N stretching (۱۲۶۷/۵ -۱۰۱۴/۵ cm^{-1}) و out- of- plane C-H bending (۹۸۹/۶ -۵۷۷/۹۴ cm^{-1}) شناسایی شد که متعلق به حضور ترکیبات فنول، کربوکسیلیک اسید، آلکان، کتون، آلدهید، استر، آلکن، آروماتیک، اتر، آمید، آلیفاتیک آمین و

بنزن است. شایان ذکر است، عامل کلیدی جهت متمایزکردن سطوح فروگونه‌ای در جنس *Ajuga* عمدتا مرتبط با درصد انتقال (Transmittance%) می‌باشد. با این اوصاف و به منظور صحت بیشتر نتایج، تلفیقی از داده‌های انتقالی و عدد موجی مبتنی بر آنالیز مولفه‌های اصلی در بین جمعیت‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۱). نتایج حاصله ۵ گروه متمایز را نشان داده است که تفکیک‌پذیری بالایی را در سطوح فروگونه‌ای آشکار کرده و تنوع بین جمعیت‌ها اغلب در ناحیه غربی و مرکز زاگرس متمرکز است. لذا، بیشترین تغییرات در زیرگونه‌های *A. chamaecistus* subsp. *tomentella* و *A. chamaecistus* subsp. *chamaecistus* مشاهده می‌شود. بر این اساس، سازگاری‌های اکولوژیکی بر مولفه‌های طیف‌سنجی اثر گذاشته و در این راستا جمعیت‌ها متمایز شده‌اند.



شکل ۱. آنالیز مولفه‌های اصلی مبتنی بر تلفیق داده‌های انتقالی و عدد موجی در طیف‌سنجی مادون قرمز (FTIR) و زیر گونه‌های *A. chamaecistus*

بر پایه نتایج حاصل از این تحقیق، کلیه گروه‌های عاملی شناسایی شده مطابق با مستندات معتبر در این زمینه می‌باشد (Zishan et al., 2024; Janakiraman and Johnson, 2015). بر طبق شواهد معتبر ارائه شده، متداول‌ترین گروه‌های عاملی در برخی از گونه‌ها شامل O-H، C-H، C=O، C-O و C=C بوده که مطابق با نتایج حاصل از این مطالعه می‌باشد (Umar et al., 2021). طبق گزارش‌های موجود، داده‌های انتقالی و عدد موجی در FTIR منجر به تفکیک جمعیت‌های متعلق به دو گونه از جنس *Curculigo* و ۱۳ گونه از جنس *Microgramma* C. Persl و جمعیت‌های آن شده که تنوع متابولیت‌ها را در این سطح به نمایش گذاشته است. گروه‌های عاملی ارائه شده در این تحقیق نیز تنوع متابولیتی در سطوح فروگونه‌ای را آشکار کرده و نتایج آنالیز مولفه‌های اصلی در این تحقیق را حمایت می‌نماید. شواهد معتبر حاکی از آن است که با استفاده از روش FTIR کلیه تغییرات درون‌گونه‌ای در محدوده‌های طیف‌سنجی منعکس شده و مشکلاتی که در تعیین حدود گونه‌ها وجود داشته به دقت برطرف شده است (Umar et al., 2021; Paiva et al., 2021). در گزارش‌های ارائه شده در زمینه مطالعات ریخت‌شناسی فندقه در زیرگونه‌های *A. chamaecistus* نتایج حاکی از وجود تمایز در بین زیرگونه‌ها است که در نتایج این تحقیق نیز به ثبت رسیده است (Talebi et al., 2019). اغلب تغییراتی که در درون گونه‌ها وجود دارد معطوف به شرایط محیطی نظیر ارتفاع، موقعیت جغرافیایی و شرایط اکولوژیکی است که با سایر مستندات ارائه شده در این روش همخوانی دارد (Umar et al., 2021; Paiva et al., 2021). بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، در *A. chamaecistus* subsp. *chamaecistus* تمایلی ویژه به تجمع ترکیباتی نظیر آلکیل، آلکین، آلکان و نیتریل وجود دارد و مختص به نواحی غرب زاگرس است. همچنین، در *A. chamaecistus* subsp. *scoparia* تجمع ترکیبات آمین و فنول مختص به نواحی مرکزی و جنوب غربی زاگرس و در *A. chamaecistus* subsp. *tomentella*

تجمع ترکیبات آلدئیدی و کتون مختص به نواحی مرکزی زاگرس مشاهده می‌شود. بر این اساس، تجمع متابولیت‌های ثانویه در هر گونه نشان از نقش حیاتی آنها در تحمل شرایط محیطی است (Umar et al., 2021). نهایتا، تلفیق روش FTIR و متابولومیکس غیرهدفمند برای آشکارسازی تنوع متابولیتی، تمایز سطوح فروگونه‌ای و اهداف فارماکولوژیک راهکاری قدرتمند محسوب می‌گردد. حضور تنوع متابولیتی در سطوح فروگونه‌ای نشان از وجود ذخایر زیستی با ارزش در ناحیه زاگرس می‌باشد. به منظور دستیابی به جزئیات متابولیت‌ها در هریک از زیرگونه‌ها و تمایز سطوح فروگونه‌ای پیشنهاد می‌شود از سایر روش‌های پیشرفته در زمینه طیف‌سنجی جرمی بهره گرفته شود.

منابع

Aziz, Z., Yuliana, N. D., Simanjuntak, P., Rafi, M. and Abdillah, S. (2020). FTIR and HPLC-based metabolomics of yacon leaves extracts (*Smallanthus sonchifolius* [Poepp & Endl.] H. Robinson) from two locations in Indonesia. *Indonesian Journal of Chemistry*, *20*, 43453.

Chaves, J. O., de Souza, M. C., DaSilva, L. C., Lachos-Perez, D., Torres-Mayanga, P. C., Machado, A. P. D. F., Forster-Carneiro, T., Vazquez-Espinosa, M., Gonzalez-de-Peredo, A. V., Barbero, G. F. and Rostagno, M. A. (2020). Extraction of flavonoids from natural sources using modern techniques. *Frontiers in Chemistry*, *8*, 507887.

Goger, G., Kose, Y. B., Demirci, F. and Goger, F. (2021). Phytochemical characterization of phenolic compounds by LC-MS/MS and biological activities of *Ajuga reptans* L., *A. salicifolia* (L.) Schreber and *A. genevensis* L. from Turkey. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, *18*, 33958.

Jamzad, Z. (2012). Lamiaceae. In: Asadi, M., Masoumi, A. A. and Mozafarian, V. (Eds.), Flora Iran. Research Institute of Forest and Rangelands.

Janakiraman, N. and Johnson, M. (2015). Functional groups of tree ferns (*Cyathea*) using FT-IR: Chemotaxonomic implications. *Romanian Journal of Biophysics*, *25*,59277.

Paiva, D. N. A., Perdiz, R. O. and Almeida, Th. E. (2021). Using near-infrared spectroscopy to discriminate closely related species: a case study of neotropical ferns. *Journal of Plant Research*, *134*, 012659.

Pereira, D. C., Pupin, B. and de Simone Borma, L. (2024). Influence of sample preparation methods on FTIR spectra for taxonomic identification of tropical trees in the Atlantic Forest. *Heliyon*, *10*, e27232.

Talebi, S. M., Tabaripour, R. and Eskandari, M. (2019). Analysis of nutlet morphological characteristics of some Iranian *Ajuga* L. taxa. *Biodiversitas*, *20*, 201008.

Umar, A. H., Ratnadewi, D., Rafi, M. and Sulistyaningsih, Y. C. (2021). Untargeted metabolomics analysis using FTIR and UHPLC-Q-Orbitrap HRMS of two *Curculigo* species and evaluation of their antioxidant and α-glucosidase inhibitory activities. *Metabolites*,*11*, 10042.

Zishan, M., Dhar, D. W. and Manzoor, U. (2024). Fourier transform infrared spectroscopy analysis and phytochemical screening of selected medicinal plant extracts. *African Journal of Biological Sciences*, *6*, 48047.

Untargeted metabolomics study at intraspecific levels of *Ajuga chamaecistus* Ging. ex Benth in Zagros region using FTIR

Navaz Kharazian[1, *], Chun Lei Zhiang[2]
1. Department of Plant Biology, Faculty of Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
2. Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming, China
[*]*Corresponding Author: nkharazian@gmail.com*

Abstract

The genus *Ajuga* L., belonging to the Lamiaceae family and Ajugoideae subfamily, is an important medicinal genus comprising approximately 300 species worldwide. The species are rich sources of secondary metabolites, extensively used in the treatment of various diseases. Consequently, this research aims to investigate untargeted metabolomics at intraspecific levels of *A. chamaecistus* Ging. ex Benth. across different habitats in the Zagros region. For this purpose, three subspecies and 15 accessions were collected from the western, southwestern, and central regions of Zagros. The dried plant material (10 g) from each accession was macerated in 98% methanol and sonication was performed using an ultrasonic homogenizer. The purified extracts were analyzed by FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) and the obtained data were analyzed using Principal Component Analysis (PCA) and PAST V3. FTIR analysis revealed different functional groups within the range of 400-4000 cm^{-1} wavenumber and transmission rates of 5-97.48%. The identified compounds mostly included phenol, benzene, carboxylic acid, alkane, amide, ketone, aldehyde, and aromatic compounds. Based on FTIR data, five distinct groups were detected, with the highest diversity belonging to *A. chamaecistus* subsp. *tomentella* (Boiss.) Rech. f. and *A. chamaecistus* subsp. *chamaecistus* accessions. This study highlights that integrating FTIR with untargeted metabolomics provides a robust approach for detecting metabolite diversity, differentiating intraspecific levels, and supporting pharmacological applications.

Keywords: *Ajuga*, FTIR, Lamiaceae, metabolomics, Zagros

کارآفرینی و تجاری‌سازی گیاه رزماری

محمد مهدی جلیل زاده قنادی*
دانشجوی کارشناسی مهندسی باغبانی و گیاهان داروئی
مرکز علمی کاربردی سحرخیز مشهد خراسان رضوی
*نویسنده مسئول: djalilzadeh@yahoo.com

چکیده

گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) از خانواده نعناع‌سانان (*Lamiaceae*) به دلیل خواص دارویی و معطر، از گذشته‌های دور مورد توجه بوده و امروزه به‌عنوان یکی از منابع غنی ترکیبات زیست‌فعال شناخته می‌شود. در سال‌های اخیر، پژوهش‌های علمی متعددی بر ترکیبات فیتوشیمیایی رزماری و عملکردهای بیولوژیکی آن، به‌ویژه اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی، متمرکز شده‌اند. این مقاله مروری است بر مهم‌ترین ترکیبات شیمیایی رزماری و فرآورده‌های قابل استحصال از آن در سه مقیاس خانگی، نیمه‌صنعتی و صنعتی. رزماری دارای ترکیباتی همچون اسیدهای فنولیک (رزمارینیک اسید)، دی‌ترپن‌های فنولی (کارنوزیک اسید و کارنوزول) و فلاونوئیدهاست که در این مقاله، سازوکارهای مولکولی مرتبط با اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی آن‌ها بررسی شده است. با توجه به شیوع فزاینده بیماری‌های مرتبط با استرس اکسیداتیو و التهاب مزمن، رزماری به عنوان یک منبع طبیعی غنی از ترکیبات زیست‌فعال، پتانسیل بالایی در توسعه مکمل‌های غذایی، داروهای گیاهی و غذاهای کاربردی دارد. «همچنین، این مقاله به بررسی چالش‌ها و چشم‌اندازهای بهره‌برداری از رزماری در کاربردهای درمانی و پیشگیرانه پرداخته و به معرفی موارد مصرف، روش‌های تولید و فناوری‌های فرآوری آن می‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: رزماری، آنتی‌اکسیدان، ضدالتهاب، رزمارینیک اسید، کارنوزیک اسید، فناوری تولید.

مقدمه

رزماری یا اکلیل کوهی (*Salvia rosmarinus*)، گیاهی همیشه‌سبز، چوبی، چندساله همیشه سبز و معطر با برگ‌هایی سوزنی‌شکل و گل‌هایی به رنگ سفید، صورتی، بنفش یا آبی است که بومی منطقه مدیترانه می‌باشد (خلیفی سیگارودی و همکاران، ۱۳۹۲). تا سال ۲۰۱۷، این گیاه با نام علمی *Rosmarinus officinalis* شناخته می‌شد که اکنون فقط یک مترادف است (مظفریان، ۱۳۷۵). این گیاه متعلق به خانواده نعناعیان (*Lamiaceae*) است؛ خانواده‌ای که شامل تعداد زیادی از گیاهان دارویی و معطر می‌باشد (۱). نام «رزماری» از واژه لاتین *ros marinus* به معنای «شبنم دریا» گرفته شده است (زاهدی، ۱۳۷۳). رزماری نه تنها به عنوان یک طعم‌دهنده محبوب در آشپزی شناخته می‌شود، بلکه در طب سنتی برای درمان طیف وسیعی از بیماری ها از جمله درمان بیماری‌های عصبی، التهابی و متابولیکی کاربرد دارد (خلیفی سیگارودی و همکاران، ۱۳۹۲). پیشرفت‌ها در زمینه شیمی گیاهی و فارماکولوژی، بسیاری از خواص سنتی رزماری را از نظر علمی تأیید کرده و پتانسیل‌های جدیدی را برای کاربردهای دارویی آن آشکار ساخته است (خلیفی سیگارودی و همکاران، ۱۳۹۲). رزماری با سابقه طولانی در طب سنتی، اخیراً نیز به دلیل خواص اثبات‌شده علمی مورد توجه پژوهشگران مدرن قرار گرفته است. خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی، ضد

میکروبی، محافظت عصبی و ضد سرطانی آن، رزماری را به یک کاندیدای امیدوارکننده برای توسعه داروهای جدید و مکمل‌های غذایی تبدیل کرده است (ایران فارما). علاوه براین، رایحه‌درمانی با اسانس رزماری به عنوان یک روش موثر برای بهبود عملکرد شناختی، کاهش استرس و افزایش انرژی، پتانسیل‌های قابل توجهی را به نمایش گذاشته است (خلیفی سیگارودی و همکاران، ۱۳۹۲). با این حال، برای بهره‌برداری کامل از پتانسیل‌های این گیاه، نیاز به تحقیقات عمیق‌تر، به ویژه در قالب مطالعات بالینی گسترده و استانداردسازی روش‌های تولید و مصرف، احساس می‌شود. تحقیقات آتی می‌توانند درک ما را از این گیاه دارویی ارزشمند افزایش داده و به توسعه کاربردهای نوین آن در حوزه سلامت و درمان کمک کنند.

روش تحقیق: منابع شناخت گیاه رزماری

در این تحقیق، از کتاب‌ها و مقالات علمی منتشرشده در مجلات معتبر برای بررسی ترکیبات شیمیایی، خواص دارویی و کاربردهای گیاه رزماری استفاده شده است. برای شناسایی ویژگی‌های ظاهری، نام علمی، زیستگاه و کاربردهای گیاه رزماری، از منابع اطلاعاتی مانند دانشنامه بریتانیکا و پایگاه‌های معتبر گیاه‌شناسی استفاده شده است. در مورد رزماری از جمله نام علمی ویژگی‌های ظاهری، زیستگاه و مصارف آن، همچنین از وب‌سایت‌های تخصصی مربوط به گیاهان دارویی برای جمع‌آوری اطلاعات پیرامون کاربردهای درمانی رزماری استفاده شده است. کاربردهای آن در درمان بیماری‌ها، در این تحقیق از دیدگاه‌ها و منابع معتبر مربوط به متخصصان طب سنتی نیز برای تحلیل کاربردهای سنتی رزماری بهره گرفته شده است.

تئوری و پیشینه تحقیق

شواهد باستان‌شناسی حاکی از آن است که گیاه رزماری از دوران باستان در آیین‌های تشریفاتی و مذهبی تمدن‌های مدیترانه‌ای کاربرد داشته است (مظفریان، ۱۳۹۱). در قرن پانزدهم میلادی، مردم برای محافظت در برابر مرگ سیاه (طاعون)، شاخه‌هایی از رزماری را در منازل خود می‌سوزاندند، تا آنها را از مرگ سیاه(طاعون) حفظ کنند. (نوری‌زاده، ۱۳۹۹). در دوران جنگ جهانی دوم نیز، رزماری را همراه با سرو کوهی سوزانده می‌شد، تا از گسترش عفونت جلوگیری شود (احمدی، ۱۴۰۰). در یونان باستان، باور بر این بود که رزماری موجب تقویت ذهن و حافظه می‌شود. همچنین دانشجویان یونانی باور داشتند رزماری موجب تقویت ذهن و حافظه می‌شود (پیرنیا، ۱۳۹۵) و در مراسم تدفین، عزاداران شاخه‌هایی از رزماری تازه را بر مزار می‌نهادند تا یاد فرد متوفی حفظ شود (پرخالقی، ۱۳۸۸). همچنین، در آیین‌های ازدواج، این گیاه به عنوان نمادی از وفاداری در دسته‌گل عروس استفاده می‌شد (حسینی، ۱۳۹۷). در طب سنتی، از رزماری برای درمان طیف متنوعی از بیماری‌ها نظیر سردرد، اضطراب، اختلالات گوارشی و دردهای عضلانی استفاده می‌شده است (شریفی، ۱۳۹۲). مطالعات علمی معاصر بسیاری از خواص سنتی رزماری را مورد تأیید قرار داده و همچنین خواص دارویی جدیدی مانند اثرات محافظت عصبی، آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی آن را کشف کرده‌اند.

نتایج

هدف این مقاله، مرور ترکیبات فیتوشیمیایی کلیدی رزماری و بررسی سازوکارهای بیولوژیکی است که از طریق آن‌ها، این ترکیبات اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی خود را اعمال می‌کنند. نگاشته شده است. همچنین، پتانسیل

درمانی رزماری، موارد استفاده متنوع، روش‌های تولید، فناوری‌های فرآوری و چشم‌اندازهای آینده آن در تحقیقات مورد بررسی قرار گرفته‌اند. خواص درمانی رزماری به ترکیبات شیمیایی و متابولیت‌های ثانویه آن نسبت داده می‌شود که عمدتاً شامل مواد فعال زیستی متنوعی هستند. مهم‌ترین این ترکیبات شامل ترپن‌ها و ترپنوئیدها، فنول‌ها، فلاونوئیدها و تانن‌ها هستند؛ این ترکیبات دارای خواص فارماکولوژیک متعددی می‌باشند. مطالعات نشان داده‌اند که رزماری می‌تواند با افزایش سطح استیل کولین در مغز، عملکردی مشابه داروهای مورد استفاده در درمان آلزایمر داشته باشد. همچنین، خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی آن به بهبود حافظه، تمرکز و محافظت از نورون‌ها کمک می‌کند. این پتانسیل در درمان بیماری‌های نورودژنراتیو مانند آلزایمر و پارکینسون در حال بررسی است. خواص ضد درد و شل کننده عضلانی، خواص ضد سرطانی: برخی تحقیقات اولیه حاکی از آن است که ترکیباتی مانند کارنوسول و کارنوسیک اسید ممکن است با القای آپوپتوز و مهار تکثیر سلول‌های سرطانی، دارای پتانسیل ضدسرطانی باشند. خواص گوارشی، آروماتراپی با اسانس رزماری یکی از کاربردهای مهم و رو به رشد این گیاه است. استنشاق ترکیبات فرار موجود در اسانس آن می‌تواند با تأثیر بر سیستم لیمبیک مغز، موجب بروز اثرات فیزیولوژیکی و روانی مانند بهبود خلق‌وخو، حافظه و کاهش استرس شود.

انواع محصولات حاوی رزماری

محصولات غذایی: ادویه‌ها و چاشنی‌های خشک حاوی برگ رزماری، نوشیدنی‌های گیاهی با طعم یا عصاره رزماری، محصولات پروتئینی و سبزیجات طعم‌دار با رزماری، ترشی‌ها و چاشنی‌های ترکیبی مانند ترشی رزماری و برگ‌بو با روغن زیتون، شربت‌های گیاهی، بسته‌های دمنوش ترکیبی حاوی برگ یا عصاره رزماری، روغن‌های خوراکی طعم‌دار (مانند روغن زیتون با رزماری و برگ‌بو).

محصولات آرایشی، بهداشتی و مراقبتی: شامپوها، نرم‌کننده‌ها و اسپری‌های تقویت‌کننده و طراوت‌بخش مو و پوست سر، صابون‌های دست‌ساز حاوی اسانس رزماری، محصولات مراقبت از پوست (کرم، لوسیون و تونرهای حاوی عصاره رزماری)، پمادها و ژل‌های موضعی با پایه رزماری، قطره‌های خوراکی یا موضعی، عرق رزماری (برای مصارف بهداشتی یا خوراکی)، محصولات حمام مانند بمب‌های حمام یا شوینده‌های طبیعی، اسپری‌های خوشبوکننده یا بخورهای گیاهی؛ شمع‌های معطر با رایحه رزماری، کاربردهای دارویی و درمانی، اسانس و عصاره‌های تغلیظ‌شده.

مکمل‌های غذایی در صنایع داروسازی برای: تقویت حافظه و تمرکز، بهبود عملکرد سیستم ایمنی، تسکین دردهای عضلانی و مفصلی، خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی.

روش‌های استخراج از رزماری

روش‌های استخراج، تولید و فرآوری ترکیبات مؤثر رزماری برای بهره‌برداری از ترکیبات زیست‌فعال گیاه رزماری، روش‌های استخراج، خالص‌سازی و فرآوری خاصی به‌کار می‌روند. این روش‌ها به‌منظور افزایش بازده، حفظ ترکیبات حساس و ارتقاء کیفیت نهایی فرآورده‌های تولیدی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱. روش‌های استخراج: استخراج با حلال: (*Solvent Extraction*) استفاده از حلال‌های آلی برای جداسازی ترکیبات مؤثر از قسمت‌های مختلف گیاه (برگ، ساقه، گل). استخراج به کمک مایکروویو: (*Microwave-Assisted Extraction MAE*) بهره‌گیری از انرژی مایکروویو برای تسریع فرآیند استخراج و افزایش بازده. استخراج به کمک امواج فراصوت: (*Ultrasound-Assisted Extraction – UAE*) ایجاد کاویتاسیون صوتی در مایع برای شکستن دیواره سلولی و

آزادسازی ترکیبات فعال. فناوری‌های غشایی: شامل تکنیک‌هایی مانند اولترافیلتراسیون یا نانوفیلتراسیون برای جداسازی مولکولی انتخابی پس از استخراج اولیه.

۲. روش‌های تولید مواد خالص: کروماتوگرافی: (*Chromatography*) جداسازی اجزای مختلف بر اساس ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن‌ها. تبلور مجدد :(*Recrystallization*) خالص‌سازی بیشتر ترکیبات جداشده از طریق تشکیل بلورهای خالص در شرایط کنترل‌شده.

۳. کاربرد در غذاهای عملکردی: غذاهای غنی‌شده با رزماری: استفاده از عصاره‌های استانداردشده برای تقویت ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی (*Functional Foods*)، با هدف کاهش استرس اکسیداتیو، افزایش ایمنی بدن و پشتیبانی از سلامت عمومی.

۴. فرآوری صنعتی: تولید صنعتی رزماری شامل مراحل مختلفی است که از خشک‌کردن، آسیاب‌کردن، استخراج، تغلیظ، خالص‌سازی تا فرموله‌سازی نهایی را در بر می‌گیرد. ترکیبی از روش‌های سنتی و فناوری‌های نوین برای بهینه‌سازی کیفیت محصول نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

فناوری و فرآوری برای محصولات مختلف

الف) تولید اسانس (روغن فرار)* تقطیر با بخار آب (*Steam Distillation*)، تقطیر با آب و بخار (*Hydro-distillation*).

* فناوری‌های نوین* استخراج با مایعات فوق بحرانی (*Supercritical Fluid Extraction - SFE*): استخراج با حلال‌های سبز.

ب) تولید عصاره‌ها (پودر، مایع، عصاره غلیظ: عصاره‌ها حاوی ترکیبات فنولی و دی‌ترپنی هستند که به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی مهم‌اند.

رزماری به دلیل خواص فراوانش (آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی، ضد میکروبی، تقویت‌کننده حافظه و...) می‌تواند با گیاهان دارویی دیگر ترکیب شود تا اثرات درمانی مکمل یا هم‌افزایی داشته باشد. این ترکیبات معمولاً به شکل دمنوش، روغن‌های ترکیبی برای ماساژ، و یا مکمل‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در اینجا به چند ترکیب رایج و پتانسیل درمانی آن‌ها اشاره می‌شود:

۱. برای تقویت حافظه و عملکرد شناختی: رزماری به تنهایی در تقویت حافظه و تمرکز مؤثر است، اما با گیاهان دیگر می‌تواند اثرات آن را افزایش دهد: رزماری + مریم گلی، رزماری + جینسینگ،

۲. برای تسکین درد و التهاب: رزماری دارای خواص ضد التهابی و ضد درد است که می‌تواند با گیاهان دیگر تقویت شود:

* رزماری + زردچوبه (کورکومین)، رزماری + زنجبیل، رزماری + نعناع،

۳. برای بهبود مشکلات گوارشی: رزماری به عنوان یک کارمیناتیو (ضد نفخ) و هضم‌کننده شناخته می‌شود:

* رزماری + بابونه، رزماری + رازیانه،

۴. برای تقویت سیستم ایمنی و مقابله با عفونت‌ها: رزماری دارای خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی است:

* رزماری + آویشن، رزماری + اکیناسه: اکیناسه شناخته شده به تقویت سیستم ایمنی بدن است.

۵. برای مراقبت از پوست و مو: رزماری + گزنه، رزماری + لاوندر (اسطوخودوس): لاوندر به دلیل خواص آرام‌بخش و ترمیم‌کننده پوست شناخته شده است.

چشم‌انداز آینده و چالش‌ها

با وجود تحقیقات گسترده، پتانسیل‌های پژوهشی زیادی در خصوص رزماری وجود دارد * مطالعات بالینی گسترده‌تر، بررسی مکانیسم‌های دقیق‌تر، فناوری‌های نوین استخراج، توسعه روش‌های نوین و سبز برای استخراج ترکیبات فعال از رزماری با حداکثر کارایی و حداقل تأثیر زیست‌محیطی، طراحی و توسعه فرمولاسیون‌های دارویی جدید (مانند نانوذرات یا لیپوزوم‌ها) برای بهبود فراهمی زیستی و هدفمندی ترکیبات رزماری با توجه به خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی قوی رزماری* استانداردسازی عصاره‌ها، زیست‌فراهمی (*Bioavailability*)، مطالعات بالینی، بیوتکنولوژی گیاهی، دارورسانی هدفمند، مطالعات اومیکس (*Omics Studies*)، توسعه محصولات هم‌افزا.

* یکی از هیجان‌انگیزترین پیشرفت‌ها، تحقیقات اخیر (فوریه ۲۰۲۵) در مورد ترکیب "اسید کارنوسیک" (*carnosic acid*) و مشتقات آن مانند "دی‌آک‌ای‌سی‌ای" (*diAcCA*) است. مطالعات نشان داده‌اند که این ترکیبات می‌توانند سطح اسید کارنوسیک را در مغز افزایش داده و منجر به بهبود حافظه، افزایش تراکم سیناپسی (ارتباطات سلول‌های عصبی) و کاهش التهاب مغزی در مدل‌های حیوانی آلزایمر شوند. این موضوع نه تنها روند تخریب شناختی را کُند می‌کند، بلکه ممکن است به بهبود عملکرد مغز تا حد طبیعی کمک کند. همچنین، این ترکیب می‌تواند عوارض جانبی برخی درمان‌های آنتی‌بادی آمیلوئید موجود برای آلزایمر (مانند ورم یا خونریزی مغزی) را کاهش دهد. این پتانسیل برای درمان سایر اختلالات التهابی مانند دیابت نوع ۲ و بیماری‌های قلبی نیز در حال بررسی است.

نتیجه‌گیری

رزماری، یک گنجینه چندمنظوره با پتانسیل تجاری بی‌نظیر است که فراتر از یک چاشنی ساده در آشپزی عمل می‌کند. این گیاه معطر مدیترانه‌ای، با توجه به پژوهش‌های گسترده علمی و ترندهای جهانی، به عنوان یک منبع طبیعی با پتانسیل تجاری عظیم در صنایع مختلف شناخته می‌شود. تولید و فرآوری رزماری، می‌تواند در سطوح خانگی، نیمه‌صنعتی و صنعتی، مسیرهای جدیدی برای درآمدزایی و کارآفرینی در بازارهای داخلی و جهانی باز کند. تمرکز ویژه بر محصولات تقویت‌کننده حافظه و محافظت‌کننده عصبی با دوزهای استاندارد شده از ترکیبات فعال مانند اسید کارنوسیک و اسید رزمارینیک، یک افق روشن و سودآور را پیش رو قرار می‌دهد.

خواص اثبات‌شده رزماری: از سلامت مغز تا زیبایی و تغذیه

رزماری به دلیل ترکیبات بیواکتیو قدرتمند خود، طیف وسیعی از خواص درمانی و کاربردهای نوین را ارائه می‌دهد:

* تقویت عملکرد شناختی و روانی: مطالعات جدید، از جمله پژوهشی در سال ۲۰۲۰ روی مردان ژاپنی، نشان داده‌اند که مصرف عصاره رزماری می‌تواند انرژی ذهنی، کیفیت خواب و تمرکز را بهبود بخشد و علائم آشفتگی و گیجی خلق و خو را کاهش دهد. شواهدی نیز مبنی بر تأثیر رزماری بر تنظیم دوپامین در مغز وجود دارد که به اثرات ضد افسردگی آن کمک می‌کند. این خاصیت، رزماری را به یک عنصر کلیدی در مکمل‌های سلامت مغز تبدیل کرده است. (منبع: نمناک، داروبرگ)

* سلامت پوست و خواص ضد پیری برجسته: مرور مطالعات در سال ۲۰۲۳، اثربخشی رزماری را در درمان برخی بیماری‌های پوستی و همچنین به عنوان یک عامل قوی ضد پیری تأیید کرده است. خواص آنتی‌گلیکاسیون (*Antiglycation*) عصاره رزماری و اسید رزمارینیک، از تشکیل محصولات نهایی گلیکاسیون پیشرفته (AGE^S) که عامل اصلی پیری پوست و از بین رفتن کلاژن و الاستین هستند، جلوگیری می‌کند. این ویژگی، رزماری را به یک ماده اولیه ارزشمند در محصولات آرایشی و بهداشتی نسل جدید تبدیل می‌کند. (منبع: پذیرش۲۴، *SID*، خانومی)

* نگهدارنده طبیعی "*Clean Label*" در صنایع غذایی: با افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان نسبت به مواد افزودنی مصنوعی، تقاضا برای مواد نگهدارنده طبیعی رو به رشد است. عصاره رزماری، به ویژه اسید رزمارینیک خالص (مانند محصول *Rosavel*™ یا *ROSLEV*)، به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی قوی، به عنوان یک جایگزین ایده‌آل برای نگهدارنده‌های مصنوعی (مانند *BHA* و *BHT*) در مواد غذایی، به‌ویژه در محصولات گوشتی، روغن‌ها و نان‌ها شناخته شده است. این رویکرد کاملاً با ترند "*Clean Label*" (برچسب تمیز) در صنایع غذایی همسو است. (منبع: شیمیاگران تجارت مطهر، *Leaven Essentials*)

* رشد چشمگیر بازار جهانی: بازار جهانی عصاره رزماری به دلیل افزایش تقاضا برای مواد اولیه طبیعی و "*Clean Label*" در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی، در حال تجربه رشد قابل توجهی است. پیش‌بینی می‌شود این بازار تا سال ۲۰۳۴ به حدود ۲,۲ میلیارد دلار برسد که نشان‌دهنده فرصت‌های سرمایه‌گذاری و توسعه فراوان است. (منبع: *drynic.net*)

با بهره‌برداری هوشمندانه از این پتانسیل‌ها و ایده‌های محصول سازی با رزماری می‌تواند نقش محوری در توسعه محصولات نوآورانه و سودآور در صنایع مختلف ایفا کند و سهم قابل توجهی در بازارهای داخلی و جهانی به دست آورد

منابع:

خلیفی سیگارودی فرحناز، جاروندی صغری، تقی‌زاده میترا. (۱۳۹۲). کاربردهای درمانی گیاهان دارویی. ارجمند: ۲۳۱-۲۲۸.

ضیایی ع، مسگرپور ب. (۱۳۹۴). احتیاط مصرف و تداخلات دارویی گیاهان دارویی بر اساس شواهد و مستندات. انتشارات تیمورزاده، ۲۱۷-۲۱۸.

زاهدی.ا. (۱۳۷۳). واژه‌نامهٔ گیاهی. تهران: انتشارات دانشگاه ۱۵۸.

مظفریان و.ا. (۱۳۷۵). فرهنگ نام‌های گیاهان ایران. تهران: نشر فرهنگ معاصر، ۱۵۸.

British herbal pharmacopoeia: Bournemouth: British herbal medicine Association, 1989: 1810

Braun L, Cohen M. (2015). Herbs and natural supplements: an evidence-based guide. Churchill Livingstone; 2: 160

Panahi Y, Taghizadeh M, Marzony ET, Sahebkar A. (2015). Rosemary oil vs minoxidil 2% for the treatment of androgenetic alopecia: a randomized comparative trial. Skinmed: 13(1); 15-21.

Entrepreneurship and Commercialization of Rosemary Plant

Mohammad Mehdi jalil zadeh ghenadi
Bachelor's student, Saharkhiz Applied Science Center, Mashhad, Khorasan Razavi
*Corresponding Author: djalilzadeh@yahoo.com

Abstract

Rosemary (Salvia rosmarinus L.), formerly known as Rosmarinus officinalis L., a member of the mint family... Lamiaceae), has long been valued for its medicinal and aromatic properties. Recent scientific research increasingly focused on the phytochemicals present in this plant and their associated biological activities, especially antioxidant and anti-inflammatory properties. This article provides a review of the most important chemical compounds of rosemary types of products that can be developed in domestic, semi-industrial, and industrial sectors.. The rosemary plant contains phenolic acids (such as rosmarinic acid), phenolic diterpenes (such as carnosic acid and carnosol), and flavonoids, and examines the molecular mechanisms involved in their antioxidant and anti-inflammatory effects. Given the increasing prevalence of diseases related to oxidative stress and chronic inflammation, rosemary, as a rich natural source of bioactive compounds, has great potential in the development of dietary supplements, herbal medicines, and functional foods. This article also discusses the challenges and future prospects in exploiting rosemary for therapeutic and preventive applications, with particular attention to its applications, production techniques, and processing technologies."

Keywords: Rosemary, antioxidant, anti-inflammatory, rosmarinic acid, carnosic acid, phytochemistry, uses, production technology.

خصوصیات اکولوژیک و کاربردهای دارویی، غذایی و صنعتی درخت بنه یا پسته وحشی (*Pistacia atlantica* Desf.) در منطقه اورامانات – استان کرمانشاه

سهراب مرادی*

استادیار گروه توسعه کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: Moradi_4@pnu.ac.ir

چکیده

جنگل‌های زاگرس به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بوم‌سازگان‌های ایران، نقش حیاتی در حفظ تنوع زیستی و معیشت جوامع محلی دارند. درخت بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) از گونه‌های ارزشمند این منطقه است که به دلیل مقاومت به خشکی و شوری خاک، در اکوسیستم‌های نیمه‌خشک زاگرس پراکنش دارد. این مطالعه با هدف بررسی ویژگی‌های اکولوژیک و کاربردهای دارویی، غذایی و صنعتی درخت بنه در منطقه اورامانات استان کرمانشاه انجام شد. داده‌ها از طریق مصاحبه‌های ساختاریافته و نیمه‌ساختاریافته با جوامع محلی و مشاهده مستقیم جمع‌آوری شدند. نتایج نشان داد که درخت بنه منبع ۱۲ نوع محصول است که در حوزه‌های غذایی (معطر کردن دوغ، ترشی بنه، سوپ و آش محلی و تنقلات)، دارویی (شیره سقز، روغن و عرق بنه) و صنایع‌دستی (تسبیح، وردنه و پنه، کاسه قندشکن و تخته‌نرد) کاربرد دارد. شیره سقز، مهم‌ترین محصول این درخت، در صنایع دارویی و شیمیایی نیز استفاده می‌شود. همچنین، عرق بنه و روغن آن در طب سنتی برای درمان بیماری‌هایی مانند دیابت و فشار خون به‌کار می‌روند. این پژوهش بر اهمیت حفاظت از درخت بنه به‌عنوان یک گونه چندمنظوره تأکید دارد که نقش کلیدی در اقتصاد محلی و پایداری اکولوژیک جنگل‌های زاگرس ایفا می‌کند. حفظ این گونه نیازمند مدیریت بهره‌برداری پایدار و افزایش آگاهی جوامع محلی درباره ارزش‌های آن است.

واژه‌های کلیدی: جنگل‌های زاگرس، درخت بنه، شیره سقز، کاربردهای چندمنظوره، مدیریت پایدار

مقدمه

جنگل‌های زاگرس یکی از مهمترین نواحی رویشی کشور و همچنین وسیع‌ترین بوم‌سازگان جنگلی ایران است. این جنگل‌ها به‌صورت نواری پیوسته از شمال غرب ایران در استان آذربایجان غربی شروع شده و در امتداد کوه‌های زاگرس تا استان فارس ادامه یافته است (Moradi and Pato, 2025). جنگل‌های حوزه رویشی زاگرس در زمره جنگل‌های تجاری با قابلیت تولید چوب صنعتی محسوب نمی‌شوند و نقش حفاظت از آب و خاک و تولید محصولات غیرچوبی این جنگل اهمیت زیادی دارد که جمع‌آوری گزو، گال مازوج، بذر بنه، تولید مان‌شوکه، برداشت بذر بلوط به منظور تغذیه دام‌ها، سقزگیری، زغال‌گیری، جمع‌آوری هیزم و گیاهان غذایی- دارویی از بهره‌برداری‌های رایج محصولات جنگلی در زاگرس هستند.

درخت بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) به دلیل محصولات متفاوت و متنوعی که دارد، یکی از باارزش‌ترین گونه‌های جنگلی زاگرس است (Mozaffarian, 2010; Haidari and Pourhashemi, 2021). این گونه، درختی است

دوپایه، به‌ندرت درختچه‌ای، مولد صمغ، سازگار با آب و هوای خشک، مناسب زمین‌های سنگلاخی با بافت سبک، کاملاً نورپسند با تاجی متراکم و تقریباً کروی که سبب شده بیشتر در دامنه‌های جنوبی دیده شود (Mozaffarian, 2010). جنس بنه در نیمکره شمالی و در چهار قاره آسیا، اروپا، آفریقا و آمریکا بین عرض‌های جغرافیایی ۱۵ تا ۴۵ درجه شمالی پراکنش دارد. گونه بنه سطحی معادل ۲/۴ میلیون هکتار از جنگل‌های کشور ایران را به‌خود اختصاص داده است (Tahmasebi and Fattahi, 2001).

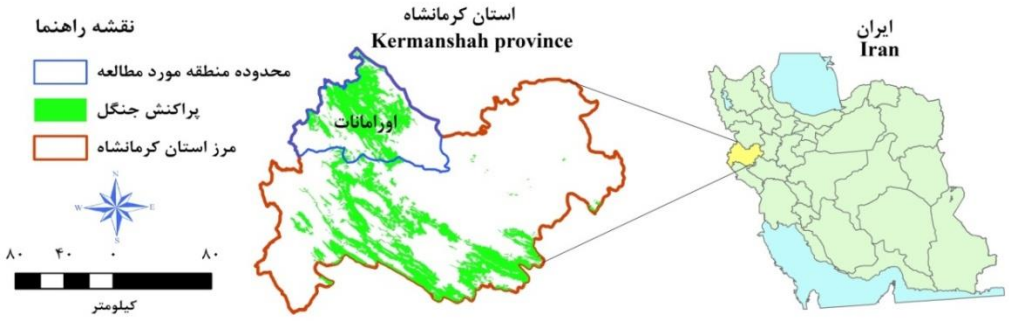
درخت بنه به دلیل تولید شیره بنه و استفاده از آن در تولید انواع مواد دارویی و بهداشتی، همچنین سایر کاربردها شامل تولید میوه برای مصارف تغذیه‌ای، شاخ‌وبرگ برای علوفه دام، حفاظت خاک و جلوگیری از فرسایش، مأمن و مأوای حیات‌وحش و همچنین مقاومت بسیار زیاد آن در تحمل خشکی و سایر شرایط نامناسب اقلیمی از ارزش و اهمیت خاصی برخوردار است (Heidary and Pourhashemi, 2021).

پژوهش‌های متعددی در ایران در ارتباط با ویژگی‌های اکولوژیکی و خواص دارویی و صنعتی بنه انجام گرفته است که به اختصار به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. مهردانش و همکاران (۲۰۲۰) مروری بر کاربرد و خواص دارویی و غذایی درخت پسته وحشی (بنه) در منطقه اورامان داشتند (Mehrdanesh et al., 2020). حیدری و پورهاشمی (۲۰۲۱) به معرفی محصولات چوبی و غیرچوبی درختان بنه و برخی دانش‌های سنتی مرتبط در جنگل‌های بانه پرداختند (Heidary and Pourhashemi, 2021). اسماعیلی و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر ویژگی‌های کمی و کیفی و برآورد مقدار میوه بنه در توده‌های جنگلی شهرستان سردشت، استان آذربایجان‌غربی پرداختند (Esmaili et al., 2022).

هدف از مطالعه حاضر بررسی خصوصیات اکولوژیک و کاربردهای دارویی، غذایی و صنعتی درخت بنه یا پسته وحشی (*Pistacia atlantica* Desf.) در منطقه اورامانات – استان کرمانشاه است.

مواد و روش‌ها

بخشی از ناحیه رویشی زاگرس در منطقه اورامانات، ناحیه‌ای کوهستانی در شمال غربی استان کرمانشاه به‌عنوان منطقه مورد پژوهش انتخاب شد. این منطقه، دارای اقلیم نیمه مرطوب معتدل است و منشأ عمده بارندگی‌های آن کوهستانی است (شکل ۱). پوشش گیاهی منطقه به‌صورت درختی و درختچه‌ای است و مناطق مرتعی نیز قسمت زیادی از منطقه را پوشانده است. رویشگاه جنگلی آن متشکل از گونه‌های درختی بلوط (*Quercus* spp.)، بنه (*Pistacia atlantica* Desf.)، بادام (*Amygdalus orientalis*)، کیکم (*Acer monspessulanum*) و دیگر گونه‌ها است (Moradi and Ahmadi Sani, 2025).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد پژوهش و پراکنش جنگل در اورامانات - استان کرمانشاه

اطلاعات این پژوهش طی یک سال (۱۴۰۳) از روستاهای مختلف منطقه مورد مطالعه و از طریق مصاحبه‌های ساختارنیافته و نیمه‌ساختاریافته جمع‌آوری شد. در این بررسی، نمونه‌گیری به‌روش هدفمند (قضاوتی) و گلوله‌برفی از جامعه آماری پژوهش که افراد مطلع محلی بودند، انجام شد.

برخی از روستاهای جنگل‌نشین مورد مطالعه و تعداد خانوار آن‌ها در جدول ۱ آورده شده است. در روستاهای مورد مطالعه گروه سنی ۴۵ - ۳۱ با فراوانی ۴۰/۲ درصد، بیشترین فراوانی را دارد که نشان‌دهنده میان‌سال بودن افراد روستا است. بیشتر افراد دارای سواد خواندن و نوشتن هستند و بیشترین فراوانی شغلی در گروه کشاورزی (شامل زراعت آبی و دیم، دامداری سنتی و باغداری) با ۳۸/۴ درصد است.

جدول ۱. برخی از روستاهای جنگل‌نشین یا حاشیه جنگل مورد مطالعه و تعداد خانوار هر روستا

نام روستا	تعداد خانوار	نام روستا	تعداد خانوار	نام روستا	تعداد خانوار	نام روستا	تعداد خانوار
اشکی	۱۰	حشمر	۹۶	هماجگه	۶۰	دواله علیا	۲۷
حوض شیخ زمکان	۱۱	جوجار	۳۴	گریشه سفلی	۵۲	عبدل خاکی علیا	۲۱
دشت لیل حسین	۴۴	چم زرشک سفلی	۵۰	هواندران	۳۵	هوله تمرخان	۳۹
بخش نوخاص	۳۸	چنار	۶۹	نیرژسفلی	۵۶		

نتایج و بحث

براساس اطلاعات جمع‌آوری‌شده، بنه درخت باارزشی از لحاظ دارویی، غذایی و صنعتی در منطقه مورد مطالعه است، به‌طوریکه ۱۲ نوع محصول از این درختان در منطقه مورد مطالعه برداشت می‌شود و شامل دسته‌بندی‌های غذایی (معطر کردن دوغ (میوه بنه)، ترشی بنه، سوپ و آش محلی و تنقلات)، دارویی (شیره سقز و مشتقات حاصل از آن (صنعتی و سنتی)، روغن بنه و عرق بنه) و صنایع‌دستی (تولید تسبیح از میوه خشک‌شده بنه، وردنه و پنه، کاسه قندشکن و تخته‌نرد) می‌شود.

ویژگی‌های اکولوژیک

جنس درخت پسته (*Pistacia*) متعلق به خانواده سماقیان (Anacardiceae) می‌باشد. این گیاهان درختی و به ندرت درختچه‌ای با برگ‌های مرکب و شانه‌ای خزان‌کننده می‌باشد. جنس پسته در ایران دارای سه گونه پسته خوراکی (*Pistacia Vera*)، پسته وحشی (بنه) (*Pistacia atlantica*) و خنجوک (*Pistacia khinjuk*) می‌باشد. بنه دارای سه زیرگونه بنه کابلی (*P.a. Subsp cabulica*)، چاتلانقوش (*P.a. Subsp mutica*) و کردستانی (*P.a. Subsp kurdica*) می‌باشد.

درخت بنه گونه‌ای است مقاوم به خشکی، شوری خاک، گرما و سرمای زیر صفر، روی انواع مختلفی از خاک‌ها بدون محدودیت شوری رویش می‌کند. در ایران در کوهستان‌های خشک و نیمه‌خشک استپی می‌روید. محدوده ارتفاع از سطح دریا برای درختان بنه از ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر می‌باشد که بیشترین پراکنش در منطقه مورد مطالعه در طبقه ارتفاعی ۱۵۰۰- ۱۰۰۰ متر است. میزان بارندگی برای این جوامع طی مطالعات حداقل ۲۵۰ میلی‌متر و حداکثر ۶۳۰ میلی‌متر بوده است. میزان دما در رویشگاه‌های بنه از ۱۳- تا ۴۰ + درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این درختان شرایط بسیار سخت اقلیمی و خاکی را به راحتی تحمل می‌کنند (شکل ۲). در منطقه اورامانات اراضی با طبقه ارتفاعی کمتر از ۱۰۰۰ متر به دلیل فعالیت‌های کشاورزی و دسترسی آسان انسان و دام موجبات تخریب جنگل و مانع استقرار زادآوری درختان بنه شده است. در ارتفاعات بالاتر از ۲۰۰۰ متر از سطح دریا نیز به دلیل شرایط سخت رویشگاهی امکان استقرار درختان بنه کمتر فراهم شده است.

شکل ۲. نمای ظاهری درخت بنه در جنگل‌های منطقه اورامانات (کوه قجر - شهرستان ثلاث‌باباجانی)

مصارف دارویی

شیره بنه (سقز): مهمترین برداشت سنتی از درختان بنه، شیره بنه (صمغ یا سقز) است. شیرابه سقز در منطقه اورامانات به نام بنِشت شهرت یافته است. بهره‌برداران محلی در دوره‌های دو یا سه ساله اقدام به برداشت این محصول می‌کنند. سقز توسط زخم‌های وارد بر تنه درختان بنه و بستن کاسه گلی در پای این زخم‌ها از درخت استخراج می‌شود (شکل ۳. الف). سقز به عنوان یک داروی گیاهی به علت داشتن ویتامین D و املاح زیاد مخصوصاً کلسیم برای درمان واریس، استخوان، زانو و پا درد، گرفتگی عضلات، آرتروز، سیاتیک، روماتیسم، ترمیم محل شکستگی‌ها و دردهای مزمن عضلانی و ماهیچه‌ای مفید است. سقز همچنین برای درد دندان و عفونت، درمان بیماری‌های گوارشی، ناراحتی‌های تنفسی و درمان زخم مفید است. سقز علاوه بر کاربردهای درمانی در صنایع دارویی و شیمیایی مانند داروسازی، صنایع پلیمری، چسب، رنگ و لاک نیز کاربرد دارد. کلوفان خام موجود در سقز، به عنوان حجیم کننده و پرکننده صمغ‌های گران بها، آهار کاغذ و چسب کاربرد دارد.

عرق بنه: عرق‌گیری از بنه در کارگاه‌های عرق‌گیری انجام و محصول نهایی در بازارهای محلی عرضه می‌شود (شکل ۳. ب). عرق بنه برای رفع بوی بد دهان و پیشگیری از پوسیدگی دندان، درمان یبوست، تقویت نیروی جنسی و درمان ورم معده موثر است. همچنین به هضم غذا کمک کرده و اشتها آور است. خوردن عرق بنه در حالت ناشتا، باعث دفع سنگ کلیه خواهد شد و در کاهش قند خون و کاهش فشار خون موثر است.

روغن بنه: روغن بنه از مغز میوه درخت بنه استخراج می‌شود. این روغن از طریق روش پرس سرد و به‌وسیله دستگاه روغن‌گیری تحت فشار بالا تولید می‌شود (شکل ۳. ج). روغن بنه می‌تواند برای تقویت میل جنسی، تقویت قلب و عروق، بهبود عملکرد کلیه و مجاری ادراری، جوان‌سازی و درمان جوش و ترک‌های پوست، صاف و رسا شدن صدا، درمان یرقان، پاک‌سازی ریه و سینه، تسکین کمردرد، درمان دردهای مفصلی، بهبود عملکرد دستگاه گوارش، کمک به رویش مجدد موهای آسیب دیده، بهبود زخم و سوختگی و درمان نرمی استخوان مفید باشد.

شکل ۳. الف- شیره بنه (سقز) ب- عرق بنه ج- روغن بنه

مصارف غذایی و صنایع دستی

معطر کردن دوغ (میوه بنه): میوه بنه دارای خاصیت ضدمیکروبی در محیط کشت است. نوع نارس میوه بنه به صورت خام و بدون نیاز به شکستن پوسته (پیش از سفت شدن پوسته) برای معطرکردن دوغ مصرف می‌شود. در شهرستان‌های منطقه اورامانات، استفاده از خوشه میوه نارس بنه هم به‌صورت خام و هم به‌صورت خشک و آسیاب شده برای معطر کردن دوغ مرسوم است. (شکل ۴. الف).

ترشی بنه (میوه بنه): برای تهیه ترشی بنه، میوه نارس و سبز به صورت خوشه از درخت جمع‌آوری می‌شود. ترشی بنه به دو شکل دانه‌دانه شده یا خوشه‌ای تهیه می‌شود. به صورت لایه‌لایه، ابتدا یک‌لایه از میوه بنه در ظرف ترشی ریخته شده و سپس یک‌لایه نمک و سبزی ریخته شده و در انتها سرکه به آن اضافه می‌شود. قابل ذکر است که میوه بنه سرکه را جذب کرده و لازم است هرچند روز یکبار مقداری سرکه به آن اضافه شود. پس از دو هفته ترشی آماده استفاده است (شکل ۴. ب).

تنقلات (میوه بنه): از میوه رسیده بنه به عنوان آجیل و حتی بـرای تهیه معجون گوژمه (آسیاب شده میوه بنه) و تـنقلات دیگر استفاده می‌شود (شکل ۴. ج).

آش یا سوپ بنه: یکی از روش‌های سنتی برای پخت آش، استفاده از میوه درخت بنه (پسته وحشی) است. برای این کار، ابتدا دانه‌های میوه را جدا کرده و پس از شستشو، در روغن تفت می‌دهند. سپس آن‌ها را می‌کوبند تا نرم شوند. مخلوط حاصل را در ظرفی حاوی مقدار زیادی آب می‌ریزند و روی حرارت قرار می‌دهند تا بجوشد. پس از جدا شدن مغز میوه از پوست، مایع را از صافی عبور می‌دهند تا آماده افزودن به آش شود. در ادامه، برنج را به آن اضافه کرده و در پایان، پیاز داغ شده را به آن می‌زنند تا آش کاملاً پخته شود (شکل ۴. د).

شکل ۴. الف- میوه بنه برای معطر کردن دوغ ب- ترشی بنه ج- تنقلات د- آش یا سوپ بنه

تولید تسبیح (میوه بنه): از میوه رسیده و خشک‌شده بنه برای تولید دانه‌های تسبیح استفاده می‌شود که پس از برداشتن پوست بنه و تهیه در بازار عرضه می‌شود (شکل ۵. الف).

وردنه و پنه: از چوب درختان بنه، وردنه (چوبی که گلوله خمیر را پهن می‌کنند) و پنه (تخته خمیر) تهیه می‌شود که از این وسایل در پخت نان محلی توسط بانوان روستا استفاده می‌شود (شکل ۵. ب).

قندلاک و تخته‌نرد: درگذشته قند به صورت کله‌قند خریداری می‌شد و وسیله‌ای بنام قندلاک (اونگ چوبی کاسه‌ای) برای شکستن کله‌قند از چوب درخت بنه تهیه می‌شد (شکل ۵. ج و د). با توجه به کیفیت بالای چوب درخت بنه از آن برای تهیه تخته‌نرد (بازی سنتی و کهن در کشور) استفاده می‌شود.

شکل ۵. الف- تسبیح ب- وردنه و پنه ج- قندلاک د- تخته‌نرد

نتیجه‌گیری

درخت بنه به‌عنوان یکی از گونه‌های ارزشمند جنگل‌های زاگرس، نقش مهمی در اکوسیستم و زندگی جوامع محلی ایفا می‌کند. این درخت به دلیل مقاومت بالا در برابر شرایط سخت اقلیمی مانند خشکی، شوری خاک، و تغییرات دمایی، در مناطق نیمه‌خشک و کوهستانی زاگرس به خوبی رشد می‌کند. بنه علاوه بر کاربردهای اکولوژیک مانند حفاظت از خاک و جلوگیری از فرسایش، منبع مهمی برای تولید محصولاتی با کاربردهای دارویی، غذایی و صنعتی است. با توجه به تنوع و اهمیت کاربردهای درخت بنه، حفاظت و مدیریت پایدار این گونه در جنگل‌های زاگرس ضروری است. بهره‌برداری صحیح و جلوگیری از تخریب جنگل‌ها می‌تواند به حفظ این منابع ارزشمند برای نسل‌های آینده کمک کند. همچنین، تحقیقات بیشتر در زمینه خواص دارویی و صنعتی بنه می‌تواند فرصت‌های جدیدی برای توسعه اقتصادی جوامع محلی فراهم آورد.

منابع

Esmaili, A., Mousavi Mirkala, S.R., Alijanpour, A., Hajjarian, M., and Ghanbari, S. (2022). The effect of altitude on quantitative and qualitative characteristics and estimation of *Pistacia atlantica* fruits in the forest stands in Sardasht, West Azerbaijan province. *Forest Research and Development*, *7*(4), 653-670.

Heidary, M. and Pourhashemi, M. (2021). Wood and non-wood products of pistachio trees and some traditional knowledge related to them in Baneh forests. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, *28*(3), 1-20.

Mehrdanesh, G., Sedaghat, H., Mousa Zadeh, N. and Rostami Tabar, M. (2020). A review of the uses and properties of the Pistacia tree, medicinal, local foods and different parts of the Pistacia tree (wild pistachio): Sustainable development in Oraman. *Journal of Geography and human relationships*, 3(1), 331-355.

Moradi, S. and Ahmadi Sani, N. (2025). Wildfire Risk Assessment and Spatial Zoning in Forests and Rangelands using GIS-Based Multi-criteria Decision-Making Techniques in Central Zagros. *Iranian Journal of Forest*, *16*(4), 531-554.

Moradi, S. and Pato, M. (2025). Identification and localization of criteria and indicators of sustainable forest management in the middle Zagros vegetation area (Case study: Zemkan basin - Kermanshah province). *Forest Research and Development*, 11(1), 41-66.

Mozaffarian, V. (2010). Tree and Shrubs of Iran. Farhang Moaser Publishers, p 1054. (In Persian)

Tahmasebi, M. and Fattahi, M. (2001). Study the ecological factors with Pistacia atlantica's qualitative and quantitative factors in Ilam, Proceedings of *Pistacia atlantica* Desf. Second national conference, Fars province, *Research Institute for Forests and Rangelands*, 1st volume, 145-170.

Ecological characteristics and medicinal, food and industrial applications of the wild pistachio tree (*Pistacia atlantica* Desf.) in the Oramanat region - Kermanshah province

Sohrab Moradi*
Assistant Professor, Department of Agricultural & Natural Resources Development, Faculty of Engineering, Payame Noor University, Tehran, I.R. Iran.
*Corresponding Author: Moradi_4@pnu.ac.ir

Abstract

The Zagros forests, as one of Iran's most important ecosystems, play a vital role in preserving biodiversity and sustaining local livelihoods. The wild pistachio tree (*Pistacia atlantica* Desf.) is a valuable species in this region, distributed across the semi-arid ecosystems of Zagros due to its drought and soil salinity resistance. This study aimed to examine the ecological characteristics and medicinal, nutritional, and industrial applications of the wild pistachio tree in the Oramanat region of Kermanshah Province. Data were collected through structured and semi-structured interviews with local communities along with direct observations. Results indicated that the wild pistachio tree yields 12 types of products used in Food applications (flavoring yogurt, wild pistachio pickles, local soups and stews, and snacks), Medicinal uses (Saghez gum resin, wild pistachio oil, and distillate) and Handicrafts (prayer beads, rolling pins, sugar crusher bowls, and backgammon boards). Saghez gum resin, the tree's most important product, is also utilized in pharmaceutical and chemical industries. Additionally, wild pistachio distillate and oil are used in traditional medicine to treat conditions such as diabetes and hypertension. This research emphasizes the importance of conserving the wild pistachio tree as a multipurpose species that plays a key role in local economies and the ecological sustainability of Zagros forests. Preserving this species requires sustainable management practices and increasing local communities' awareness about its values.

Keywords: Zagros forests, *Pistacia atlantica* Desf, Saghez gum resin, Multipurpose applications, Sustainable management

گیاه کاسنی منبع غنی اینولین

سید مهدی رضوی*[۱]، زهرا برزگر[۱]
۱- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
*نویسنده مسئول: razavi694@gmail.comr

چکیده

گیاه دارویی کاسنی با نام علمی (*Cichorium intybus* L.) گیاه دارویی شاخصی است که به طور گسترده در مناطق معتدل سراسر جهان و ایران یافت می‌شود. این گیاه به تیره کاسنی تعلق داشته و مهمترین خاصیت شیمیایی آن دارا بودن مقادیر قابل توجهی اینولین می‌باشد. در واقع این گیاه به لحاظ درصد بالای اینولین نسبت به محتوای ماده خشک مهم‌ترین منبع اینولین به شمار می‌آید. اینولین پلی ساکاریدی شاخص و کمیاب می‌باشد که در طب و صنعت غذایی و بهداشتی کارایی زیادی داشته و نقطه قوت گیاه کاسنی نیز داشتن مقادیر قابل توجهی از این پلی ساکارید نادر می‌باشد. این ترکیب، پلی ساکارید ذخیره‌ای از دسته فروکتون‌ها با خواص تغذیه‌ای و تکنولوژیکی منحصر بفردی است. در حال حاضر ریشه گیاه کاسنی با داشتن اینولین با زنجیرهای بلند و پایدار، تنها منبع طبیعی برای تولید انبوه این ماده می‌باشد. مهمترین امتیاز اینولین از دیدگاه پزشکی در اینست که پیکربندی اینولین و آرایش مونومرهای فروکتوز باعث می‌شود اینولین در دستگاه گوارش انسان غیرقابل هضم باشد و علی رغم مصرف آن سطوح قند خون افزایش پیدا نکند. همین قابلیت می‌تواند سرآغازی برای مصارف طبی یا صنعتی اینولین باشد. در حال حاضر می‌توان با استفاده از روش‌های مختلف مثلا استخراج با آب داغ و سیال فوق بحرانی، اینولین موجد در کاسنی را جدا کرده و برای عملکردهای مختلف مورد بررسی قرار دارد. با این حال انتخاب روش استخراج و انتخاب مرحله نموی گیاه برای استخراج از جمله موارد چالش برانگیز در این خصوص می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اینولین، کاسنی، کاسنی بستانی، خواص دارویی

مقدمه

کاسنی با نام علمی *Cichorium intybus* L گیاهی مدیترانه‌ای از تیره آفتابگردان (Asteraceae) می‌باشد که به لحاظ طبی و دارویی ارزش قابل توجهی دارد. جنس Cichorium شامل شش گونه است که به طور گسترده در اروپا و آسیا انتشار داشته و تاکنون دو گونه زراعی و چهار تا شش گونه خودرو مورد شناسایی قرار گرفته است. گونه‌های خودرو و وحشی آن تا یک متر و نوع پرورش یافته آن تا دو متر هم رشد می‌کند. کاسنی گونه‌های مختلفی دارد اما دو نوع آن بسیار مشهور است. کاسنی بستانی (*Cichorium endivia*) که در ایران رشد نمی‌کند. و کاسنی معمولی (*Cichorium intibus*)، یک گیاه دارویی پایا با گل‌های آبی یا ارغوانی است. این گونه کاسنی در اصل بومی جهان قدیم است و بعداً در قاره آمریکا نیز به‌صورت گیاه خودروی کنار جاده‌ای درآمده‌است. منشأ اصلی این گیاه اروپای مرکزی، مناطق غربی و مرکزی آسیا و شمال آفریقا است و پراکندگی وسیعی در نواحی مختلف ایران به خصوص شهرستان اقلید، محله فسارود، آذربایجان و مناطق کوهستانی خراسان دارد. در ایران، بیشترین کشت ان در کاشان و تربت حیدریه جلگه رخ روستای علاقه می‌باشد به آب و هوای خنک، آفتابی یا کمی سایه نیاز دارد و گرمای شدید تابستان را

تحمل نمی‌کند (Melilli et al., 2021). چکوری را شاید بتوان به عنوان یک نام جهانی و بین‌المللی برای کاسنی معمولی در نظر گرفت. در این تحقیق به بررسی ویژگی‌های گیاهشناختی و درمانی کاسنی پرداخته شده و به اختصار در خصوص نحوه استخراج پلی ساکارید اینولین که ترکیب شاخص فیتوشیمیایی این گیاه است پرداخته می‌شود.

مشخصات گیاه‌شناسی

کاسنی معمولی گیاهی است با گل‌های زبانه‌ای ابی آسمانی وبرگ‌های بدون خار یا دارای گل‌های زبانه‌ای زرد و برگ‌های بدون خار. گل‌های بدون خار دارایی دو نوع می‌باشد: نوع اول که دارای میوه‌های فندقه‌های اغلب سیخک‌دار و جقه‌دار با کپه‌های کم گل و گل‌ها حداکثر ۱۵ عددی می‌باشند (Meyer, et al., 2010).

خواص درمانی گیاه کاسنی

در کتب سنتی ایران، این گیاه هندباء نام دارد. پزشکان قدیم از گیاه کاسنی به عنوان گیاهی با طعم سرد استفاده می‌کردند. کاسنی یکی از گیاهانی می‌باشد که به طور زیاد توسط خانواده‌های ایرانی استفاده می‌شود. این گیاه در طب قدیم برای زردی کودک نیز مورد استفاده بوده است. از خواص این گیاه می‌توان به مقوی، تامین کننده مواد معدنی، ضد کم خونی، اشتهاآور، محرک معده، تصفیه کننده خون، ضد درد، صفرا آور، ادرار آور، تقویت کننده اعصاب، ملین، کرم‌کش و تب بر اشاره کرد. از دیگر فواید و کاربردهای گیاه کاسنی می‌توان به رمان التهاب صفراوی، التهاب مفاصل، حبس شدن آب در بدن، یرقان، مالاریا، سنگ کلیه، نقرس و یبوست اشاره نمود. عرق کاسنی نیز اثرات مشابهی دارد. همچنین کاسنی به عنوان تقویت کننده معده، معرق، ملین، صفرا و کبد تاثیر زیادی دارد. تمامی قسمت‌های گیاه کاسنی به ویژه ریشه و برگ‌های آن قابل استفاده می‌باشد. از خواص‌های دیگر گل کاسنی می‌توان به ضد مالاریا، ضد دیابت، ضد میکروب، ضد آلرژی، آنتی‌اکسیدان و ضد التهاب اشاره کرد. ریشه گیاه کاسنی سبب افزایش ترشح صفرا می‌شود و به دلیل اثر تحریکی بر شیره معده سبب افزایش اشتها می‌شود. جوشانده این گیاه ملین و ادرار آور است. همچنین این جوشانده را در زمان مبتلا بودن به سنگ‌های کلیوی و صفراوی، بیماری‌های کبدی و ورم‌های ایجاد شده و در مجاری ادراری مصرف می‌کنند (Garbetta, et al., 2020).

کاسنی به عنوان منشا اصلی و طبیعی اینولین

امروزه کاملاً روشن است که اینولین یک فیبر غذایی پربیوتیک است که نقش مهمی در تولید محصولات لبنی کاربردی با مزایای سلامتی بهبود یافته ایفا می‌کند. اینولین، یک فروکتولیگوساکارید طبیعی حاوی کربوهیدرات غیرقابل هضم (FOS)، یک پلیمر فروکتوز خطی با پیوندهای گلیکوزیدی بتا- (۲ → ۱) است. طول این زنجیره‌های فروکتوز متفاوت است و از ۲ تا ۶۰ مونومر متغیر است. اینولین حاوی حداکثر ۱۰ واحد فروکتوز به عنوان اولیگو فروکتوز نیز شناخته می‌شود (Melilli et al., 2021). اینولین یک فیبر رژیمی متعلق به فروکتان‌ها است که به عنوان ماده رایج در صنایع غذایی، برای محصولات لبنی و نانوایی، برای نوشیدنی‌ها و بستنی استفاده می‌شود. هم برای خواص تکنولوژیکی و هم برای خواص تغذیه‌ای استفاده می‌شود. منابع اصلی اینولین ریشه مارچوبه، سیر، ریشه کاسنی، کنگر فرنگی اورشلیم، غده‌های گل محمدی و گل محمدی با محتوای اینولین از ۱۵ تا ۲۰ درصد است (Raccuia, et al., 2010). خواص فیزیکی و شیمیایی اینولین به شدت با درجه پلیمریزاسیون مرتبط است که نشان دهنده توزیع اندازه زنجیره‌های پلی ساکارید در پلیمر کربوهیدراتی است (Meyer, et al., 2010) الیگوساکاریدهای غیرقابل هضم با طول

زنجیره بلند در برابر تخمیر ساکارولیتیک مقاوم‌تر هستند و کندتر از ترکیبات با زنجیره کوتاه‌تر تجزیه‌پذیر هستند، بنابراین تخمیر آن‌ها نسبت به تخمیر اولیگو فروکتوز زمان بیشتری می‌برد و در نتیجه تجزیه کربوهیدرات‌های باقی‌مانده در روده‌های انتهایی بیشتر می‌شود. به لطف اثر مغذی اثبات شده آن، اینولین می‌تواند برای طراحی مواد غذایی جدید استفاده شود (Melilli, et al., 2020).

کاسنی منبع طبیعی اینولین از ریشه‌های تازه است و رایج‌ترین منبع گیاهی مورد استفاده برای تولید صنعتی اینولین است. اینولین معمولاً در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد و اهداف زیادی در صنایع غذایی دارد. به عنوان یک فیبر غیرقابل هضم، تشکیل ژل، افزایش ویسکوزیته و بهبود ویژگی‌های ارگانولپتیک استفاده شد. در محصولات لبنی، بیشتر به عنوان جایگزین چربی و به عنوان یک پری بیوتیک استفاده می‌شود (Meyer et al., 2011). در نتیجه، اینولین دارای اثرات دارویی مختلفی مانند کاهش سطح گلوکز خون، کاهش کلسترول LDL و لیپیدهای سرم و افزایش جذب کلسیم است. نشان داده شده است که اینولین دارای خواص پروبیوتیکی و کاربردهای صنعتی است. امروزه به درستی می‌دانیم که کاسنی (*Cichorium intybus* L.) منبع تجاری اصلی اینولین در سراسر جهان است.

استخراج اینولین از کاسنی

اینولین را می‌توان با استخراج مواد گیاهی مانند کاسنی، کنگر فرنگی اورشلیم، سالسیفیه و کوکب و مسیرهای بیوسنتز به دست آورد. به گفته Barclay و همکاران. (۲۰۱۴)، اینولین از ساکارز توسط یک واکنش پلیمریزاسیون سنتز می‌شود که فروکتوز را از مولکول ساکارز دیگر با آنزیم‌های کاتالیزوری در گیاهان منتقل می‌کند. متفاوت از این مسیر، Apolinario و همکاران (۲۰۱۴) مدل‌های مسیر بیوسنتزی متمایز را با جزئیات پیشنهاد کرد.

بطور کلی جهت استخراج اینولین از گیاه چیکوری، از ریشه‌های تازه برداشت شده از مزرعه و در صورت نیاز به خشک کردن ریشه‌ها، از دمای محیط (حدود۳۶ تا۳۰درجه سلسیوس) برای خشک کردن استفاده شود. مطالعه حاضر به‌معرفی متداولترین ترکیبات پری بیوتیک سلامت بخش به طور ویژه اینولین می‌پردازد.

محتوی اینولین و درجه شیرینی آن در کاسنی

ترکیب اینولین به عنوان یک پلی ساکارید خاص اساساً از ریشه کاسنی یا همان گیاه چکوری استخراج می‌شود. این ماده به عنوان یک ماده غذایی تصفیه شده شناخته می‌شود. ریشه‌های کاسنی مورد استفاده از همان گونه (*Cichorium intybus*) است که سال‌هاست برای تولید جایگزین قهوه استفاده می‌شود. در حال حاضر، از ریشه کاسنی که از ارگانیسم‌های اصلاح شده ژنتیکی گرفته شده استفاده نمی‌شود.

در میان چندین نوع اینولین تجاری موجود، همگی خلوص بسیار بالایی دارند. آنها با توجه به ویژگی‌های پودر و ترکیب کربوهیدرات خود متفاوت هستند. الیاف استاندارد آلی اینولین، همانطور که از ریشه کاسنی استخراج می‌شود، همیشه حاوی مقدار کمی قند (تا ۱۰ درصد) است. این قندها در ریشه وجود دارند و حاصل فرآوری نیستند. قند کم و اینولین با کارایی بالا با حذف کروماتوگرافی یا فیزیکی بخش‌های تک، دی و الیگوساکارید به دست می‌آیند. (Baldini et al., 2004).

متوسط درجه پلیمریزاسیون اینولین از تقسیم درصد وزنی محتوای قند کل بر درصد وزنی شکر احیا شده به دست می‌آید که عامل مهمی در تعیین کیفیت اینولین استخراج شده است.

نتیجه‌گیری

می‌توان عنوان کرد که گیاه کاسنی یا همان چکوری به لحاظ داشتن ترکیب پلی ساکاریدی اینولین، اهمیت طبی و صنعتی قابل توجهی دارد. اینولین به عنوان یک افزودنی با پتانسیل بالا در صنعت غذایی مطرح است و می‌تواند نقش مهمی در تولید محصولات غذایی نوین و سلامت محور ایفا کند. با توجه به اینکه کاسنی تنها منبع عمده طبیعی اینولین است، توجه به روند کاشت، داشت و برداشت این گیاه ارزشمند نیازمند توجه بیشتر می‌باشد.

منابع

Apolinário A C, Lima Damasceno B P G, Macêdo Beltrão N E, Pessoa A, Converti A & Silva J A.(2014). Inulin-type fructans: A review on different aspects of biochemical and pharmaceutical technology. *Carbohydrate Polymers*, 101(1): 368–378.

Baldini M. Danuso F. Turi M. Vannozzi G.P. (2004). Evaluation of new clones of Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) for inulin and sugar yield from stalks and tubers. *Industrial Crops and Products*, 19(1):25-40.

Barclay T G, Ginic-Markovic M, Cooper P D & Petrovsky N. (2014). Inulin-A versatile polysaccharide with multiple pharmaceutical and food chemical uses. *Journal of Excipients and Food Chemicals*, 1(3): 27-50.

Garbetta, A.; D'Antuono, I.; Melilli, M.G.; Sillitti, C.; Linsalata, V.; Scandurra, S.; Cardinali, A. (2020). enriched durum wheat spaghetti: Effect of polymerization degree on technological and nutritional characteristics. *Journal of Functional Foods*, 71, 104004.

Melilli, M.G.; Branca, F.; Sillitti, C.; Scandurra, S.; Calderaro, P.; Di Stefano, V. (2020). Germplasm evaluation to obtain inulin with high degree of polymerization in Mediterranean environment. *Natural Product Research*, 34, 187–191.

Meyer, D.; Bayarri, S.; Tárrega, A.; Costell, E. (2011). Inulin as texture modifier in dairy products. *Food Hydrocolloids*, 25, 1881–1890.

Muñiz-Márquez D B, Teixeira J A, Mussatto S I. (2019). Contreras-Esquivel J C, Rodríguez-Herrera R & Aguilar C N. Fructo-oligosaccharides (FOS) production by fungal submerged culture using aguamiel as a low-cost by-product. *LWT*. 102: 75–79.

Paseephol T., Small D., Sherkat F. (2007). Process optimization for fractionating Jerusalem artichoke fructans with ethanol using response surface methodology. *Food Chemistry*, 104(1):73-80.

Raccuia, S.A.; Melilli, M.G. (2010). Seasonal dynamics of biomass, inulin, and water-soluble sugars in roots of Cynara cardunculus L. *Field Crop Researches*, 116, 147–153.

Chicory plant is a rich source of inulin

Seyed Mehdi Razavi[1]*, Zahra Barzegar[1]
1. Department of Biology, Faculty of Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
*Corresponding Author: razavi694@gmail.comr

Abstract

Chicory, as a medicinal plant, with the scientific name of *Cichorium intybus* L. is widely distributed in a number of temperate regions in Iran and different regions of the world. It is well known that Chicory plant is the most important source of inulin. It has the high percentage of inulin compared to dry matter content. Thus, chicory root is of special industrial and medicinal importance. The chicory roots can be used to separate the inulin by using different methods of extraction, such as extraction with hot water and supercritical fluid method. Inulin is widely used in the fields of nutrition, health and food industry. It is a storage polysaccharide from the category of fructones with unique nutritional and technological properties. Chicory root contains the inulin with long and stable chains. In spite of polysaccharide identity, the configuration of inulin and the arrangement of fructose monomers make inulin indigestible in the human digestive system that inhibit blood sugar levels increasing. Currently, inulin presented in chicory can be isolated using various methods, such as hot water extraction and supercritical fluid extraction, and is being investigated for various applications. However, the selection of the extraction method and the selection of the plant growth stage for extraction are among the challenging issues in this regard.

Keywords: Inulin, Chicory, *Cichorium endivia*, Medicinal properties

ارزیابی تجمع ترکیبات فنلی و آنتوسیانین در گیاه خیار آلوده به قارچ *Fusarium oxysporum* تحت شرایط تلقیح با باکتری

الهام رضوانی*[۱]، اکبر شیرزاد[۱]، سعید حضرتی[۲]
۱- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
۲- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
* نویسنده مسئول: elham.rezvani1376@gmail.com

چکیده

خیار با نام علمی *Cucumis sativus* L. از خانواده کدوئیان، از مهم‌ترین محصولات زراعی و باغی در ایران و جهان است که هم به لحاظ اقتصادی و هم از نظر تغذیه‌ای و خواص دارویی ارزش بالایی دارد. این محصول در مزارع و گلخانه‌ها کشت می‌شود و نقش مهمی در تأمین نیازهای غذایی و دارویی دارد. با این حال، این محصول همواره با چالش بیماری‌های گیاهی مواجه است و یکی از مهم‌ترین عوامل بیماری‌زا، قارچ *Fusarium oxysporum* است که خسارات زیادی به مزارع و گلخانه‌های خیار وارد می‌کند. در سال‌های اخیر، استفاده از قارچ‌کش‌های شیمیایی به دلیل عوارض زیست‌محیطی و انسانی با محدودیت‌های جدی روبرو شده و این موضوع محققان را به سوی یافتن روش‌های جایگزین سوق داده است. در این راستا، اکتینوباکترها به عنوان عوامل زیستی که قادر به تولید ترکیبات زیست‌فعال هستند، مورد توجه قرار گرفته‌اند. در یک پژوهش، نمونه‌های اکتینوباکتر از خاک‌های زراعی استان آذربایجان شرقی جمع‌آوری و خالص‌سازی شدند. این جدایه‌ها در آزمایشگاه از نظر توانایی مهار رشد قارچ بررسی شدند و شش جدایه با بیشترین مهار رشد قارچ در آزمایشات گلخانه‌ای نیز توانستند به طور معناداری شدت بیماری را نسبت به شاهد کاهش دهند. ترکیب *Streptomyces sp.* + *Fusarium oxysporum* کمترین میزان شدت بیماری را نشان داد. تیمار *Streptomyces globisporus* + *Fusarium oxysporum* نیز بیشترین میزان ترکیبات فنولی از جمله فنل و فنیل آلانین آمونیالیاز و هم چنین تیمار *Streptomyces sp.* + *Fusarium oxysporum* بیشترین میزان آنتوسیانین در مقایسه با گیاه شاهد و سایر تیمارها داشت. با بررسی غلظت‌های مختلف باکتری‌ها می‌توان متوجه شد که این باکتری‌ها تأثیرات مثبتی بر ویژگی‌های فیتوشیمیایی گیاه، از جمله افزایش محتوی ترکیبات فنلیولی و مقاومتی در مقابل بیماری‌ها، دارند. در نتیجه، اکتینوباکترها می‌توانند به عنوان روشی زیستی و مؤثر برای کنترل بیماری‌های قارچی و ارتقای رشد گیاهان مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: اکتینوباکتر، بیماری قارچی، کشاورزی ارگانیک، مهار زیستی، ترکیبات فنلی

Evaluation of the Accumulation of Phenol and Anthocyanin Compounds in Cucumber Plants Infected with *Fusarium oxysporum* under Bacterial Inoculation Conditions

Elham Rezvani[1*], Akbar Shirzad[1] , Saeid Hazrati[2]
1- Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Azarbaijani Shahid Madani University, Tabriz, Iran
2- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijani Shahid Madani University, Tabriz, Iran
[*]*Corresponding Author: elham.rezvani1376@gmail.com*

Abstract

Cucumber, with the scientific name *Cucumis sativus* L., belongs to the Cucurbitaceae family and is one of the most important agricultural and horticultural crops in Iran and the world. It receives significant attention both economically and for its nutritional value and medicinal properties. However, cucumber is constantly challenged by plant diseases, and one of the most significant pathogens is the fungus *Fusarium oxysporum*, which causes considerable damage to cucumber fields and greenhouses. In recent years, the use of chemical fungicides has faced serious limitations due to environmental and human health concerns, prompting researchers to seek alternative methods. In this context, actinobacteria, as biological agents capable of producing bioactive compounds, have attracted attention. In one study, actinobacteria samples were collected and purified from agricultural soils in East Azarbaijan province. These isolates were tested in the laboratory for their ability to inhibit fungal growth, and six isolates with the highest inhibition rates also significantly reduced disease severity compared to the control in greenhouse experiments. The *Streptomyces sp.* + *Fusarium oxysporum* combination showed the lowest disease severity. The *Streptomyces globisporus* + *Fusarium oxysporum* treatment had the highest levels of phenolic compounds, including phenol and phenylalanine ammonia-lyase, while the *Streptomyces sp.* + *Fusarium oxysporum* treatment had the highest anthocyanin content compared to the control and other treatments. By examining different concentrations of bacteria, it was found that these bacteria positively affect the plant's biochemical characteristics, including increased chlorophyll, carotenoids, medicinal compounds, and resistance to pathogens. As a result, actinobacteria can be used as an effective biological method for controlling fungal diseases and promoting the growth of crop plants.

Keywords: Actinobacteria, biological control, fungal disease, organic agriculture, Phenol compounds

A metabolomics approach to volatile constituents of *Satureja hortensis* treated by salinity and vanillic acid based nanocomposite

Azar Parvaneh[1], Seyed Mehdi Razavi[1*], Maryam Khoshkam[2]
1- Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- Department of Chemistry, Faculty of Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[*]*Corresponding author: razavi694@gmail.com*

Abstract

Vanillic acid (VA), a plant-derived antioxidant, helps neutralize reactive oxygen species during environmental stress. To enhance its delivery to summer savory or *Satureja hortensis*, VA-based nanocomposites (VANCs) were synthesized via the coacervation method.This study assessed the efficacy of VA and VANCs at 0.01 mg/mL on *S. hortensis* under varying salt concentrations (0, 50, 100, and 150 mM NaCl) on quality of essential oil components of the plant. Analysis of essential oil composition was performed using GC-MS instrument. Multivariable statistics analyses of data was done by Metabo analyst software. The results revealed that VANCs were particularly effective in preserving or enhancing bioactive compound concentrations under stress conditions. Thymol and carvacrol were identified as the most effective essential oil components enhanced at stressful condition and promoted by both VA and VANCs. However, VANCs is more effective in stimulating of this compounds than VA. Whereas, the amount of thymol was found to be 44.7% in control group, it reached to 46.11 and 48.31 in VA and VANCs treated groups, respectively, under 100 mM of salinity. The thymol got high VIP score as 1.7 among other essential oil constituents. These findings indicate that bio-based VA nanocomposites can act as an eco-friendly approach to improve crop salt tolerance and the quality of essential oils and it have significant implications for sustainable agriculture, offering an innovative approach to enhance crop resilience in salt-affected soils.

Keywords: Essential oil; nanocomposites; summer savory; salinity, vanillic acid.

Introduction

In the current era, the utilization of medicinal plants is gaining prominence due to the adverse effects associated with chemical drugs, with medicinal plants serving as rich reservoirs of secondary metabolites that form the core components of many pharmaceuticals (Vaou et al., 2021). The savory genus, belonging to the Lamiaceae family, comprises approximately 200 herbaceous and shrubby species found across the Mediterranean, Asia, and North America (Hamidpour et al., 2014). In Iran, the savory genus encompasses 14 species, with eight native to the region (Askari et al., 2021). These plants possess aromatic properties and hold significant economic value, serving various purposes such as culinary use, seasoning, perfumery, and cosmetics production (Timperio et al., 2008). Moreover, savory species, particularly summer savory or *Satureja hortensis*, possess medicinal properties, with their essential oils containing biologically active compounds like carvacrol and thymol, which play pivotal roles in their therapeutic effects (Hadian et al., 2010). Notably, the high carvacrol content in savory essential oil contributes to its diverse biological activities, like anti-microbial, antioxidant, anti-lipid, anti-spasmodic, analgesic, anti-inflammatory, anti-proliferative, sedative, and reproductive stimulant properties (Adorjan and Buchbauer, 2010).

Nanotechnology has become a groundbreaking innovation in agriculture. Recent research has demonstrated significant progress in applying nanomaterials to enhance plant resilience under environmental stressors. For salinity stress specifically, Mohammadi et al. (2024) reported that titanium dioxide nanoparticles (Nano TiO_2) combined with zeolite significantly improved morpho-physiological parameters, essential oil yield, and quality in peppermint (*Mentha piperita*) under saline conditions by enhancing potassium uptake and reducing oxidative damage (Mohammadi et al., 2024). Adding to this body of evidence, Talebi et al. (2022) found that ZnO and Fe_2O_3 nanoparticles altered the genetic structure, glandular trichome density, and essential oil composition of lavender (*Lavandula angustifolia*) under salt stress, demonstrating the potential of nanomaterials to modulate plant responses at both physiological and genetic levels (Talebi et al., 2022). These recent findings highlight the growing

potential of nanomaterials as effective tools for enhancing crop resilience and productivity under increasingly challenging environmental conditions. The present work goal and nobility were to investigate the influence of VA and its CMC-based NCs on salinity tolerance in summer savory, with the novel approach of comparing conventional and nano-formulated VA applications to address the significant research gap in nano-enabled phyto-protection strategies.

Materials and Methods

Synthesis and characterization of VANCs

To synthesize VA-based NCs, a 10 mL ethanol solution containing 20 mg of VA (2 mg/mL) was prepared and treated for 10 min in an ultrasonic bath at room temperature. Concurrently, CMC (4 mg) was gradually dissolved in distilled water (10 mL), creating a 0.4 mg/mL solution. This CMC solution was then heated using an ultrasonic bath with a temperature of 90°C for 20 minutes. Afterward, the organic phase (VA in ethanol) was carefully introduced into the aqueous CMC solution while maintaining a temperature of 65 °C in the ultrasonic bath. A magnetic stirrer was used to stir the mixture at 50 °C for 12 min, followed by an additional 20 min treatment in the ultrasonic bath (60 °C). This was followed by centrifugation (6,000 rpm, 10 min), with the supernatants being transferred to a Petri dish for drying. The produced VANCs were characterized through various techniques to determine their size, structure, and composition (Nigam Joshi et al., 2015). The nanocomposite characterization was performed using DLS, SEM, TGA and FT-IR techniques.

The plant materials, treatments, and morphological parameters

VA and CMC were sourced from Sigma-Aldrich in Darmstadt, Germany. Seeds of *S. hortensis* (summer savory) were sourced from Pakan Bazr, Isfahan, Iran. Irrigation was performed using the Hoagland solution.

Once germination was complete, healthy seedlings of summer savory, with root lengths between 15 and 20 mm, were transplanted into perlite and coco peat (1:3) mix-filled plastic pots. The pots were kept in controlled conditions, 25 ± 4 °C, 5,000 lux light intensity, and 16 h light/ 8 h eight darkness. The seedlings were watered every two days with a ½-strength Hoagland solution for 40 days (six-leaf stage). Following this period, the seedlings were treated for 20 days with vanillic acid (VA) and vanillic acid nanocomposites (VANCs) at a concentration of 0.01 mg/mL, alongside four NaCl concentrations (0, 50, 100, and 150 mM) mixed into the Hoagland solution, not foliar spray. The treatments were applied every other day, and distilled water was added weekly until drainage occurred to prevent salt and chemical buildup. A preliminary test was conducted to determine the ideal concentration of VA and VANCs, and 1 mg/mL was selected based on its optimal induction effects. This process was a 4 × 3 factorial (four NaCl levels × three VA treatments) with six replicate plants per treatment, arranged in a completely randomized design.

Essential oil analyses

Essential oils (EO) were extracted from 100 g of dried fennel aerial parts using hydro-distillation for four hours with a Clevenger-type apparatus. Afterward, EOs were dried using anhydrous sodium sulfate and dissolved in 1 mL of n-hexane for GC-MS analysis.

The primary GC-MS analysis was performed using an Agilent 7890B GC system equipped with a methyl silicon HP-5 MS column (30 m x 0.25 mm i.d., 0.25 µm film thickness) connected to an Agilent 5977A MS detector. Helium was the carrier gas, flowing at 0.8 mL/min with a 1:100 split ratio. With a four °C/min heating rate, the initial 50°C temperature of the oven was increased to 320°C and maintained for 10 min.

A second analysis was conducted on the Agilent 7890B system for compound quantification using a flame ionization detector (FID) at 320°C. Compound identification was done by comparing Kovats indices and mass spectra with reference libraries.

The compounds' relative quantities (%) were determined from FID chromatograms, and retention times were compared with reference standards.

Statistical Analysis

The experiment followed a factorial design with 12 treatment groups and six replicates arranged in a randomized array. Data were analyzed using two-way ANOVA in SAS version 9.3, with a significance threshold of $P < 0.05$. Means (± SD) were compared by applying Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$). Metabolomic analysis, including VIP score plots, principal component analysis (PCA), and heat maps, was conducted

Results

Synthesis and Characterization of VANCs

The Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) spectra of VANCs showed characteristic peaks at 3485.74 cm^{-1} (–OH stretching vibration), 2651.66 cm^{-1} (C−H absorption) and 1685.93 cm^{-1} (C=C absorption). When comparing the distinctive peaks of VA with those of VANCs, we noticed significant shifts in specific spectra. For instance, VA exhibited characteristic peaks at 2652.45 (C−H absorption) and 1682.30 (C=C absorption), lower and higher than their corresponding peaks in the FTIR spectra for VANCs. (Fig. 1). Fig. 2A depicts the particle size distribution achieved for VANCs through dynamic light scattering (DLS) analysis. The average size for the majority of NCs measures 30.2 ± 5.1 nm. To assess the thermal stability of VANCs, we conducted a thermogravimetric analysis (TGA) test and compared it with the TGA analysis of pure VA. For VA (Fig. 2B), a three-stage degradation process was observed. In the case of VANCs, approximately 2% weight loss at 190 °C (first stage) was observed, attributed to moisture removal (Fig. 2C). Subsequent degradation of VA within the 190 °C to 700 °C range resulted in significant weight loss (about 86%) in the NCs. Approximately 6% of the weight remained in the VANCs, indicating their potentially volatile nature. A comparison of the thermal degradation of VA and VANCs is presented (Fig. 2D). The SEM images revealed that VANC particles exhibited irregular polyhedral shapes (Fig. 2E).

Essential Oil Composition

GC-MS conducted essential oil analysis with a yield of 6-7% (V/W). The GC-MS analysis revealed that the essential oil of summer savory consisted of 20 different constituents from the monoterpene or sesquiterpene class. Table 1 lists the identified compounds along with their abundance. In the control untreated group, thymol was the most abundant compound (36.46%), followed by carvacrol (21.49%), gamma-terpinene (9.20%), alpha-terpinene (4.48%) and cymene (3.37%). Increasing concentrations of NaCl initially resulted in increased levels of thymol and carvacrol. However, maximal salinity (150 mM) was accompanied by reduced levels of thymol (32.12%) and carvacrol (18.38%) compared to the baseline control levels. A similar trend in the levels of other vital compounds was also observed. As summarized in Table 1, in each category of salt stress, treatment with VA and VANCs led to an increase in the levels of these compounds, with VANC conferring a higher growth rate.

Metabolomic Approach to Analysis of Volatile Compounds

PCA analysis of volatile constituents from the statistical groups indicated similarities and discrepancies between different groups (Fig. 3). A score plot of all detected volatile metabolites suggested partial separation of other groups. It is clear that the treated group with salt (red group) is far from the control group (NO salt) (blue). This means that salt is affected the plant. VA (black points) and VANC (green points) are in different groups. This means that the properties of VA and VANC are different. The loading plot shows that some metabolites are essential in the partial separation of these groups. In the score plot from PCA and loading plot from PCA, PC1, with 89.43% of total variation, apparently divided all sample groups into control/salinity groups with salinity accompanied by VA and VANCs groups. It confirms that plant treatments with VA and VANCs affect the Savory plants' tolerance against salinity. On the other hand, PC2, with 8.82% variation, separated VANCs treatment groups from VA groups and demonstrated different effects of VA with NCs on the treated plants. However, poor separation was observed using PCA.

The VIP score plot identifies the key metabolites associated with the salinity tolerance of *S. hortensis* under different treatments. The plot reveals that thymol had the highest VIP score, indicating it is the most important metabolite for salinity tolerance across all treatments. Other metabolites with high VIP scores (>1) include β-myrcene, α-terpineol, α-pinene, e-terpineol, α-phellandrene, and δ-terpineol. These results suggest that the enhanced production of these terpenoid compounds, particularly γ-terpinene, played a crucial role in the increased salinity tolerance observed in the treated savory plants. Understanding the significance of these key metabolites can provide valuable insights into the physiological and biochemical mechanisms underlying the plant's adaptive response to salinity stress.It can be concluded that these volatile compounds play a central role in plant tolerance against salinity.

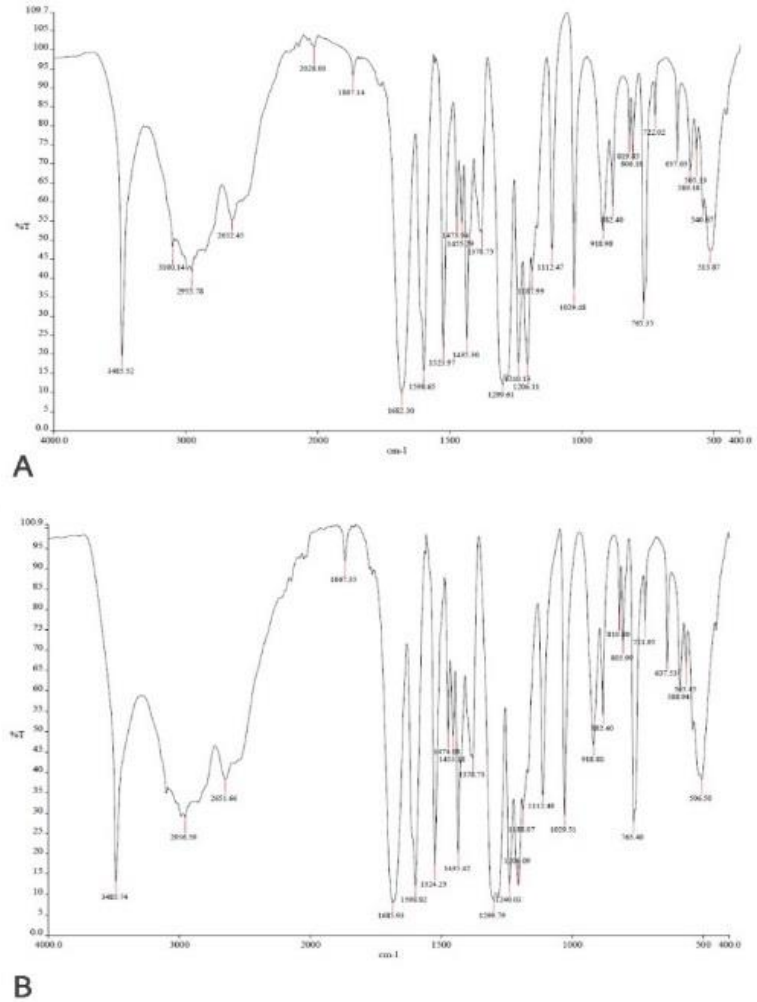


Fig. 1. FTIR spectrum: Vanillic acid (A) and VA−based nanocomposites (B).

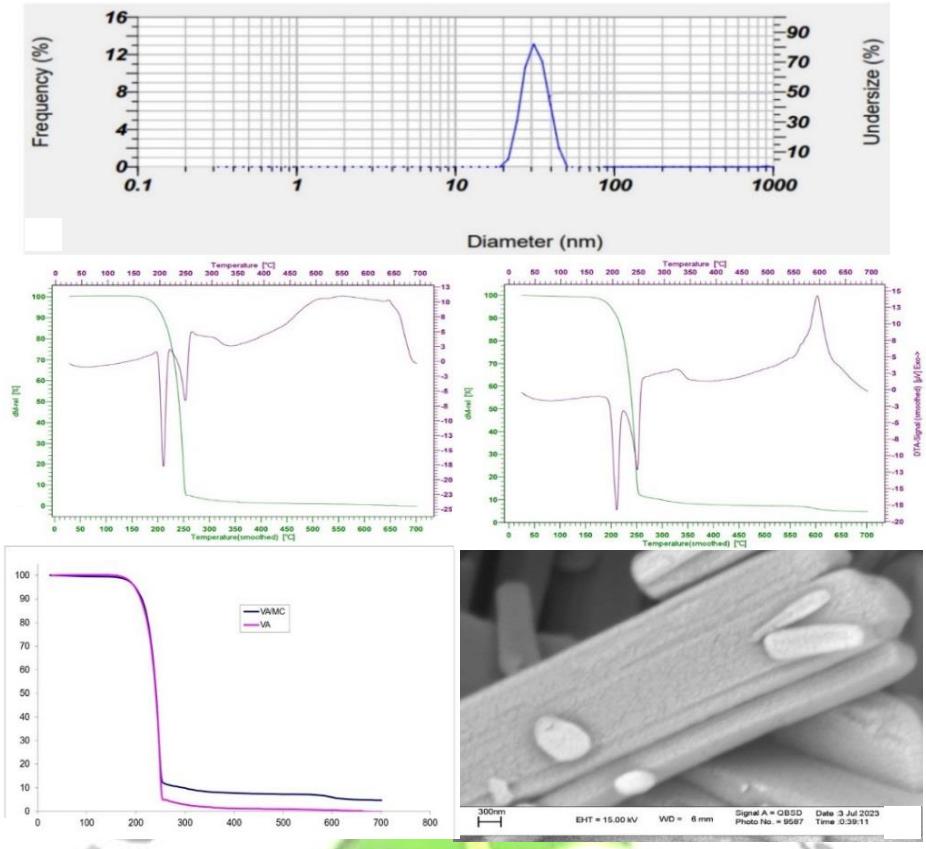


Fig. 2. DLS size distribution histogram of vanillic acid-based nanocomposites (VANCs, A). TGA curves for vanillic acid (VA, B) and VANCs (C), along with a comparison of thermal degradation of VA and VANCs (D). SEM image of VANCs (E)

Table1: Chemical composition of the essential oil of under treatments of salinity, VA and VANCs

	Compound	GC-MS Parameters			Compound Quantity (%)											
					Salt Stress											
		Molecular ion peak (m/z)	Retention time range (Min)	Retention index	0 mM			50 mM			100 mM			150 mM		
					Ctrl	VA	VANC	Ctrl	VA	VANC	Ctrl	VA	VANC	Ctrl	VA	VANC
1	Thymol	150.0	17.66	1280	36.46	39.49	41.29	42.38	43.40	45.68	44.73	46.11	48.31	32.12	35.56	37.57
2	Carvacrol	150.0	15.20	1290	21.49	22.16	23.75	23.56	25.71	26.76	27.92	28.83	29.22	18.38	20.00	21.13
3	γ-terpinene	136.2	7.63-7.64	1060	9.20	11.39	11.40	8.35	8.99	9.71	6.95	7.65	8.46	6.07	6.33	7.12
4	α-Terpinene	136.0	8.83	1010	4.48	4.96	6.18	4.49	5.04	6.14	3.25	3.56	3.91	2.97	3.38	3.57
5	Cymene	135.1	6.98	1024	3.37	3.83	4.98	5.29	5.53	6.72	2.16	3.11	2.83	2.46	2.97	3.16
6	α-thujone	152.1	8.31	1102	2.97	3.62	3.65	2.54	3.04	3.05	1.12	2.50	1.20	2.58	4.17	2.17
7	α-Phellandrene	136.2	6.58-6.59	1002	2.78	3.14	3.79	2.53	3.42	3.71	1.18	2.56	2.10	2.56	4.02	3.84
8	α-Pinene	136.1	5.27	938	2.05	2.16	2.45	1.91	1.98	2.09	1.65	1.69	1.86	2.53	1.56	1.55
9	Sabinene	136.1	6.00	974	1.74	1.81	1.91	1.64	1.66	1.75	1.66	1.67	1.68	1.64	1.65	1.65
10	Spathulenol	115	22.59	1573	1.73	1.82	1.89	1.67	1.69	1.81	1.69	1.71	1.73	1.68	1.69	1.70
11	β-Myrecene	136.1	6.31	990	1.71	1.77	1.89	1.77	1.83	2.01	1.53	1.63	1.71	1.48	1.51	1.57
12	Bisabolene	107	21.81	1490	1.67	1.71	1.86	1.75	1.84	1.97	1.43	1.54	1.62	1.39	1.44	1.51
13	Aromadendrene	126	24.08	1595	1.59	1.63	1.72	1.69	1.78	1.91	1.45	1.51	1.64	1.37	1.48	1.55
14	α-Humulene	110	22.22	1455	1.47	1.53	1.59	1.58	1.64	1.73	1.41	1.52	1.60	1.29	1.37	1.43
15	Borneol	40	13.19	1165	1.36	1.42	1.48	1.46	1.53	1.61	1.36	1.42	1.49	1.26	1.32	1.40
16	Caryophyllene oxide	88	19.40	1585	1.29	1.34	1.41	1.37	1.44	1.53	1.30	1.36	1.44	1.25	1.32	1.39
17	Terpinen-4-ol	42	13.52	1170	1.23	1.27	1.31	1.28	1.33	1.39	1.25	1.31	1.38	1.21	1.27	1.34
18	cis-Sabinene hydrate	28	11.39	1097	1.15	1.19	1.23	1.21	1.21	1.29	1.22	1.27	1.31	1.19	1.22	1.25
19	α-Terpieol	47	14.50	1185	1.06	1.09	1.13	1.10	1.12	1.19	1.17	1.21	1.26	1.13	1.17	1.20
20	Trans -ocimene	118	22.99	1060	0.98	1.01	1.04	1.02	1.05	1.09	1.06	1.10	1.14	1.03	1.09	1.13

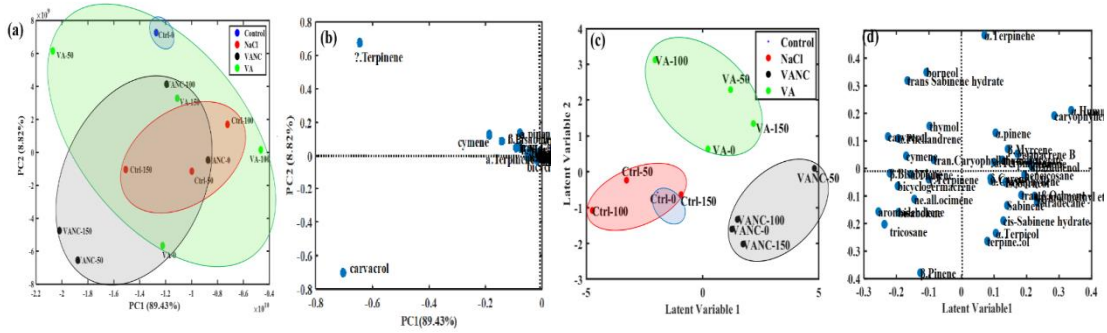


Fig.3. The diagram represents the score plot (a), the loading plot from PCA (b), the score plot (c), and the loading plot (d) from PLS-DA analyses of treated groups of Savory plants. (Ctrl-50, Ctrl-100, and Ctrl-150 correspond to 50, 100, and 150 mM salt stress. VANC-0, VANC-50, VANC-100, and VANC-150 correspond to groups treated with 1.2 mg/mL VANCs under 0, 50, 100, and 150 mM salinity, respectively.

Discussion

As a summary of results, whereas, the amount of thymol was found to be 44.7% in control group, it reached to 46.11 and 48.31 in VA and VANCs treated groups, respectively, under 100 mM of salinity. The thymol got high VIP score as 1.7 among other essential oil constituents. This trend aligns with research showing that salinity stress led to significant changes in essential oil composition, increasing total phenolic compounds and the concentration of key compounds like thymol, carvacrol and γ-terpinene in summer savory (Estaji et al., 2018). This suggests that VANC may help preserve or enhance the bioactive properties of essential oils under stress conditions.

The compositional changes in *S. hortensis* essential oil under stress conditions observed in our study are further corroborated by recent findings where carvacrol was identified as the main constituent in summer savory exposed to cadmium stress, with selenium application influencing the essential oil composition (Azizi and Asadi, 2024). The alterations in thymol and carvacrol profiles under stress conditions are particularly significant given the emerging evidence of thymol's protective role in plant salt tolerance. Recent studies have demonstrated that thymol functions as a biostimulant in various plant species under salt stress, enhancing antioxidative capacity through multiple mechanisms. These protective effects have also been observed in rice, where thymol application reestablished ROS homeostasis and modulated cellular Na+ flux in roots exposed to salt stress . The observed maintenance of thymol levels in our VANC-treated plants under moderate salinity therefore suggests that these treatments may enhance *S. hortensis* salt tolerance through similar protective mechanisms.

Conclusion

It was concluded the VANC can be regarded as potent supplements to combat salt stress damages in different plant like salivary. It can be ameliorate the salt stress side effects by promoting some plant secondary metabolites such as thymol that diminish oxidative stress in the plant.

References

Adorjan, B. and Buchbauer, G. (2010). Biological properties of essential oils: An updated review. F*lavour and Fragrance Journal*, 25, 407-426.

Askari, S.F., Avan, R., Tayarani-Najaran, Z., Sahebkar, A. and Eghbali, S. (2021). Iranian Salvia species: A phytochemical and pharmacological update. *Phytochemistry*, 183, 112619-112619.

Azizi, I. and Asadi, M. (2024). Effects of selenium on structure of the essential oil isolated from Satureja hortensis L. (Lamiaceae) under the cadmium stress. *International Journal of Secondary Metabolite*, 11, 134-143.

Boudechicha, A., Aouf, A., Ali, H., Alsulami, T., Badr, A.N., Ban, Z. and Farouk, A. (2024). Effect of Microfluidization on the Volatiles and Antibacterial, Antifungal, and Cytotoxic Activities of Algerian Satureja hortensis L.

Estaji, A., Roosta, H.R., Rezaei, S.A., Hosseini, S.S. and Niknam, F. (2018). Morphological, physiological and phytochemical response of different Satureja hortensis L. accessions to salinity in a greenhouse experiment. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 10, 25-33.

Hamidpour, R., Hamidpour, S., Hamidpour, M., Shahlari, M. and Sohraby, M. (2014). Summer savory: From the selection of traditional applications to the novel effect in relief, prevention, and treatment of a number of serious illnesses such as diabetes, cardiovascular disease, Alzheimer's disease, and cancer. Journal of Traditional and Complementary Medicine 4, 140-144.

Mohammadi, H., Parviz, L., Beyrami, A., Anosheh-Bonab, F. and Ghorbanpour, M., (2024). Exposure to TiO_2 nanoparticles (NPs) and zeolite stimulates growth, physiology, and phytochemical characteristics and elevates Mentha piperita L. tolerance to salinity stress. *Industrial Crops and Products*, 211, 118228.

Talebi, S.M., Askary, M., Amiri, R., Sangi, M.R. and Matsyura, A. (2022). Effects of nanoparticles treatments and salinity stress on the genetic structure and physiological characteristics of Lavandula angustifolia Mill. *Brazilian Journal of Biology*, 82, e261571.

Vaou, N., Stavropoulou, E., Voidarou, C., Tsigalou, C. and Bezirtzoglou, E. (2021). Towards Advances in Medicinal Plant Antimicrobial Activity: A Review Study on Challenges and Future Perspectives. *Microorganisms* 9, 2041-2041.

نگرش متابولومیکسی به ترکیبات فرار در گیاه مرزه تابستانی تیمار شده با وانیلیک اسید و نانوکمپوزیت حاوی آن تحت تنش شوری

آذر پروانه[۱]، سید مهدی رضوی[۱*] مریم خوشکام[۲]

۱- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

*نویسنده مسئول: razavi694@gmail.com

چکیده

اسید وانیلیک ترکیب آنتی‌اکسیدان مشتق‌شده از گیاهان می‌باشد که عملکرد آن خنثی‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن در طی تنش‌های محیطی گیاهان می‌باشد. در این تحقیق، به منظور افزایش امکان انتقال وانیلیک اسید به درون گیاه مرزه تابستانی یا *Satureja hortensis*، نانوکامپوزیتی مبتنی بر آن از طریق روش کواسرواسیون سنتز شد. این مطالعه اثربخشی وانیلیک اسید و نانو کمپوزیت حاوی آن در غلظت ۰/۰۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بر روی مرزه تابستانی تحت تیمار غلظت‌های مختلف نمک ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار بر روی کیفیت اسانس این گیاه مورد ارزیابی قرار داد. تجزیه اسانس با دستگاه جی سی مس انجام شد و نرم‌افزار متابوآنالیست جهت انجام آنالیز چند متغیره مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه و تحلیل ترکیب اسانس در گروه‌های مختلف تیمار نشان داد که نانوکمپوزیت حاوی وانیلیک اسید با حفظ یا افزایش غلظت ترکیبات زیست فعال در تعدیل آسیب‌های ایجاد شده در شرایط تنش شوری در گیاه مرزه تابستانی مؤثر بودند. نتایج نشان داد که ترکیب تیمول به عنوان موثرترین ترکیب از اجزای اسانس مرزه تابستانی در تعدیل شرایط تنش بوده و میزان این ترکیب تحت تاثیر هم وانیلیک اسید و هم نانوکمپوزیت حاوی آن افزایش می‌یابد. در شرایطی که میزان تیمول در گروه شاهد در حد ۴۴/۷ درصد بود، این میزان به ۴۶/۱۱ و ۴۸/۳۱ درصد به ترتیب در گروه‌های تیمار وانیلیک اسید و نانوکمپوزیت در تیمار شوری ۱۰۰ میلی‌مولار نمک رسید. شاخص اهمیت تیمول نیز ۱/۷ براورد شد که بیشترین میزان در بین ترکیبات اسانس بود. با این حال نانوکمپوزیت افزایش موثر تری نسبت به خود وانیلیک اسید ایجاد می‌کند. این یافته‌ها تاییدی بر این واقعیت است که نانوکامپوزیت‌ها می‌توانند به عنوان یک رویکرد سازگار با محیط زیست برای بهبود تحمل به شوری محصول و کیفیت اسانس در گیاهان عمل کنند. نانوکمپوزیت‌ها پیامدهای قابل توجهی برای کشاورزی پایدار دارند و رویکردی نوآورانه برای افزایش مقاومت محصول در خاک‌های تحت تأثیر نمک به وجود آورده‌اند.

واژه‌های کلیدی: اسانس، نانوکمپوزیت، مرزه تابستانی، شوری، وانیلیک اسید.

مروری بر مهمترین قارچ‌های بیمارگر گیاهان دارویی و معطر

سعیده دهقانپور فراشاه*
گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
*نویسنده مسئول: sdfarashah@pnu.ac.ir

چکیده

کاربرد گیاهان دارویی و معطر در بخش‌های غذایی و صنعتی گسترش یافته است و تولید سالم و محافظت از آن‌ها در برابر آفات و عوامل بیماری‌زا از اهمیت بالایی برخوردار است. بیماری‌های قارچی به‌طور قابل‌توجهی عملکرد و کیفیت این گیاهان را کاهش می‌دهند. بیماری‌های مختلف هوازاد نظیر سفیدک پودری، زنگ، زنگ سفید و لکه برگی‌ها و خاک‌زاد شامل پوسیدگی‌های ریشه و ساقه از گیاهان دارویی گزارش شده است. در آینده، با توجه به مشکلات داروهای شیمیایی، ممکن است از گیاهان دارویی بیش از زمان حال استفاده شود. بنابراین، شناسایی عوامل بیماری‌زا و اجرای روش‌های مدیریت تلفیقی، ازجمله شیوه‌های زراعی، کنترل بیولوژیکی و کنترل شیمیایی صحیح، ضروری است تا از اثرات نامطلوب آنها بر انسان و طبیعت جلوگیری شود. این مطالعه به بررسی قارچ‌های بیماری‌زای مهم گیاهان دارویی در سراسر جهان و ایران و راه‌های کنترل آن‌ها پرداخته است.

واژه‌های کلیدی: آنتراکنوز، بیماری‌های قارچی، پوسیدگی ریشه، سفیدک پودری، لکه‌برگی.

مقدمه

گیاهان دارویی و معطر گیاهانی هستند که کاربردهای زیادی مانند غذا، دارو، لوازم آرایشی و ادویه دارند و از ابتدای تاریخ بشر برای اهداف مشابهی استفاده شده‌اند. همچنین عصاره‌های الکلی و آبی این گیاهان نیز به‌دلیل اثرات ضدمیکروبی علیه آفات و بیماری‌های گیاهی و دامی مختلف استفاده می‌شوند. خسارات ناشی از آفات و بیمارگرهای گیاهی می‌توانند زیست‌توده و محتوای روغن و متابولیت‌های گیاهان دارویی و معطر را تحت‌تاثیر قرار داده و آن‌ها را کاهش دهند. علاوه‌بر تغییر شرایط آب و هوایی، کشت بی‌رویه و بدون برنامه‌ریزی در مقیاس بزرگ گیاهان دارویی و معطر برای برآوردن تقاضای روزافزون صنایع داروسازی منجربه افزایش شیوع و شدت بیماری‌ها روی گیاهان شده است. تلفات ناشی از بیماری‌های گیاهی نه تنها عملکرد متابولیت‌های ثانویه گیاهی را کاهش می‌دهد بلکه باعث کاهش کیفیت مواد اولیه نیز می‌شود (Avan, 2021, Ayvar-Serna et al., 2020, Gatak et al., 2020, Gurudevan et al., 2022, Khan and Javaid, 2023, Venegas-Portilla et al., 2020). در این بررسی خلاصه‌ای از بیماری‌های مهم قارچی گزارش شده توسط پژوهشگران مختلف در سرتاسر دنیا و ایران آورده شده است.

بیماری‌های مهم قارچی گیاهان دارویی

گیاهان دارویی مانند سایر گیاهان بیماری‌های خاصی دارند .بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیماری‌های قارچی مختلفی روی گیاهان دارویی ظاهر می‌شوند و بخش‌های هوایی، زیرزمینی، شاخ و برگ این گیاهان را آلوده می‌کنند.

در جدول ۱، بیماری‌های مهم قارچی گزارش شده از سراسر دنیا و علائم آن‌ها روی برخی از گیاهان دارویی و معطر ارائه شده است.

جدول ۱. بیمارگرهای مهم قارچی گزارش شده از روی گیاهان دارویی و معطر سراسر دنیا و علائم آن‌ها

بیماری	گیاه	بیمارگر	علائم	روش‌های کنترل بیماری
زنگ	*Aloe vera*	*Phakopsora pachyrhizi*, *Uromyces aloes*	ایجاد جوش‌های زرد مایل به قرمز در بخش‌های سبز گیاه	Zineb, Propiconazole, Carbendazim, Sulfur/Copper oxychloride, Mancozeb, *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum*
	Asparagus spp.	*Puccinia asparagi*		
	Origanum vulgare	*P. menthae*		
	Cymbopogon citratus	*P. nakanishikii*		
	Mentha spp.	*P. menthae*		
	Pelargonium spp.	*P. pelargonii-zonalis*		
	Pimpinella anisum	*P. pimpinellae*		
	Lawsonia inermis	*P. nakanishikii*		
	Rosa spp.	*Caeoma* spp.		
	Dianthus caryophyllus	*U. dianthi*		
سفیدک داخلی	*Coffea arabica*	*Hemileia vastatrix*	ایجاد زخم‌های نکروتیک زرد تا قهوه‌ای روشن، چین‌خوردگی‌ها و پیچ‌خوردگی‌ها روی برگ‌ها	Copper oxychloride, Mancozeb, Maneb, Zineb, Metalaxyl Copper oxychloride, Metalaxyl, Acibenzolar-s-methyl, Mandipropamid, *Streptomyces lydicus*
	Humulus lupulus	*Pseudoperonospora humuli*		
	Coleus forskohlii	*Peronospora belbahrii*, *P. lamii*		
	Ocimum sanctum	*P. belbahrii*		
	O. basilicum	*P. belbahrii*		
	Plantago ovata	*P. plantaginis*		
	Papaver somniferum	*Peronospora* spp.		
	Rosa spp.	*P. sparsa*		
	Rosmarinus officinalis	*P. lamii*		
	Salvia officinalis	*P. lamii*		
سفیدک پودری	*R. damascena*	*Podosphaera pannosa*	ایجاد لکه‌های کلروتیک و سفید به شکل پودر روی سطح برگ و بروز پیچیدگی برگ و ساقه	Carbendazim, Mandipropamid, sulfur, Dinocap, Eucalyptus leaf extract
	H. lupulus	*P. macularis*		
	S. officinalis	*Golovinomyces neosalviae*		
	Mentha spp.	*Erysiphe cichoracearum*		
	C. citratus	*E. graminis*		
	Rosa spp.	*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*		
	R. officinalis	*Leveillula* spp.		
		P. fuliginea		
		G. biocellatus		
		P. fuliginea		
	Matricaria chamomilla	*P. fusca*		
		E. cichoracearum		
لکه‌برگی آلترناریایی	*A. vera*	*Alternaria alternata*	بروز زخم‌های قهوه‌ای، نکروزه و نامنظم و هاله‌های کلروتیک اطراف آن‌ها روی برگ‌ها	Mancozeb, Bordeaux mixture, Propiconazole, *T. viride*
	Withania somnifera	*A. brassicae*		
	Mentha spp.	*A. alternata*, *A. tenuis*		
	Pelargonium spp.	*A. alternata*		
	S. officinalis	*A. alternata*		
	O. basilicum	*A. alternata*		
	Hyoscyamus spp.	*A. carthami*		
	Carthamus tintorius	*A. alternata*		
	P. somniferum	*A. alternata*		
	D. caryophyllus	*A. dianthi*		
	O. vulgare	*A. alternata*		
	O. sanctum	*Cercospora ocimicola*		
لکه‌برگی سرکوسپورایی	*Rauwolfia serpentina*	*C. rauvolfiae*, *C. serpitinae*	ایجاد لکه‌های پراکنده نکروتیک با لبه‌های قهوه‌ای تیره روی برگ‌ها	Carbendazim, Chlorothalonil, Iprodione, Maneb, Mancozeb, Eucalyptus leaf extract
	Coffea arabica	*Cercospora* sp.		
	Emblica officinalis	*Cercospora* sp.		
	Sesamum indicum	*C. sesami*		
	P. anisum	*C. malkoffii*		
	Piper longum	*Cercospora* sp.		

ادامه جدول ۱

بیماری	گیاه	بیمارگر	علائم	روش‌های کنترل بیماری
لکه‌برگی کورینوسپورایی	*C. forskohlii* *R. serpentina* *M. arvensis* *O. basilicum*	*Corynespora cassiicola* *C. cassiicola* *C. cassiicola* *C. cassiicola*	بروز لکه‌های نکروتیک قهوه‌ای مایل به زرد به شکل هاله کلروتیک روی برگ‌ها	Mancozeb, *Pseudomonas* sp.
لکه‌برگی کورووولاریایی	*C. citratus* *C. flexuosus* *C. citratus* *C. nardus* *Vetiveria zizanioides* *Theobroma cacao*	*Curvularia andropogonis* *C. andropogonis* *Curvularia trifolii* *C. andropogonis* *C. trifolii* *C. lunata*	ایجاد زخم‌های نکروتیک کوچک بیضی شکل و کشیده قهوه‌ای تیره روی برگ‌ها	Mancozeb, Bordeaux mixture
لکه‌برگی دیپلوکارپونی	*R. serpentina*	*Diplocarpon rosae*	ایجاد لکه‌های قهوه‌ای تا سیاه با حاشیه‌های بنفش تیره در سطح بالایی برگ‌ها	Trifloxystrobin+Tebuconazole
لکه‌برگی ماکروفومینایی	*R. chinensis* *R. damascena* *Chlorophytum borivilianum* *R. serpentina* *Coleus forskohlii* *Asparagus* spp. *O. vulgare*	*Macrophomina phaseolina* *M .phaseolina* *M. phaseolina* *M. phaseolina* *M. phaseolina* *Stemphylium vesicarium* *S. botryosum*	بروز زخم‌های کوچک آبسوخته با حاشیه قهوه‌ای تیره روی برگ‌ها	*T. viride* + *P. fluorescens*
لکه‌برگی استمفیلیومی	*O. vulgare*	*Ph. multirostrata var. macrospora*	ایجاد لکه‌های قهوه‌ای روشن و بیضی‌شکل بزرگی روی ساقه و شاخه‌ها، اتصال ضایعات روی ساقه‌ها به‌هم و آلودگی نواحی بزرگی از بافت گیاه	Carbendazim, Chlorothalonil, Iprodione, Maneb, Mancozeb, Propiconazole
لکه‌برگی میروتسیومی	*Withania somnifera*	*Myrothecium roridum*	لکه‌های کوچک، زرد کمرنگ و قهوه‌ای رنگ که به آب آغشته شده‌اند، روی برگ‌ها ظاهر می‌شوند.	Mancozeb, Copper oxychloride
بلایت-اسکلروتینیایی	*Mentha spp.* *M. arvensis*	*Sclerotinia sclerotiorum* *S. sclerotiorum*	بروز اولین علائم به‌صورت نکروز ساقه، تیره شدن و پژمردگی برگ‌ها و سپس پوسیدگی نرم پنبه‌ای.	Tebuconazole, *T. harzianum*, *Gliocladium virens*
بلایت‌برگی ریزوکتونیایی	*C. forskohlii* *R. serpentina* *R. officinalis* *Ch. borivilianum* *Adhatoda vasica*	*Rhizoctonia solani* *R. solani* *R. solani* *R. solani*	ایجاد لکه‌های نامنظم آبسوخته و گسترش از لبه برگ به سمت داخل	Carbendazim, Mancozeb, *Trichoderma*+ Organic fertilizer
بلایت‌برگی بوتریتیسی	*Pelargonium* spp. *R. chinensis* *R. damascena* *D. caryophyllus*	*Botrytis cinerea* *B. cinerea* *B. cinerea* *B. cinerea*	بروز زخم‌های حلقه‌ای متحدالمرکز روی برگ‌ها، پژمردگی و خشک‌شدن گل‌ها	Mancozeb, Zineb

ادامه جدول ۱

بیماری	گیاه	بیمارگر	علائم	روش‌های کنترل بیماری
آنتراکنوز	*A. vera*	*Colletotrichum gloeosporioides*	بروز لکه‌های کوچک نکروتیک روی برگ‌ها، ساقه‌ها و میوه‌ها	Mancozeb, Carbendazim, Bordeaux mixture, Hexaconazole, Propiconazole, Thiophanate methyl
	Ch. borivilianum	*C. dematium, C. capsici*		
	C. citratus	*C. dematium, C. capsici*		
	R. serpentina	*Colletotrichum gloeosporioides*		
	E. officinalis	*C .gloeosporioides*		
	S. officinalis	*C. dematium*		
	O. vulgare	*C. tropicale*		
	R. serpentina	*C. dematium*		
	O. sanctum	*C. gleosporioides, C. capsica*		
	W. somnifera	*Colletotrichum gloeosporioides, C. dematium*		
پوسیدگی طوقه	*Pelargonium* spp.	*C. gloeosporoides*	کلروز در برگ‌های پایینی و زخم‌های کوچک قهوه‌ای نکروزه در ناحیه یقه گیاه	Mancozeb, Carbendazim, *Trichoderma* sp.
	O. vulgare	*C. fuscum*		
	C. citratus	*Fusarium moniliforme*		
	Mentha spp.	*Sclerotium rolfsii*		
	S. officinalis	*Phytophthora cryptogea*		
	R. chinensis	*Phytophthora* sp.		
		Rhizoctonia sp.		
پوسیدگی میوه	*R. serpentina*	*Rhizopus stolonifer*	پوسیدگی‌های مرطوب روی میوه	Mancozeb, Copper oxychloride
	E. officinalis	*Phomopsis phyllanthi*		
پوسیدگی استولون	*Mentha* spp.	*M. phaseoli, R. solani, R. bataticola, Thielavia basicola*	بروز پژمردگی در استولون‌ها	Mancozeb, Carbendazim, Captan, *T. harzianum, Gliocladium virens, T. viride, P. fluorescens, B. subtilis*
پوسیدگی ریشه	*A. vera*	*F. oxysporum, Phytophthora* spp., *Pythium* spp.	پژمردگی گیاهان، زرد شدن و ریزش برگ‌ها و رشد میسلیوم‌های سفید پنبه‌ای شکل در ناحیه یقه گیاه	Mancozeb, Carbendazim, Copper oxychloride, *T. harzianum, T. viride, P. fluorescens, B. subtilis*
	Asparagus spp.	*F. oxysporum* f.sp. *asparagi, F. proliferatum, F. moniliforme, F. solani, F. redolens, Phytophthora asparagi, Ph. megasperma*		
	Lavandula angustifolia	*F. solani*		
	Cucumis sativus	*F. oxysporum* f.sp. *cucumerinum*		

در جدول ۲، بیماری‌های مهم قارچی گزارش شده از گیاهان دارویی و معطر ایران آورده شده است.

جدول ۲. بیماری‌های مهم قارچی گزارش شده از گیاهان دارویی و معطر ایران

بیماری	گیاه	بیمارگر
زنگ	*Thymus serpllum*	*P. menthae, P. serhylli*
	A. millefolium	*P. achilpeae*
	A. capillus veneris	*P. graminis*
	M. piperita	*P. menthea*
	M. pulegium	*P. menthea*
	A. officinalis	*P. malvacearum*
	A. dracunculus	*P. absinthi*
	R. tinctorum	*P. dracunculine*
	G. globra	*U. glycyrrhizae*
زنگ سفید	*Capsella bursa-pastoris*	*Albugo candidates*
	D. sophia	*A. candidates*
سیاهک آشکار	*A. capillus veneris*	*Ustilago nuda*
سفیدک داخلی	*Spinacia oleracea*	*P. farinose*
	P. major	*P. alta*
	Satureia hortensis	*P. lamii*

ادامه جدول ۲

بیماری	گیاه	بیمارگر
سفیدک پودری	*P. major*	*E. sordido*
	P. psyllium	*E. sordido*
	Adiantum capillus veneris	*E. graminis*
	Solanum dulcamara	*E. bicellata*
	Artemisia dracunculus	*E. artemisiae*
	Descurainia Sophia	*E. communis*
	Hypericum perforatum	*E. hypericin*
	Borago officinalis	*E. asperifoliarum*
	Cucurbita pepo var. sterica	*E. cichoracearum, S. fuliginea*
	H. perforatum	*E. hypericin, L. guttiferarum*
	H. perforatum	*L. guttiferarum*
	Althaea officinalis	*L.malvacearum*
	Malva silvestris	*L.malvacearum*
	Achillea millefolium	*L. compositarum*
	Anethum graveolens	*L. umbelliferarum*
	Coriandrum sativum	*L. umbelliferarum*
	Coriandrum sativum	*L. taurica*
	Glycyrrhiza globra	*L. leguminosarum*
	Aniethum graveolens	*S. fuliginea*
لکه‌برگی سرکوسپورایی	*A. officinalis*	*C. althaeina*
	R. communis	*C. ricinella*
لکه‌برگی سپتوریایی	*Rubia tinctorum*	*Septoria rubiae*
	Rheum ribes	*S. rechingeri*
	D. sophia	*S. sisymbrii*
پوسیدگی ریشه	*Ricinus communis*	*Ph. Nicotianae, Verticillium* sp., *R. solani*
	Melissa officinalis	*F. solani, R. solani*
	M. pulegium	*Verticillium* sp.
	M. piperita	*Verticillium sp., F. redolens, F. brachygibbosum, F. proliferatum, F. tricinctum, F. compactum, F. equiseti*
	Cuminum cyminuml	*F. oxysporum*
	A. millefolium	*R. solani*
	A. wilhelmsii	*F. solani, F. oxysporum, F. nygamai*
	R. officinalis	*F. oxysporum, F. solani, Verticillium* sp., *R. solani*
	Ziziphora tenuior	*F. solani, F. proliferatum, F. tricinctum*
	Z. cliniopodiodes	*F. solani, F. proliferatum*
	L. angustifolia	*F. oxysporum, F. solani, Verticillium* sp., *R. solani*
	Thymus carmanicus	*F. solani, F. tricinctum*
	A. officinalis	*R. solani*
	M. silvestris	*R. solani*
	Teucrium polium	*F. solani, F. proliferatum, F. tricinctum*
	S. officinalis	*F. solani*
	B. officinalis	*F. oxysporum, F. solani, R. solani*
	Aractium lappal	*F. oxysporum, F. solani, V., V. albo- atrum, R. solani*

نتایج و بحث

کشت گیاهان دارویی و معطر در سال‌های اخیر به‌دلیل تقاضای زیاد جهانی برای داروهای گیاهی و ترکیبات معطر، به طور قابل‌توجهی افزایش یافته است. این گیاهان تحت تأثیر بیماری‌های مختلفی قرار می‌گیرند که در این میان، بیماری‌های قارچی از اهمیت بالایی برخوردارند . این بیماری‌ها ناشی‌از عوامل هوازاد نظیر سفیدک پودری، زنگ و زنگ سفید و بیماری‌های خاک‌زاد شامل پوسیدگی‌های ریشه و ساقه حاصل از گونه‌های مختلف فوزاریوم، ورتیسیلیوم و ریزوکتونیا هستند. شناسایی و کاربرد روش‌های مدیریتی مناسب عوامل بیمارگر موجب بالا رفتن عملکرد کمی و کیفی این گیاهان می‌شود و کیفیت متابولیت‌های ثانویه گیاهی را افزایش می‌دهد. کنترل بیماری‌های هوازاد بسیار مهم است زیرا قسمت‌های هوایی این گیاهان برای برخی از اهداف دارویی استفاده می‌شوند و هر نوع روش کنترلی

نمی‌تواند توسط محققان ارائه و یا توسط کشاورزان اجرا شود. بنابراین، لازم است که سایر روش‌های کنترل نظیر روش‌های اصلاح‌نژادی و زراعی، مدیریت تلفیقی آفات برای کاهش کنترل‌های شیمیایی و استفاده از قارچ‌کش‌های با باقیمانده کم مورد ارزیابی قرار گیرد (Ghosh and Gupta, 2023, Gurudevan et al., 2022).

منابع

Avan, M. (2021). Important fungal diseases in medicinal and aromatic plants and their control. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, *2*(1), 239-259.

Ayvar-Serna, S., Díaz-Nájera, J. F., Mena-Bahena, A., Ortiz-Montes, B. E., Alvarado-Gómez, O. G., Lima, N. B., & Tovar-Pedraza, J. M. (2020). First report of leaf anthracnose caused by *Colletotrichum tropicale* on Oregano (*Origanum vulgare*) in Mexico. *Plant Disease*, *104*(6), 1855-1855.

Gatak, S. A., Polley, S. K., Ghosh, S. K., & Chakrabarty, N. I. (2020). Biological Control (*In Vitro*) of the pathogen causing leaf blight disease of mint (*Mentha arvensis* L.). *Plant Cell Biotechnol. Mol. Biol*, *21*, 57-67.

Ghosh, P., & Gupta, S. K. (2023). A note on some unreported diseases of medicinal plants in medicinal plants garden of Ramkrishna Mission, Narendrapur (West Bengal). *Acta Entomology and Zoology*, *4*(1), 91-94.

Gurudevan, T., Seethapathy, P., & Narayanan, S. (2022). Major diseases of cultivated Indian Medicinal plants: overview and management strategies. *Medicinal and Aromatic Plants of India Vol. 1*, 291-322.

Khan, I. H., & Javaid, A. (2023). *Macrophomina phaseolina* causing various diseases in different crops. In *Macrophomina Phaseolina* (pp. 21-31). Academic Press.

A review of the most important pathogenic fungi of medicinal and aromatic plants

Saeedeh Dehghanpour Farashah*
Department of Agriculture, Payame Noor University, Thehran, Iran.
*Corresponding Author: sdfarashah@pnu.ac.ir

Abstract

The use of medicinal and aromatic plants has expanded into food and industrial sectors, making their healthy production and protection against pests and pathogens crucial. Fungal diseases significantly reduce the yield and quality of these plants. Various airborne diseases such as powdery mildew, rust, white rust and leaf spots and soil-borne diseases including root and stem rots have been reported from medicinal plants. In future, regarding to problems of chemical medicine, medicinal plants maybe will be used more than now. Thus, identifying pathogens and implementing integrated management strategies, including agronomic practices, biological control, and judicious chemical control, are essential to prevent their adverse effects on humans and nature. This study investigated significant pathogenic fungi affecting medicinal plants worldwide and in Iran and ways to control them.

Keywords: Fungal disease, Leaf spot, Powdery mildew, Root rot.

سهم پژوهشگران ایرانی در حوزه تحقیقات گیاهان دارویی: تحلیل علم‌سنجی بر اساس وب‌آوساینس (۱۹۰۰-۲۰۲۵)

لیلا خلیلی*
دانشیار گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
*نویسنده مسئول: leylakhalili@gmail.com

چکیده

هدف پژوهش حاضر تحلیل علم‌سنجی پژوهش‌های انجام شده پژوهشگران ایرانی در حوزه گیاهان دارویی است. این پژوهش کاربردی و کمی با رویکرد علم‌سنجی انجام شد. جامعه مورد مطالعه مدارک بازیابی شده از پایگاه استنادی وب‌آوساینس در خصوص گیاهان دارویی بود. در پژوهش حاضر از نرم‌افزارهای VOSviewer برای ترسیم شبکه هم‌تالیفی و نرم‌افزار Spss برای جنبه‌های آماری استفاده شد. پژوهشگرانی چون محمود رفعیان کوپایی با ۸۶ مدرک و ۳۹۶۴ استناد؛ جواد شریفی‌راد با ۷۶ مدرک و ۵۳۳۸ استناد، و روجا رحیمی با ۶۹ مدرک و ۳۰۴۸ استناد، مهدی شریفی‌راد با ۳۴۳۹ استناد، سه پژوهشگر کلیدی از نظر تعداد مدارک، استناد و یا هر دو بودند. بیشترین مقالات به ترتیب با مشارکت سه دانشگاه علوم پزشکی (تهران، شهید بهشتی و مشهد) تالیف شده بود. کشورهای امریکا، ایتالیا و هند به ترتیب سه کشور اول در همکاری با پژوهشگران ایرانی حوزه تحقیقات گیاهان دارویی بودند؛ همچنین مقالات تالیف شده با مشارکت کشورهای مذکور بیشترین استناد را داشتند. بر اساس آزمون همبستگی اسپیرمن رابطه مثبت و معنی‌داری بین تعداد مدارک و تعداد استناد دریافتی بر حسب نویسندگان ($r = 0.431$)، موسسات ($r = 0.603$) و کشورها ($r = 0.934$) وجود داشت. به غیر از اصطلاحات محوری این پژوهش (گیاهان دارویی و ایران)، روغن‌های ضروری، آنتی‌اکسیدان، داروی گیاهی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، استرس اکسیداتیو، طب سنتی، آپوپتوز، سمیت سلولی، دیابت و التهاب ۱۰ کلیدواژه پرتکرار بودند.

واژه‌های کلیدی: پژوهشگران ایرانی، تحلیل علم‌سنجی، شبکه هم‌تالیفی، شبکه رخداد واژگان، گیاهان دارویی

مقدمه

از زمان‌های بسیار قدیم، مردم در طبیعت به دنبال داروها می‌گشتند (Stojanoski, 1999) تا برای تسکین درد و درمان بیماری‌های مختلف استفاده نمایند. در طی قرون متوالی تمدن‌های مختلف، خواص درمانی برخی از گیاهان دارویی شناسایی و به نسل‌های بعدی منتقل شده است؛ این روند در دوره‌های بعد تا امروز ادامه دارد. به نحوی که علاقه مداوم و همیشگی مردم به گیاهان دارویی، شیوه مدرن و پیچیده امروزی در فرآوری و استفاده از آنها را به وجود آورده است (Petrovska, 2012). با توجه به این که در دوره‌های قدیم اطلاعات کافی در مورد دلایل بیماری‌ها و اینکه کدام گیاه و چگونه می‌تواند به عنوان درمان استفاده شود، وجود نداشت، لذا همه چیز مبتنی بر تجربه بود. با گذشت زمان، دلایل استفاده از گیاهان دارویی خاص برای درمان برخی بیماری‌ها کشف شد و استفاده از گیاهان دارویی به تدریج چارچوب تجربی را رها کرد و بر حقایق مبتنی شد (Kelly, 2009).

همانگونه که ذکر شد استفاده از گیاهان دارویی از دوران باستان وجود داشت و حتی می‌توان آن را منشأ پزشکی مدرن دانست. ترکیبات با منشأ گیاهی منبع مهمی برای ترکیبات دارویی بوده‌اند و هنوز هم هستند (Salmerón-Manzano, et al., 2020). قدیمی‌ترین شواهد مکتوب از کاربرد گیاهان دارویی برای تهیه دارو، روی یک لوح گلی سومری از ناگپور، با قدمت تقریبی ۵۰۰۰ سال، یافت شده است. این لوح شامل ۱۲ دستور تهیه دارو است که به بیش از ۲۵۰ گیاه مختلف اشاره دارد (Kelly, 2009). کتاب چینی پن تسائو که توسط امپراتور شن نونگ در حدود ۲۵۰۰ سال قبل از میلاد نوشته شده است، ۳۶۵ دارو (قسمت‌های خشک‌شده گیاهان دارویی) را مورد بررسی قرار می‌دهد که بسیاری از آنها حتی امروزه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند (Bottcher, 1965; Wiart, 2006). کتاب‌های مقدس هند، وداها، به درمان با گیاهان اشاره می‌کنند که در آن کشور به وفور یافت می‌شوند. در حقیقت گیاهان ادویه‌ای متعددی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند، از هند سرچشمه می‌گیرند (Tucakov, 1971).

گیاه دارویی را می‌توان به عنوان هر گیاهی که حاوی ماده‌ای است که خواص درمانی دارد یا اثرات دارویی مفیدی بر روی انسان یا حیوانات دارد، تعریف کرد. گیاهان دارویی شامل گیاهان، صیفی‌جات، گیاهان خوراکی، ادویه‌جات و گیاهان میکروسکوپی می‌شوند (Sofowora et al., 2013). با توجه به اینکه گیاهان دارویی عوارض جانبی کمی دارند، لذا تمایل به استفاده از این گیاهان و عصاره‌های آنها رو به افزایش است؛ بعلاوه، در دسترس بودن و مقرون به صرفه بودن گیاهان دارویی باعث شده است که این گیاهان به طور گسترده مورد استفاده قرار گیرند (Arozal et al., 2020). از طرف دیگر، کاهش اثربخشی داروهای مصنوعی و افزایش موارد منع مصرف آنها، نیز استفاده از داروهای گیاهی را افزایش داده است (Petrovska, 2012).

استفاده از تجربیات پژوهشگران دیگر امری بسیار مهم و رایج در تمامی زمینه‌های علمی، از جمله گیاهان دارویی است. پژوهشگران برای مطالعه و انجام پژوهش خود از مطالعات پیشین بهره می‌برند؛ در این میان شناسایی وضعیت موجود مطالعات انجام شده، شناسایی برجسته‌ترین پژوهشگران، موسسات و کشورها در یک حوزه موضوعی بسیار مهم است. مطالعات علم‌سنجی و کتابسنجی می‌توانند در شناسایی عناصر هسته یک حوزه علمی و ارائه تصویر کلی از وضعیت موجود مفید واقع شوند. مطالعات علم‌سنجی و کتابسنجی از جمله مطالعات کمی و کاربردی هستند که با استفاده از روشهای آمار و ریاضی به تحلیل منابع علمی و پژوهشگران می‌پردازند. انجام مطالعات علم‌سنجی و کتابسنجی در زمینه گیاهان دارویی همان سایر حوزه‌های علمی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است که به نمونه‌های از این مطالعات اشاره می‌شود. تحلیل ۳۹۱۱ پژوهش انجام شده پژوهشگران هندی در مورد گیاهان دارویی از سال ۱۹۷۷ تا ۲۰۲۰ بر اساس داده‌های وب‌آوساینس نشان داد که بیشترین تعداد مقالات در سال ۲۰۲۰ منتشر شده است، اکثر مدارک منتشر شده به شکل مقاله بود، نویسندگان و موسسات پرکار و مجله هسته در نشر مقالات این شناسایی شدند (Rahaman et al., 2021). در مطالعه کتابسنجی مقالات گیاهان دارویی از امریکای لاتین و منطقه کارائیب بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۲۰ مشخص شد که بیش از نیمی از مقالات توسط نویسندگانی از موسسات برزیلی تالیف شده است. کشورهای امریکای لاتین بیشتر با پژوهشگرانی از امریکا و اروپای غربی همکاری کرده‌اند (Alarcon-Ruiz et al., 2023). تحلیل کتاب‌سنجی تحقیقات انجام شده در مورد عصاره‌های گیاهان دارویی، با تمرکز بر کاربردهای درمانی آنها، با استفاده از پایگاه داده اسکوپوس انجام شد و ۱۱۰۵ مدرک از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۴ برای کشف روندهای حجم انتشارات، شبکه‌های همکاری و خوشه‌های تحقیقاتی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بر اساس یافته‌ها نرخ رشد سالانه ثابت ۱/۹۸ درصد و شاخص اچ-ایندکس ۵۹ بود؛ همچنین همکاری‌های بین‌المللی در این حوزه افزایش یافته بود به نحوی که ۳۰/۸۴ درصد مدارک بصورت همکاری بین‌المللی تالیف شده بودند. پژوهشگران کشورهای هند، چین

و ایتالیا بیشترین سهم را در تالیف مقالات این حوزه داشتند. کلمات کلیدی مانند عصاره گیاه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فیتوشیمی بیشترین فراوانی را داشتند که منعکس‌کننده مضامین پژوهشی غالب هستند. این مطالعه بر نقش رو به رشد مواد شیمیایی گیاهی در توسعه درمان‌های جایگزین برای بیماری‌های مزمن مانند سرطان، دیابت و اختلالات عصبی تأکید می‌کند (El Allaoui, et al., 2024). مطالعه کتاب‌سنجی ۱۰۰۰۰۰ مدرک نمایه شده در زمینه گیاهان دارویی در پایگاه داده اسکوپوس تا سال ۲۰۱۹ نشان داد که در ۲۰ سال گذشته، رشد تعداد مقالات سریع بوده و در سال ۲۰۱۰ به اوج خود رسیده است. در سال‌های بعد، تعداد مقالات در حدود کمی بیش از ۵۰۰۰ مدرک در سال تثبیت شده است. همکاری زیادی بین کشورهای توسعه‌یافته و کشورهایی با استفاده سنتی از این گیاهان از آسیا، آفریقا یا آمریکای لاتین وجود داشت. در تجزیه و تحلیل خوشه‌های مختلف همکاری بین کشورها، چهار کشور از آسیا وجود داشت که به رهبری چین، هند، اندونزی و پاکستان قرار داشتند. همچنین دو موسسه از آفریقا، به رهبری آفریقای جنوبی و کامرون، یک موسسه از آمریکای لاتین، به رهبری برزیل و یک موسسه از آمریکای شمالی، به رهبری آمریکا حضور داشتند. هیچ خوشه‌ای از کشورهای اروپایی وجود نداشت، اما آنها عموماً با کشورهایی که با آنها رابطه تجاری دارند، همکاری کرده‌اند. تحقیقات گیاهان دارویی در آفریقا، برخلاف چین و هند، بسیار توسعه نیافته است. در واقع، هیچ کشور آفریقایی در بین کشورهایی که بیشترین تعداد مقالات را در این زمینه منتشر کرده‌اند، وجود نداشت. در بین ۲۵ موسسه اول، تنها یک موسسه متعلق به قاره آفریقا است. از این ۲۵ موسسه برتر، ۱۳ موسسه از چین (از جمله هفت موسسه اول)، سه موسسه از برزیل، دو موسسه از کره جنوبی و یک موسسه از عربستان سعودی، پاکستان، ایران، مکزیک، کامرون، فرانسه و مالزی بودند. یافته‌ها حاکی از آن بود که روند تحقیقات جهانی بیشتر بر جستجوی داروهای جدید یا ترکیبات فعال متمرکز است تا کشت یا اهلی‌سازی گونه‌های گیاهی با این پتانسیل اثبات‌شده (Salmerón-Manzano, et al., 2020).

همچنین از پژوهش‌های انجام شده در زمینه گیاهان دارویی در ایران می‌توان به مطالعه بتولی و همکاران (۲۰۲۳) اشاره کرد؛ آنها در تحلیل کتابسنجی ۱۴۵ مقاله در حوزه اتنوبوتانی (مردم‌گیاه‌شناسی[1]) گیاهان دارویی ایران بین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۲۲ نشان دادند که پربسامدترین کلیدواژه‌های استفاده شده اتنوبوتانی، گیاهان دارویی، طب سنتی و اتنوفارماکولوژی بودند. بیشترین پژوهش‌های انجام شده در زمینه ویژگی‌های اتنوبوتانی گیاهان دارویی در ۲۵ استان ایران، به ترتیب استانهای کرمان، فارس و لرستان بود. پژوهشگرانی چون محمد بهمنی، محمود رفعیان کوپایی و ساکی به ترتیب با ۲۰، ۱۵ و ۹ مقاله بیشترین مقالات این حوزه را منتشر کرده بودند (Batooli, et al., 2023).

در مجموع مطالعات علم‌سنجی و کتابسنجی نقشه راهی برای تحقیقات آینده ارائه می‌دهند و کاوش بیشتر در مورد درمان‌های گیاهی را با تأکید بر پایداری، اثربخشی ترکیبات زیست فعال و همکاری جهانی تشویق می‌کنند (El Allaoui, et al., 2024). تعداد زیاد منابع منتشر شده در زمینه گیاهان دارویی می‌تواند حاکی از علاقه روزافزون جامعه تحقیقاتی به این حوزه باشد؛ لذا ارائه تصویری کلان از این حوزه تحقیقاتی می‌تواند برای پژوهشگران و سیاستگزاران این حوزه سودمند باشد؛ علی‌رغم انجام برخی مطالعات علم‌سنجی و کتابسنجی در زمینه گیاهان دارویی در سطح جهانی و ایران، مطالعه جامعی که بتواند مطالعات انجام شده پژوهشگران ایرانی در این حوزه را تا سال‌های اخیر ارزیابی کند، یافت نشد؛ لذا مطالعه حاضر قصد دارد به تحلیل علم‌سنجی پژوهش‌های انجام شده در حوزه گیاهان دارویی توسط پژوهشگران ایرانی بر اساس داده‌های استخراج شده از پایگاه استنادی وب‌آوساینس بپردازد. نتایج

1. Ethnobotany

پژوهش حاضر می‌تواند اطلاعات ارزشمندی به سیاستگذاران علمی، موسسات دانشگاهی و تحقیقاتی، حامیان مالی پژوهش و پژوهشگران ارائه نماید تا اولویت‌بندی و بودجه تحقیقات آتی را برنامه‌ریزی نمایند. به منظور تحقق هدف اصلی پژوهش سوالات زیر طرح شد:

۱. ویژگی‌های توصیفی مدارک مورد مطالعه چگونه است؟
۲. ده پژوهشگر هسته در شبکه هم‌تالیفی مقالات گیاهان دارویی از نظر تعداد مدارک و استناد دریافتی کدامند؟
۳. ده دانشگاه و موسسه برتر مشارکت‌کننده در تالیف مقالات گیاهان دارویی کدامند؟
۴. ده کشور اول همکار ایران در تالیف مقالات گیاهان دارویی از نظر تعداد مدارک و استناد دریافتی کدامند؟
۵. کلیدواژه‌های پرتکرار در شبکه رخداد واژگان گیاهان دارویی کدامند؟
۶. رابطه بین تعداد مدارک و استناد دریافتی بر حسب پژوهشگران، دانشگاهها و کشورها چگونه است؟

مواد و روش‌ها

پژوهش کمی و کاربردی حاضر با رویکرد علم‌سنجی انجام شده است. جامعه آماری، پژوهش‌های نمایه شده در وب‌آوساینس در حوزه تحقیقات گیاهان دارویی بود و نمونه مورد مطالعه پژوهش‌هایی بود که حداقل یک نویسنده آن تابعیت ایرانی داشت. به این منظور اصطلاح "Medical Plant*" در قسمت Topic جستجو شده و تعداد ۷۰۹۷۰ مدرک بازیابی شد؛ در مرحله بعد مدارک بازیابی شده به مدارک مربوط به ایران محدود شد و خروجی با تعداد ۴۳۵۹ مدرک بدست آمد که نمونه مورد مطالعه پژوهش حاضر بود. لازم به ذکر است در قسمت مربوط به تعداد مدارک در کشور تعداد ۴۳۵۴ مدرک بر اساس خروجی نرم‌افزار وجود داشت که می‌تواند به دلیل عدم ذکر نام کشور در قسمت آدرس باشد. بر اساس داده‌های به دست آمده، ایران در رتبه پنجم بیشترین مدارک پس از کشورهای هند، چین، برزیل و آمریکا قرار داشت.

پاکسازی داده‌های استخراج شده در مورد کشور اعمال شد و اسم کشور ترکیه که به دو شکل (Turkey/ Turkiye) در داده‌ها و شبکه هم‌تالیفی کشورها مشاهده می‌شد اصلاح گردید. در پژوهش حاضر از نرم‌افزار VOSviewer برای ترسیم شبکه هم‌تالیفی پژوهشگران و کشورها و همچنین ترسیم شبکه رخداد واژگان و از نرم‌افزار Spss برای آمار توصیفی (فراوانی) و استنباطی (آزمون همبستگی اسپیرمن) استفاده شد.

نتایج و بحث

در این بخش پاسخ سوالات مطرح شده بر اساس دادهای پژوهش ارائه می‌شود.

ویژگی‌های توصیفی مدارک مورد مطالعه چگونه است؟

تعداد ۴۳۵۹ مدرک مورد بررسی تا زمان انجام پژوهش حاضر، ۸۷۸۰۶ بار استناد دریافت کرده بودند و تعداد استناد دریافتی با حذف خوداستنادی ۸۰۸۷۶ مورد بود. میانگین استناد به هر مدرک ۲۰/۱۴ استناد بود؛ همچنین شاخص اچ-ایندکس این مدارک ۱۱۰ بود، یعنی ۱۱۰ مدرک حداقل ۱۱۰ بار استناد دریافت کرده‌اند. بعلاوه در میان مدارک مورد بررسی ۳۳ مقاله پراستناد وجود داشت؛ این مدارک پراستناد در مجموع ۷۴۶۸ استناد و بدون خوداستنادی ۷۴۶۳ استناد داشتند؛ میانگین استناد ۲۲۶/۳ و شاخص اچ-ایندکس ۳۰ بود. همانند پژوهش حاضر، شاخص اچ-ایندکس ۱۱۰۵ پژوهش عصاره‌های گیاهان دارویی، بر اساس پایگاه داده اسکوپوس از سال ۲۰۱۴ مقدار

اچ-ایندکس ۵۹ گزارش شده است (El Allaoui, et al., 2024). مقایسه شاخص اچ-ایندکس پژوهشگران ایرانی (یعنی مقدار ۱۱۰) با مطالعه اخیر، حاکی از مقدار بیشتر استناد دریافتی مقالاتی است که با مشارکت پژوهشگران ایرانی تالیف شده است و می‌تواند حاکی از مرجعیت علمی ایران در این حوزه باشد. مدارک مورد بررسی بین سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۲۵ منتشر شده‌اند؛ در بین سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۲ سالانه حدودا یک تا سه مدرک منتشر شده بود، به تدریج بر تعداد مدارک در سال‌های بعد اضافه می‌شود، بیشترین مدارک منتشر شده مربوط به سال ۲۰۲۲ با ۴۶۲ مدرک بود.

ده پژوهشگر هسته در شبکه هم‌تالیفی مدارک مورد بررسی از نظر تعداد مدارک و استناد دریافتی کدامند؟

جدول یک ده پژوهشگر کلیدی از نظر تعداد مقالات و تعداد استناد دریافتی را نشان می‌دهد. پژوهشگری با نام محمود رفعیان کوپایی با مشارکت در تالیف ۸۶ مدرک و تعداد ۳۹۶۴ استناد در رتبه یک تعداد مدارک و رتبه دوم تعداد استناد قرار دارد. پژوهشگری با نام جواد شریفی راد با مشارکت در تالیف ۷۶ مقاله و دریافت ۵۳۳۸ استناد در رتبه یک استناد دریافتی و رتبه دوم از نظر تعداد مدارک قرار دارد. پژوهشگری با نام روجا رحیمی رتبه سوم مشارکت در تالیف مقالات (۶۹ مورد) و رتبه پنج در دریافت استناد را دارد. همچنین پژوهشگری با نام مهدی شریفی راد در رتبه سوم پژوهشگران پراستناد ایرانی این حوزه قرار دارد. همسو با پژوهش حاضر، در انجام شده در زمینه گیاهان دارویی در ایران پژوهشگرانی چون محمد بهمنی و محمود رفعیان کوپایی بیشترین مقالات این حوزه را منتشر کرده بودند (Batooli, et al., 2023).

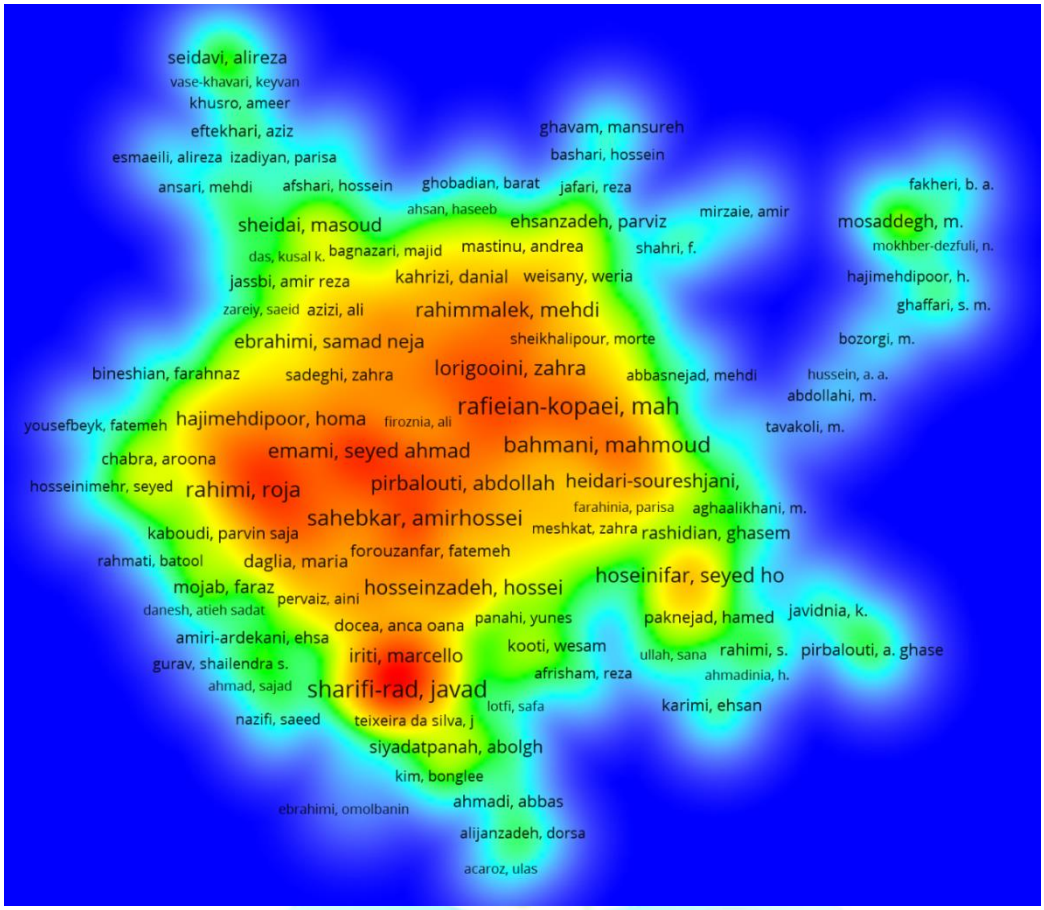
جدول ۱. تعداد مدارک و استنادات ۱۰ پژوهشگر برتر مدارک مورد بررسی

پژوهشگر	تعداد مدرک	پژوهشگر	تعداد استناد
محمود رفیعیان کوپایی	۸۶	جواد شریفی‌راد	۵۳۳۸
جواد شریفی‌راد	۷۶	محمود رفیعیان کوپایی	۳۹۶۴
روجا رحیمی	۶۹	مهدی شریفی‌راد	۳۴۳۹
امیرحسین صاحبکار	۵۹	بهاره صالحی	۳۰۹۹
محمد بهمنی	۴۹	روجا رحیمی	۳۰۴۸
محمدحسین فرزائی	۴۹	مارچلو ایریتی[1]	۲۸۶۲
بهاره صالحی	۴۳	میگل مارتورل[2]	۲۸۴۷
محمد عبداللهی	۴۰	محمدحسین فرزائی	۲۵۰۲
حسین حسین‌زاده	۳۶	محمد عبداللهی	۲۳۵۶
سید احمد امامی	۳۵	ناتالیا مارتینز[3]	۲۲۳۱

بر اساس داده‌های خام بدست آمده، در تالیف مدارک مورد بررسی ۱۲۸۹۰ پژوهشگر مشارکت داشتند. بزرگترین شبکه متصل هم‌تالیفی پژوهشگران از ۸۸۶۶ نفر تشکیل شده بود که از طریق ۳۸۲۹۸ پیوند مرتبط بودند؛ شکل یک، بزرگترین شبکه متصل هم‌تالیفی مطالعه حاضر را نشان می‌دهد. پژوهشگران پرکار و هسته از نظر تعداد مدارک با

1. Marcello Iriti
2. Miquel Martorell
3. Natalia Martins

فونت سایز بزرگتر و در ناحیه زرد و بویژه قرمز تصویر قرار دارند. اسامی پژوهشگرانی چون جواد شریفی راد، محمد رفعیان کوپایی، محمد بهمنی، روجا رحیمی، سید احمد امامی در ناحیه قرمز و با فونت بزرگتر مشاهده می‌شود. اسامی برخی از پژوهشگران پرکار ذکر شده در جدول یک، ممکن است به دلیل قرار گرفتن در لایه‌های زیرین تصویر قابل رویت نباشد.



شکل ۱. شبکه هم‌تالیفی مقالات گیاهان دارویی پژوهشگران ایرانی

ده دانشگاه و موسسه برتر مشارکت‌کننده در تالیف مدارک مورد بررسی کدامند؟

جدول دو، تعداد مدارک و استناد دریافتی ۱۰ دانشگاه کلیدی در تالیف مقالات مورد بررسی را نشان می‌دهد. بیشترین مقالات منتشر شده به ترتیب با مشارکت دانشگاه‌های علوم پزشکی تهران، علوم پزشکی شهید بهشتی و علوم پزشکی مشهد تالیف شده بودند. از بین ۱۰ دانشگاه ذکر شده، شش دانشگاه از علوم پزشکی و چهار دانشگاه از دانشگاه‌های جامع (دانشگاه تهران، تربیت مدرس، شهید بهشتی و فردوسی مشهد) بودند. لازم به ذکر است که دانشگاه آزاد با تمامی واحدهای خود تعداد ۸۴۳ و تعداد ۱۳۱۶۹ استناد داشت. با توجه به اینکه برای مقایسه منطقی، می‌بایست خروجی علمی تمامی واحدهای دانشگاه آزاد با تمامی خروجی‌های دانشگاه‌های وزارت علوم یا وزارت بهداشت مورد ارزیابی قرار گیرد، لذا نتایج دانشگاه آزاد در جدول لیست نشده است.

جدول ۲. تعداد مدارک و استنادات ۱۰ دانشگاه برتر در مدارک مورد بررسی

دانشگاه	تعداد مدرک	دانشگاه	تعداد استناد
علوم پزشکی تهران	۳۶۱	علوم پزشکی شهید بهشتی	۱۰۷۵۹
علوم پزشکی شهید بهشتی	۳۲۸	علوم پزشکی تهران	۹۳۸۱
علوم پزشکی مشهد	۳۲۴	علوم پزشکی مشهد	۹۰۰۰
دانشگاه تهران	۲۹۸	دانشگاه تهران	۶۷۷۰
علوم پزشکی شهرکرد	۲۱۰	علوم پزشکی شهرکرد	۵۸۱۰
علوم پزشکی شیراز	۱۹۱	دانشگاه تربیت مدرس	۴۴۴۴
دانشگاه تربیت مدرس	۱۸۶	علوم پزشکی کرمانشاه	۴۲۲۶
دانشگاه شهید بهشتی	۱۸۲	علوم پزشکی شیراز	۳۶۰۱
دانشگاه فردوسی مشهد	۱۵۸	دانشگاه شهید بهشتی	۳۵۱۳
دانشگاه علوم پزشکی تبریز	۱۴۸	علوم پزشکی اصفهان	۳۴۶۰

ده کشور اول همکار ایران در تالیف مقالات گیاهان دارویی از نظر تعداد مدارک و استناد دریافتی کدامند؟

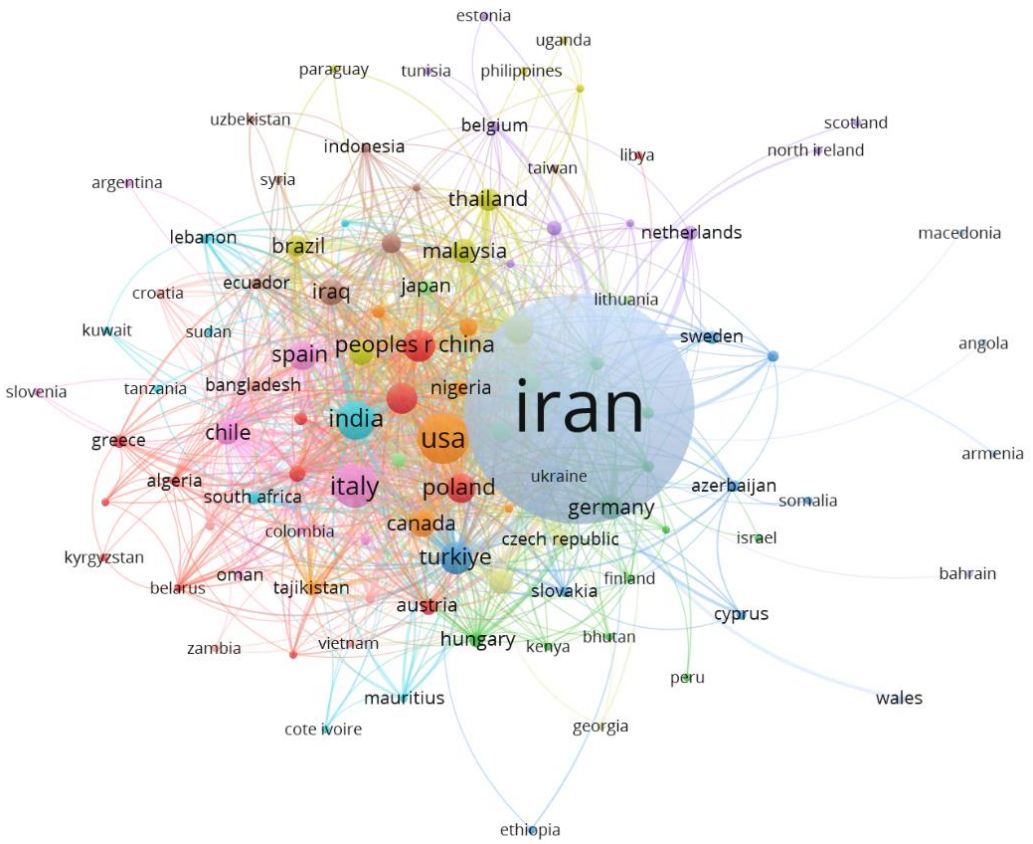
جدول سه، ۱۰ کشوری که بیشترین هم‌تالیفی را با پژوهشگران ایرانی در مدارک مورد بررسی داشتند و تعداد استناد دریافتی برای این مدارک را نشان می‌دهد. از مجموع ۴۳۵۴ مدرک مورد بررسی بر حسب کشور همکار، امریکا رتبه اول همکاری در تالیف مقالات مشترک با پژوهشگران ایرانی حوزه گیاهان دارویی را داشت و این مدارک ۸۶۹۸ استناد داشتند. ایتالیا و هند به ترتیب با ۱۶۸ و ۱۲۵ مقاله در رتبه دوم و سوم از نظر تعداد مدارک و با ۸۵۰۹ و ۵۸۳۸ استناد در رتبه دوم و سوم قرار داشتند. کشورهای ترکیه، چین، پاکستان، استرالیا، لهستان، اسپانیا و کانادا نیز به ترتیب در رتبه‌های بعدی از نظر تعداد مدارک تالیفی مشترک قرار داشتند. کشورهای اسپانیا، چین، شیلی، پاکستان، پرتغال، کانادا و ترکیه نیز به ترتیب بیشترین استناد را برای مقالات مشترک تالیف شده با پژوهشگران ایرانی داشتند. بر اساس یافته‌ها پژوهشگران ایرانی عمدتا با پژوهشگرانی از آمریکای شمالی، اروپا، دو کشور همسایه (ترکیه و پاکستان) و چین و هند از قطب‌های علمی در آسیا همکاری داشتند؛ از کشورهای آفریقایی و امریکای لاتین در بین ۱۰ کشور اول همکار کشوری حضور نداشت.

همانگونه که در بخش روش‌شناسی اشاره شد، ایران پس از کشورهای هند، چین، برزیل و امریکا در رتبه پنجم بیشترین مدارک منتشر شده این حوزه قرار دارد. از بین این کشورهای پیشرو در پژوهش‌های گیاهان دارویی، فقط کشور برزیل در فهرست ۱۰ کشور اول همکار ایران قرار نداشت. این در حالی است که تحلیل کتابسنجی مقالات گیاهان دارویی از امریکای لاتین و منطقه کارائیب بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۲۰ حاکی از آن بود که بیش از ۵۰ درصد مقالات با مشارکت پژوهشگرانی از موسسات برزیلی تالیف شده بود (Alarcon-Ruiz et al., 2023). همچنین در تحلیل کتاب‌سنجی تحقیقات عصاره‌های گیاهان دارویی (El Allaoui, et al., 2024) نیز پژوهشگران کشورهای هند، چین و ایتالیا بیشترین مشارکت را داشتند. نیز تحلیل کتاب‌سنجی ۱۰۰۰۰۰ مدرک نمایه شده در زمینه گیاهان دارویی در پایگاه داده اسکوپوس تا سال ۲۰۱۹ نشان داد که از بین ۲۵ موسسه برتر مشارکت کننده، ۱۳ موسسه از چین، سه موسسه از برزیل، دو موسسه از کره جنوبی و یک موسسه از عربستان سعودی، پاکستان، ایران، مکزیک، کامرون، فرانسه و مالزی حضور داشتند (Salmerón-Manzano, et al., 2020).

جدول ۳. کشورهای همکار ایران در شبکه هم‌تالیفی مقالات گیاهان دارویی

کشور	تعداد مدرک	کشور	تعداد استناد
امریکا	۲۲۳	امریکا	۸۶۹۸
ایتالیا	۱۶۸	ایتالیا	۸۵۰۹
هند	۱۲۵	هند	۵۸۳۸
ترکیه	۹۳	اسپانیا	۴۰۵۶
چین	۹۲	چین	۳۸۴۸
پاکستان	۸۰	شیلی	۳۷۲۹
استرالیا	۷۷	پاکستان	۳۵۴۲
لهستان	۷۵	پرتغال	۳۵۱۳
اسپانیا	۷۲	کانادا	۳۴۸۳
کانادا	۶۲	ترکیه	۳۳۱۳

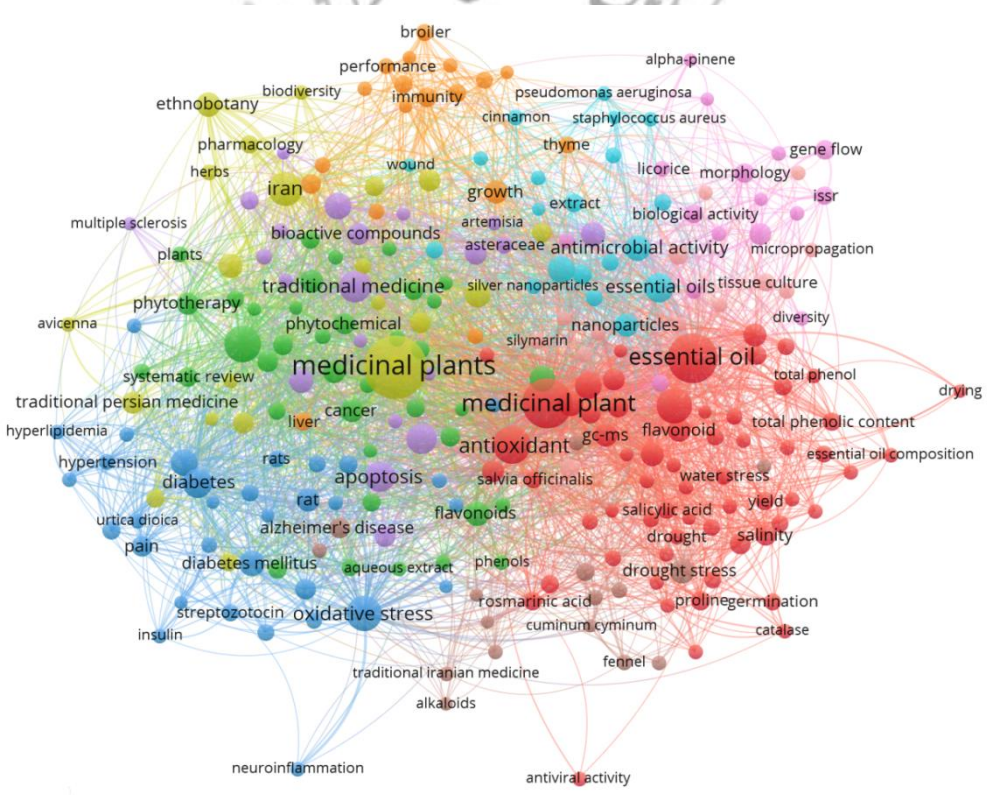
شکل دو، شبکه هم‌تالیفی کشورها در مقالات گیاهان دارویی که حداقل یک نویسنده آن ایرانی است، را نشان می‌دهد. در این شبکه ۱۰۴ کشور (گره) در ۱۴ خوشه حضور دارند و از طریق ۱۱۸۳ پیوند با هم در ارتباط هستند.



شکل ۲. شبکه هم‌تالیفی کشورهای همکار ایران در تالیف مقالات گیاهان دارویی

کلیدواژه‌های پرتکرار در شبکه رخداد واژگان گیاهان دارویی کدامند؟

شکل سه، شبکه رخداد واژگان بکار برده شده توسط نویسندگان مدارک مورد بررسی با فراوانی ۱۰ بار و بیشتر را نشان می‌دهد که بر اساس داده‌های خام تهیه شده است (یعنی کلیدواژه‌ها به همان شکلی که نویسندگان بکار برده‌اند، مثلا جمع یا مفرد ارائه شده است). در این شبکه ۲۵۷ کلیدواژه که در ۱۰ خوشه قرار دارد (رنگ هر خوشه متفاوت است) و از طریق ۳۱۶۹ پیوند مرتبط هستند. همانگونه که در تصویر مشاهده می‌شود، برخی پژوهشگران این حوزه، شکل مفرد و برخی شکل جمع کلیدواژه‌ها را بکار برده‌اند. از جمله این موارد Medicinal plants و Medicinal Plant، Essential oil و Essential oils، Rat و Rats را می‌توان ذکر کرد. همچنین نویسندگان برخی اصطلاحات مترادف را نیز بکار برده‌اند، از جمله این موارد می‌توان به کاربرد Rat و Mice اشاره کرد. وجود اسامی بیماری‌هایی مثل آلزایمر، سرطان، دیابت، التهاب، استرس اکسیداتیو، آپوپتوز و سمیت سلولی در بین اصطلاحات پرتکرار حاکی از انجام مطالعات در خصوص کاربرد گیاهان دارویی در درمان این بیماریها است. صرف‌نظر از اصطلاحات محوری این پژوهش (گیاهان دارویی و ایران)، ۱۰ کلیدواژه پرتکرار بعدی عبارتند از: روغن‌های ضروری، آنتی‌اکسیدان، داروی گیاهی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، استرس اکسیداتیو، طب سنتی، آپوپتوز، سمیت سلولی، دیابت و التهاب.



شکل ۳. شبکه رخداد واژگان با فراوانی ۱۰ بار و بیشتر

رابطه بین تعداد مدارک و استناد دریافتی بر حسب پژوهشگران، دانشگاه‌ها و کشورها چگونه است؟

جدول چهار، نتایج آزمون ضریب همبستگی اسپیرمن در رابطه بین تعداد مدارک و استناد دریافتی بر اساس نویسندگان، دانشگاه‌ها و کشورها را نشان می‌دهد. رابطه مثبت و معنی‌دار بین تعداد مدارک و استناد دریافتی بر حسب

نویسندگان (r = 0.431, p-value = 0.001)، برحسب دانشگاه (r = 0.603, p-value = 0.001) و برحسب کشور (r = 0.934, p-value = 0.001) به دست آمد. رابطه بین تعداد استناد و مدارک نویسندگان در حد متوسط، رابطه بین تعداد استناد و مدارک دانشگاه‌ها در حد بالاتر از متوسط و رابطه بین تعداد استناد و مدارک کشورها در حد بالا است. در هر سه مورد با افزایش تعداد مقالات، تعداد استناد دریافتی نیز بیشتر می‌شود و بالعکس، اما شدت و ضعف آن متفاوت است. به نظر می‌رسد هر چه از سطح خرد (نویسندگان) به سطح کلان (دانشگاه‌ها و کشورها) نزدیک می‌شود، همبستگی بین تعداد مدارک و استنادها قوی‌تر می‌شود. احتمالا در سطح کلان (دانشگاه‌ها و کشورها) کمیت مقالات با کیفیت همراه است، یعنی تعداد مقالات با کیفیت در مقایسه با سطح فردی بالاتر است و استناد بیشتری کسب کرده است.

جدول ۴. ضریب همبستگی اسپیرمن رابطه بین سال نشر با تعداد مدارک و تعداد استناد

تعداد مدرک و استناد بر حسب:	ضریب/معنی‌داری	مقادیر
نویسنده (پژوهشگر)	ضریب همبستگی	۰/۴۳۱**
	معنی‌داری	۰/۰۰۱
	تعداد	۱۲۸۹۰
دانشگاه	ضریب همبستگی	۰/۶۰۳**
	معنی‌داری	۰/۰۰۱
	تعداد	۲۱۸۴
کشور	ضریب همبستگی	۰/۹۳۴**
	معنی‌داری	۰/۰۰۱
	تعداد	۱۰۴

** همبستگی در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار است (دو دامنه)

نتیجه‌گیری

برخی پژوهشگران ایرانی (جواد شریفی‌راد، محمود رفیعیان کوپایی، مهدی شریفی‌راد، بهاره صالحی و روجا رحیمی) بواسطه تعداد استنادات دریافتی، مرجعیت علمی در حوزه گیاهان دارویی دارند. دانشگاه‌های علوم پزشکی بواسطه ساختار این دانشگاه‌ها، یعنی وجود دانشکده‌های داروسازی و طب سنتی مشارکت بیشتری در تالیف مقالات این حوزه داشتند. پژوهشگران ایرانی در حوزه گیاهان دارویی با پژوهشگران کشورهای هسته و پیشرو چون هند، چین و امریکا و سایر کشورهای فعال همکاری داشتند؛ میزان همکاری پژوهشگران ایرانی با پژوهشگران کشور برزیل که از کشورهای هسته این حوزه است، در مقایسه با سایر کشورهای هسته این حوزه کمتر بود. کلیدواژه‌های پرتکرار (روغن‌های ضروری، آنتی‌اکسیدان، داروی گیاهی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، استرس اکسیداتیو، طب سنتی، آپوپتوز، سمیت سلولی، دیابت و التهاب) پژوهشگران، حوزه‌های موضوعی مورد توجه آنها را نشان می‌دهد. همبستگی مثبت بین تعداد مدارک و استنادها در سطح کلان (دانشگاه‌ها و کشورها) قوی‌تر از سطح خرد (نویسندگان) بود. با توجه به پراکندگی کلیدواژه‌های کاربردی پژوهشگران، پیشنهاد می‌شود که پژوهشگران در انتخاب کلیدواژه (شکل جمع، مفرد، اختصار و ...) از اصطلاح‌نامه‌های معتبر حوزه استفاده نمایند.

منابع

Alarcon-Ruiz, C. A., Maguiña, J. L., Apolaya-Segura, M., Carhuapoma-Yance, M., Aranda-Ventrura, J., & Herrera-Añazco, P. (2023). Bibliometric analysis of medicinal plants' original articles from Latin America and the Caribbean Region. *Journal of Scientometric Research*, 12(1), 79-91.

Arozal, W., Louisa, M. and Soetikno, V. (2020). Selected Indonesian Medicinal Plants for the Management of Metabolic Syndrome: Molecular Basis and Recent Studies. *Front Cardiovasc Med*, 7, 82.

Batooli, H., Batooli, Z. and Nadi-Ravandi, S. (2023). Bibliometric and subject analysis of articles in the ethnobotanical field of Iranian medicinal plants (1999–2022). *Journal of Medicinal Plants*, *22*(87), 57-76.

Bottcher, H. (1965). *Miracle drugs.* Zagreb: Zora. p. 23-139.

El Allaoui, H., El Ahmadi, K., El Abdouni, A., Dira, I., El Bastrioui, M., Bouhrim, M., ... & Haboubi, K. (2024). Trends and Insights in Medicinal Plant Extract Research: A Ten-Year Bibliometric and Visualization Study. *Horticulturae*, 10 (11), 1163.

Kelly, K. (2009). *History of medicine. New York: Facts on file*. p. 29-50.

Petrovska, B. B. (2012). Historical review of medicinal plants' usage. *Pharmacognosy reviews, 6(11), 1.*

Rahaman, M. S., Ansari, K. M., Tewari, L. T., & Shah, K. (2021). A bibliometric study of Indian medicinal plant research: An analysis of quality research papers based on the web of science. *Qualitative and Quantitative Methods in Libraries*, 10(4), 505-530.

Salmerón-Manzano, E., Garrido-Cardenas, J. A., and Manzano-Agugliaro, F. (2020). Worldwide research trends on medicinal plants. *International journal of environmental research and public health*, 17(10), 3376.

Sofowora, A., Ogunbodede, E., Onayade A. (2013). The role and place of medicinal plants in the strategies for disease prevention. *African journal of traditional, complementary, and alternative medicines: AJTCAM*, 10(5), 210–29.

Stojanoski, N. (1999). *Development of health culture in Veles and its region from the past to the end of the 20th century*. Veles: Society of science and art. p. 13-34.

Tucakov, J. (1971). *With plants – phytotherapy*. Beograd: Culture. p. 180-90.

Wiart, C. (2006). *Etnopharmacology of medicinal plants*. New Jersey: Humana Press. p. 1-50.

Contribution of Iranian researchers in the research area of medicinal plants: A Scientometric analysis based on Web of Science (1900-2025)

Leila Khalili*
Associate Professor, Department of knowledge & Information Science
Azarbaijan Shahid Madani University
*Corresponding Author: leylakhalili@gmail.com

Abstract

The aim of the present study is scientometric analysis of the research conducted by Iranian researchers in the field of medicinal plants. This applied and quantitative study used a scientometric approach. The study population was the documents retrieved from the Web of Science citation database on medicinal plants. In the present study, VOSviewer software was used to visualize the co-authorship networks and co-word network and SPSS software was used for statistical aspects. Researchers such as Mahmoud Rafayan Kopaei with 86 documents and 3964 citations; Javad Sharifi-rad with 76 documents and 5338 citations, and Roja Rahimi with 69 documents and 3048 citations, and Mehdi Sharifi-rad with 3439 citations were the three key researchers in terms of the number of documents, citations, or both. The most articles were written with the participation of three medical universities (Tehran, Shahid Beheshti, and Mashhad). The United States, Italy, and India were the top three countries in collaboration with Iranian researchers in the field of medicinal plants research, respectively. Also, articles written with the participation of the mentioned countries had the highest number of citations. According to the Spearman correlation test, there was a positive and significant relationship between the number of documents and the number of received citations in terms of authors (r = 0.431), institutions (r = 0.603) and countries (r=0.934). Apart from the central terms of this study (medicinal plants and Iran), essential oils, antioxidant, herbal medicine, antioxidant activity, oxidative stress, traditional medicine, apoptosis, cytotoxicity, diabetes and inflammation were the 10 most frequent keywords.

Keywords: Iranian reseachers, Scientometric analysis, Co-authorship networks, Co-word network, Medicinal plants

بررسی اثرات عصاره الکلی گیاهان اسپند و بابونه بر روی باکتری‌های شایع بیمارستانی و مهار پمپ‌های افلاکس باکتری با استفاده از مواد طبیعی گیاهی

محمدحسن جهاندار*[۱]، علی اکبر عسکری[۲]

۱- گروه زیست‌شناسی، واحد بم، دانشگاه آزاد اسلامی، بم، ایران

۲- گروه زیست‌شناسی، واحد بم، دانشگاه آزاد اسلامی، بم، ایران

*نویسنده مسئول: mh.jahandar@iau.ac.ir

چکیده

در سال‌های اخیر، به‌دلیل افزایش مقاومت آنتی‌بیوتیکی و بروز عوارض جانبی ناشی از داروهای شیمیایی، تمایل به استفاده از گیاهان دارویی افزایش یافته است. بابونه و اسپند از گیاهان معطر دارای خواص آنتی‌میکروبیال و آنتی‌اکسیدان متنوعی هستند. یکی از سازوکارهای اصلی در ایجاد مقاومت آنتی‌بیوتیکی، سیستم‌های افلاکس در باکتری‌ها هستند. پمپ‌های افلاکس با دفع مواد سمی از داخل سلول به بیرون، نقش مهمی در ایجاد مقاومت دارویی ایفا می‌کنند. مهار پمپ‌های افلاکس، یکی از راهکارهای مؤثر برای کاهش مقاومت دارویی باکتری‌ها محسوب می‌شود. هدف از این پژوهش، بررسی اثر عصاره‌های الکلی بابونه و اسپند بر روی باکتری اشریشیاکلی، با تمرکز بر نقش مهارکننده عصاره تلخبیان (سوفورا) بر پمپ‌های افلاکس، بوده است. در ابتدا، عصاره اتانولی ۸۰ درصد از برگ‌های بابونه و دانه‌های اسپند تهیه شد. دو سویه از باکتری اشریشیاکلی (شماره ۱: جدا شده از ادرار و شماره ۲: جدا شده از ریه) در محیط پتری‌دیش در سه غلظت (۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) و در سه تکرار کشت داده شدند، سپس فعالیت ضد میکروبی عصاره‌ها با استفاده از روش‌های انتشار در چاهک و دیسک بررسی شد. نتایج نشان داد که عصاره بابونه در غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر، بیشترین قطر هاله بازدارنده رشد را در هر دو روش (دیسک و چاهک) روی اشریشیاکلی شماره ۱ (۱۷ میلی‌متر) و شماره ۲ (۱۹/۳میلی‌متر) ایجاد کرد. افزودن عصاره تلخبیان به عنوان مهارکننده پمپ افلاکس، این مقادیر را به ترتیب به ۲۰/۳ و ۲۳/۳ میلی‌متر افزایش داد. عصاره اسپند نیز در همان غلظت، قطرهای بازدارنده ۳۰/۶ و ۲۸/۶ میلی‌متر ایجاد کرد که با افزودن تلخبیان به ۳۳ و ۳۰ میلی‌متر افزایش یافت. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد هم‌افزایی تلخبیان با هر دو عصاره مؤثر است مخصوصا عصاره اسپند که به دلیل وجود آلکلوئیدهای فراوان از قدرت بازدارنگی بسیار زیاد و قابل توجه و مطلوبی برای باکتری‌های مورد آزمایش برخوردار می‌باشد، خصوصا تاثیر آن با عصاره تلخبیان فعالیت ضد باکتریایی بهتری هم نشان می‌دهد و این ترکیبات گیاهی، به‌ویژه اسپند همراه با تلخبیان، می‌توانند جایگزین مناسبی برای برخی آنتی‌بیوتیک‌های شیمیایی باشند.

واژه‌های کلیدی: اشریشیا کلی، ضد باکتریایی، عصاره گیاه بابونه، عصاره گیاه اسپند، مهارکننده پمپ‌های افلاکس

Investigating the effects of the alcoholic extract of Harmala and Chamomile plants on common hospital bacteria and inhibition of bacterial efflux pumps using natural plant substances

Mohammad Hassan Jahandar*[1], Ali Akbar Askari[2]
1- Department of Biology, Bam.C., Islamic Azad University, Bam, Iran
2- Department of Biology, Bam.C., Islamic Azad University, Bam, Iran
*Corresponding author: mh.jahandar@iau.ac.ir

Abstract

In recent years, due to increasing antibiotic resistance and the occurrence of side effects caused by chemical drugs, the desire to use medicinal plants has increased. Chamomile and harmala are aromatic plants with a variety of antimicrobial and antioxidant properties. One of the main mechanisms in creating antibiotic resistance are efflux systems in bacteria. Efflux pumps play an important role in creating drug resistance by expelling toxic substances from inside the cell to outside. Inhibiting efflux pumps is considered one of the effective strategies for reducing bacterial drug resistance. The aim of this study was to investigate the effect of alcoholic extracts of chamomile and harmala on Escherichia coli bacteria, focusing on the inhibitory role of Sophora extract on efflux pumps. Initially, 80 percent ethanol extract was prepared from chamomile leaves and harmala seeds. Two strains of Escherichia coli bacteria (No 1: isolated from urine and No 2: isolated from lung) were cultured in Petri dish medium at three concentrations (200, 400 and 600 mg/ml) and in three replicates. Then, the antimicrobial activity of the extracts was investigated using well and disk diffusion methods. The results showed that chamomile extract at a concentration of 600 mg/ml created the largest diameter of growth inhibitory halo in both methods (disk and well) on Escherichia coli No. 1 (17 mm) and No. 2 (19.3 mm). Adding Sophora extract as an efflux pump inhibitor increased these values to 20.3 and 23.3 mm, respectively. At the same concentration, harmala extract produced inhibitory diameters of 30.6 and 28.6 mm, which increased to 33 and 30 mm by adding Sophora. The results of this study also showed that the synergy of Sophora with both extracts is effective, especially harmala extract, which has a very high, significant and desirable inhibitory power for the tested bacteria due to the presence of abundant alkaloids. In particular, its effect with Sophora extract also shows better antibacterial activity, and these herbal compounds, especially harmala combined with Sophora, can be a suitable alternative for some chemical antibiotics.

Keywords: Escherichia coli, Antibacterial, Chamomile extract, Harmala extract, Efflux pump inhibitors

Effect of foliar application of potassium nanoparticles on volatile constituents of *Mentha piperita* L.

Seyed Mehdi Razavi[1]*, Anahita Tabbakh-Maher[1], Zahra Sepehry Javan[1]
1- Department of Biology, Faculty of Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabi 13131561991, Iran
*Corresponding Author: razavi694@gmail.com

Abstract

The objective of this study was to assess the effect of nanoparticles of potassium sulfate on the essential oil of peppermint (*Mentha piperita* L.). The nanoparticles were synthesized by a green method using mulberry leaves extract and potassium sulfate solution. The results showed that the foliar spray of potassium nanoparticle on peppermint plant caused considerable changes in the quantity and quality of the plant essential oils. The component of allo-ocimene, which was only 2.9% in the control group, increased to about 4-folds in the nanoparticles treated groups of the plants. Pulegone, which was present in a small amount in the control group, rose approximately 100 times in nanoparticles treated groups. Total oil yield of essential oil increased under the treatment of potassium nanoparticles. The essential oil yield increased significantly from 0.78% (v/w) in the control group to 1.25 % in the peppermint plants group treated with 1 mg/mL of potassium nanoparticles at $p \leq 0.05$.

Keywords: essential oil, medicinal plants, peppermint, potassium nanoparticle.

Introduction

Mentha piperita L., commonly known as peppermint, is a perennial plant with a pointed growth, about 20 to 80 cm high, with leaves elongated, needle like, and symmetrically spread, three cm to eight cm in length and two cm in breadth, and purple and pale pink flowers at the end of a cluster at the end of the stalk, a purple bowl, with four flags, four petals, and a little oval nut brown (Srivastav et al., 2024).

The most important economic part of peppermint is the leaf, because it contains 90 percent of the total essential oil produced by secretory glands in upper side section of the plant (Caputo et al., 2021). The effect of peppermint and its constituents on digestive system, respiratory tract and their analgesic property are well documented in the published literature (Zhao et al., 2022). Poneh felfeli is the folk name of peppermint in Iran, where it used in folk medicine for antispasmodic, antisickness, antihelminthic, carminative, and stomachic effects. (Hamedi et al., 2022).

The native distribution of peppermint is from Europe to Central Asia especially in the temperate regions (Kirici et al., 2023).

Significant developments have been made in the cultivation of mint to reduce the production cost and make it more economical (Gholamipourfard et al., 2021).

Nanotechnology is regarded as a new approach to replace with classic fertilizers to enhance agricultural crops yields. It is also utilized to improve bioactivity of medicinal plants by elevating its active phytochemicals (Ismail et al., 2022). This study aims at effects of potassium nanoparticle application on quality and quantity of *Mentha* essential oil. Nanoparticles, at slightest one of whose measure is within the run of 1 to 100 nanometers, act as a bridge between bulk materials and molecular or atomic structures (Khan et al., 2022).

Potassium plays a fundamental part in protein activity, protein union, photosynthesis, osmoregulation, stomatal opening and closing control, vitality exchange, substance exchange within the phloem, cation-anion adjust and stretch resistance. Potassium is an essential nutrient and the foremost abundant cation in plants (Nieves- Cordones et al., 2016). Among all mineral supplements, potassium plays an awfully vital part within the growth and improvement of plant performance and makes a difference the survival of plants beneath different biotic and abiotic stresses (Muneer et al., 2024). The significance of potassium fertilizer in crop production and its quality has been demonstrated. As a result, potash utilization has expanded drastically in most locales of the world .

Materials and Methods

Plant Cultivation and treatments

The rhizome segments were used to production of entire peppermint plants. The plant rhizome (Code number: 13723) was obtained from Pakanbazr Company (Isfahan, Iran) (http://www.pakanbazr.com). The rhizome segments were planted in sandy soil-filled pots and watered daily for many days in a greenhouse. The greenhouse temperature was kept at 25°C as optimum temperature. The plant at the 6-leaf stage, were transferred to new pots with a height/diameter of 30/43 cm and filled with peat-vermiculite. The pots were watered once a week with a concentration of 50% Hoagland. After 20 days, when the plants posse 12-14 leaves, the treatments were performed as foliar spray of potassium nanoparticles with concentration of 0.1 and 1 mg/mL in three stages with an interval of one week. After 4 weeks of treatment, the plants were harvested and dried for essential oil hydro-distillation.

Nanoparticle green synthesis and characterization

Firstly, white mulberry leaves were washed with distilled water and then they were placed in room temperature. After drying the leaves, it was completely powdered. 10 g of the resulting powder was mixed with 100 ml of distilled water and placed in a bain-marie at a temperature of 50°C for 30 minutes, then the obtained mixture was passed through a strainer and a clear extract was obtained. Then, 0.5 M potassium sulfate solution was prepared and placed in the sonicator for 30 minutes. The same amount of extract was removed from the potassium sulfate solution and the extract was placed on a heater stirrer at a temperature of 50°C and mixed together with continuous titration and stirring, and again for 30 minutes at a temperature of 50°C in the machine. After 48 hours of incubation in which the color of the solution changed from dark brown to light brown, which indicates the formation of potassium nanoparticles, the solution was centrifuged for 30 minutes at 11,000 rpm and a precipitate was formed, and it was washed twice with deionized water and dried at room temperature. After powdering, the characteristics of the synthesized nanoparticles were checked using SEM (Figure 1), FTIR and DLS methods for characterization (Nanehkaran et al., 2024).

Essential oil Hydrodistilation

After drying, the harvested leaves of each treatment group were targeted for hydrodistillation using a Clevenger-type apparatus for 4h. The obtained oils were dried over anhydrous sodium sulfate and stored at 4°C in the dark until analyzed.

GC-MS and GC-FID Conditions

The volatile oil was analyzed by the GC-MS using a Hewlett Packard GC-MS (GC-7890A & MS-5975C) equipped with a HP-5 fused silica capillary column (30 m × 0.25 mm, film thickness 0.25 µm), which was programmed as follows: 60°C (3 min), then 60°-230°C at 5°C/min and finally held isothermal at 230°C for 10 min. The carrier gas was helium (99.999%) at a flow rate of 1 mL/min. Diluted sample (1/20, v/v, in n-hexane) of 1.0 µL was injected manually in a splitless mode. Linear retention indices then were calculated by injecting series of n-hydrocarbons (C_6-C_{24}) after the oil at the same temperature and conditions.

For quantitation (area%), the GC-FID analyses of the oil were performed by a Thermoquest-Finnigan instrument equipped with a HP-5 fused silica column (30 m × 0.25 mm, film thickness 0.25 µm). Nitrogen was used as the carrier gas at the constant flow of 1 mL/min, the split ratio was same as it was for the GC-MS. The oven temperature was raised from 60ºC to 230ºC at a rate of 5ºC/min and held for 10 min. Relative percentage amounts of the separated compounds were calculated from FID chromatograms.

Identification of compounds was performed based on direct comparison of the Kovats indices and MS data with those for standard compounds, and computer matching with the NIST NBS54K Library and Wiley Library.

Statistical analysis

All experiments were performed in three replications and ANOVA was done with SPSS 21 software at $p \leq 0.05$. The means were compared with Dancan test. Multivariate analysis of essential oil compositions of treatment groups was performed with Metabo Analyst specialized software.

Results

The characterization procedures were confirm the synthesis nanoparticles. The DLS technique the nanoparticles size as 68.4 ± 1.2 nm. Scanning electron microscope (SEM) images (Figure 1) show that the synthesized potassium nanoparticles are irregularly polyhedral in shape and have particle sizes less than 100 nm. The FT-IR test confirms the nanoparticle synthesis using functional chemical groups frequencies The reappearance of the frequencies at 616.9cm^{-1}, 1114.2cm^{-1}, and 3425.4cm^{-1} in the spectrum of bulk potassium sulfate confirms the formation of the potassium nanoparticle compound from the leaf extract and bulk potassium sulfate.

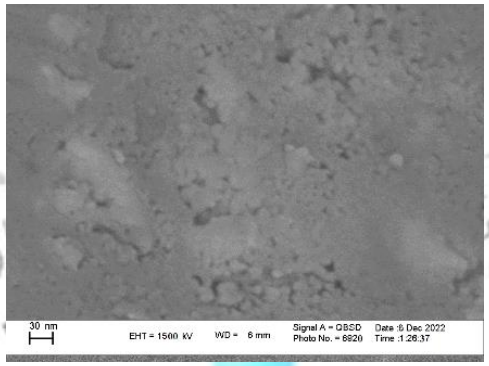


Figure 1: Scanning electron microscope (SEM) image of potassium nanoparticles.

The results of current work revealed that external application of potassium nanoparticles increase essential oil yield of peppermint plants in a dose dependent manner. Whereas, the oil yield was recorded as 0.78 % (V/W) in control group, it reached to 1 and 1.25 % in the groups treated with 0.1 and 1 mg/mL of the nanoparticles.

It was revealed that nanocomposite treatments altered chemical composition and major constituents of the peppermint plants. In the control plants, α-Terpinolene (38.78%) and Menthyl acetate (22.0%) are regarded as main component of the essential oil. On the other hand, Eucalyptol (40.76%) and Allo-ocimene (20.19%) were the major oil component of the plant treated with 0.1 mg/mL of potassium nanoparticles. In the plant group treated with 1 mg/mL of the nanoparticles, the essential oil was dominated with Pulegone (48.50%) as characteristic compound (Table 1). Our results indicated that foliar spray potassium nanoparticle on peppermint plant caused considerable changes in quality of the plant essential oils. Allo-ocimene component which was only 2.9% in the control group, has increased to about 4 times in the nanoparticle treated groups of the plants, this increase is observed only in the 1 mg/L treatment. In the 0.1 treatment, an increase of approximately 7-fold is reported. Pulegone which is present in a small amount in the control group, has risen approximately 100 times in nanoparticle treated groups. According to Table 1, a 100% increase is observed only in the 1 mg/L treatment. In the 0.1 treatment, an almost 9-fold increase was reported. However, some of the essential oil components such as Eucalyptol, α-Terpinolene, Veridiflorol and L-menthone were decrease in the peppermint plants treated with nanoparticles compared with control group. According to Table 1, Eucalyptol increased in the 0.1 nanoparticle treatment compared to the control group.

It is interesting to note that the concentration of 1 mg/mL of the nanoparticles was more effective than another concentration.

Table 1: Chemical composition of the essential oil of *Mentha piperita* at treatment of potassium nanoparticles.

Components of the essential oil	Control		Nanoparticle 0.1 mg/mL		Nanoparticle 1 mg/mL		Kovats index
	Percentage of abundance (percent)	Retention Time (minutes)	Percentage of abundance (percent)	Retention Time (minutes)	Percentage of abundance (percent	Retention Time (minutes)	
1.α- Pinene	0.40	5.936	0.45	6.157	0.54	6.742	940
2. Sabinene	0.62	7.418	0.35	7.424	0.34	7.418	973
3. β- Pinene	0.30	7.630	4.00	7.888	12.51	7.601	985
4. ∝ - Teripene	1.36	8.786	1.70	8.883	1.38	8.722	1013
5. Eucalyptol	12.10	9.558	40.76	9.455	6.88	9.284	1030
6.gamma-Terpinene	0.12	10.199	0.55	10.274	8.20	10.216	1058
7. Camphene	1.20	10.577	5.20	11.828	1.20	11.446	1075
8. α – Terpinolene	38.78	11.046	1.11	12.100	1.32	12.076	1088
9. Allo-ocimene	2.9	12.316	20.19	11.328	12.23	14.651	1118
10. L-menthone	4.50	14.679	0.30	13.043	0.22	14.818	1150
11. Pulegone	0.50	15.543	4.51	16.754	48.50	46.774	1240
12. Menthyl Acetate	21.00	16.848	4.04	18.033	0.08	18.038	-
13. Eugenol	0.80	18.044	0.98	19.985	0.36	18.404	1360
14. copaene	0.32	18.950	1.57	18.754	0.80	18.800	1390
15. β- elememe	1.30	18.673	0.15	19.887	0.07	21.294	1510
16. Maphthalene	0.62	21.071	3.01	22.685	0.20	22.690	-
17.Cargophyllaae oxide	0.16	22.707	0.85	22.896	0.08	23.90	1600
18. Veridiflorol	4.10	22.959	-	23.079	-	-	1612
19 Ledol	0.40	23.102	-	24.018	-	-	1618
20. α- Cadiol	1.12	24.023	1.15	26.773	1.08	26.724	1675
21. Farnesol	0.05	22.255	2.50	22.688	3.30	22.802	1720
22.Diazinone	0.40	26.713	0.40	28.775	-	-	1770
23. Phytol	0.40	31.582	-	-	-	-	2110
Total identified	93.45		93.77		99.29		

Discussion

The green synthesis of potassium nanoparticles has attracted much attention due to their low energy consumption, high reactivity, and non-toxicity (Nanehkaran et al., 2024). These nanoparticles prevent the loss of plant nutrients and play an important role in plant nutrition. In addition, potassium nanoparticles prevent the interaction of nutrients in plants with air, water, soil, and microorganisms (Wang et al., 2024). It seems that the foliar application of potassium nanoparticles provides the substrate and carbon skeleton required for biosynthesis of many secondary metabolites and naturally leads to an increase in the diversity and compounds in the essential oils of plants compared to the control sample (Li et al., 2024). It is assumed that the potassium nanoparticles promote some carbon metabolism process by activating a number of enzymes to provide carbon skeletons. (Nanehkaran et al., 2024). Foliar spraying of micronutrient elements on the leaves of plants has a positive effect on essential oil compounds. In relation to nanoparticles, this effect multiplies (Farnoosh et al., 2024). Our results indicated that potassium nanoparticles alter the quantity and constituent profile of the essential oil of peppermint plants. A previous report indicated that K fertilizer elevate the essential oil yield of peppermint (*Mentha piperita*). The most content of peppermint the essential oil production was recorded with fertilization with K at 218 mg L^{-1} where the oil yield was reached to 0.85% (V/W) (Ostadi et al., 2020). The comparison of our results with the current research revealed that foliar application of K nanoparticle might be more effective in improving the quantity of the peppermint essential oil compared with classic K fertilizers (Fallah et al., 2024). This should be related to the rapid entrance of K through leaves stomata in foliar spray than its absorption from roots (Nanehkaran et al., 2024).

References

Caputo, L., Cornara, L., Raimondo, F. M., De Feo, V., Vanin, S., Denaro, M., Trombetta, D. and Smeriglio, A. (2021) *Mentha pulegium* L.: A plant underestimated for its toxicity to be recovered from the perspective of the circular economy. *Molecules*, 26:2154.

Farnoosh, S., Masoudian, N., Safipour Afshar, A., Nematpour, F. S. and Roudi, B. (2024) Foliar-applied iron and zinc nanoparticles improved plant growth, phenolic compounds, essential oil yield, and

rosmarinic acid production of lemon balm (Melissa officinalis L.). *Environmental Science and Pollution Research*, 31:36882-36893.

Gholamipourfard, K., Salehi, M. and Banchio, E. (2021) *Mentha piperita* phytochemicals in agriculture, food industry and medicine: Features and applications. *South African Journal of Botany*, 141:183-195.

Hamedi, A., Bayat, M., Asemani, Y. and Amirghofran, Z. (2022) A review of potential anti-cancer properties of some selected medicinal plants grown in Iran. *Journal of Herbal Medicine*, 33:100557.

Ismail, M., Ali, S., Abbas, Q., Kamal, Z., Hussain, I., Sidiqa, S., Firdous, B. Z., Romman, M., Sahar, H. and Jan, A. K. (2022) Medicinal and Aromatic Plants. Mountain Studies: Understanding and Managing Mountains for People and Nature 141.

Khan, Y., Sadia, H., Ali Shah, S. Z., Khan, M. N., Shah, A. A., Ullah, N., Ullah, M. F., Bibi, H., Bafakeeh, O. T. and Khedher, N. B. (2022) Classification, synthetic, and characterization approaches to nanoparticles, and their applications in various fields of nanotechnology: A review. *Catalysts* 12:1386.

Kirici, S., Bayram, E., Inan, M., Kaya, D. A. and Özel, A. (2023) Traditional Farming of Apiaceae Species in Türkiye: *Pimpinella anisum* L., *Foeniculum vulgare* Mill., *Cuminum cyminum* L. In Medicinal and Aromatic Plants of Turkey. Springer 241-281.

Nanehkaran, F. M., Razavi, S. M., Ghasemian, A., Ghorbani, A. and Zargar, M. (2024) Foliar applied potassium nanoparticles (K-NPs) and potassium sulfate on growth, physiological, and phytochemical parameters in *Melissa officinalis* L. under salt stress. *Environmental Science and Pollution Research*, 31:31108-31122.

Ray, P. K. (2023) Nutrition, Fertilization and Irrigation. In Jackfruit: Botany, Production and Uses. CABI GB 158-194.

Srivastav, P. P. and Karunanithi, S. (2024) Emerging Methods for Oil Extraction from Food Processing Waste.

Zhao, H., Ren, S., Yang, H., Tang, S., Guo, C., Liu, M., Tao, Q., Ming, T. and Xu, H. (2022) Peppermint essential oil: Its phytochemistry, biological activity, pharmacological effect and application. *Biomedicine & pharmacotherapy*, 154:113559.

اثر محلول پاشی نانوذرات پتاسیم بر ترکیبات فرار گیاه نعناع فلفلی

سید مهدی رضوی[۱]، آناهیتا طباخ ماهر[۱]، زهرا سپهری جوان[۱]
۱- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
*نویسنده مسئول: *razavi694@gmail.com*

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی اثر نانوذرات سولفات پتاسیم بر اسانس گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) بود. نانوذرات به روش سنتز سبز و با استفاده از عصاره برگ توت و محلول سولفات پتاسیم سنتز شدند. نتایج نشان داد که محلول پاشی نانوذرات پتاسیم روی گیاه نعناع باعث تغییرات قابل توجهی در کمیت و کیفیت اسانس گیاه می‌شود. به جز آلوسیمن که در گروه شاهد تنها ۲/۹ درصد بود، بقیه متابولیت‌ها در گروه‌های تیمار شده با نانوذرات گیاهان به حدود ۴ برابر انسبت به گروه شاهد فزایش یافتند. Pulegone که به مقدار کمی در گروه شاهد وجود داشت، در گروه‌های تیمار شده با نانوذرات تقریباً ۱۰۰ برابر افزایش یافت. بازده کل روغن اسانس تحت تیمار نانوذرات پتاسیم افزایش یافت. بازده اسانس از ۰/۷۸ درصد در گروه شاهد به ۱/۲۵ درصد در گیاه نعناع فلفلی تیمار شده با ۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر از محلول نانوذرات پتاسیم افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: اسانس، گیاهان داروئی، نعناع فلفلی، نانوذرات پتاسیم.

مروری بر مصارف دارویی گونه‌های تیره ارکیده (Orchidaceae) در ایران

الهام حاتمی*[۱]، احترام نجفیان[۲]

۱- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: e.hatami@razi.ac.ir

چکیده

تیره ثعلب یا ارکیده (Orchidaceae) با ۴۶ گونه و زیرگونه در ایران به عنوان یکی از تیره‌های مهم از گروه تک لپه‌ای‌ها هستند که از نظر ارزش‌های زیستی و تنوع گیاهی، اقتصادی و زیبایی شناختی دارای اهمیت فراوانی بوده و در بیشتر مناطق رویشی و اکوسیستم‌های نیمه مرطوب و مرطوب گسترش دارند. اعضای این تیره عمدتاً در امتداد کوه‌های البرز در شمال و کوه‌های زاگرس در غرب پراکنده شده‌اند. در ایران، جمع‌آوری غده‌های ارکیده سال‌هاست که برای استفاده محلی در تولید بستنی و طب سنتی انجام می‌شود. یافته‌های پژوهش حاضر مروری است بر اساس جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی بر روی گونه‌های گیاهی این تیره که بومی فلور ایران هستند و دارای مصارف خوراکی و دارویی در مناطق مختلف ایران می‌باشند. بررسی مطالعات پیشین نشان داده‌اند که ارکیده‌های بومی ایران اغلب به عنوان خلط آور و نرم کننده سینه، تقویت قوای جنسی، تقویت کننده اعصاب و در درمان کم خونی، یبوست، عفونت و ورم رحم در زنان و مشکلات کلیوی کاربرد دارند و همچنین در صنایع غذایی به عنوان پایدار کننده در تولید شیرینی و بستنی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اندام مورد استفاده تمام گونه‌های این تیره غده زیرزمینی بوده که دارای مصرف خوراکی چه به صورت خام و چه به صورت پودر هستند. علاوه بر این، رویکرد حفاظتی از ارکیده‌های بومی ایران که اغلب در مناطق هیرکانی و زاگرسی پراکنش دارند نیز حائز اهمیت است، چرا که برداشت بی‌رویه آنها خسارت‌های جبران ناپذیری را برای بقای آنها در طبیعت رقم خواهد زد.

واژه‌های کلیدی: تیره ارکیده، مناطق هیرکانی، مناطق زاگرسی، مصارف دارویی، رویکرد حفاظتی

مقدمه

سرزمین ایران، یکی از مراکز مهم تنوع زیستی گیاهی در اقلیم زیستی کهن یا دنیای قدیم است که نزدیک به ۸۰۰۰ گونه گیاهی بومی بسته به نوع گونه‌ها و نیازهای اکولوژیک آنها، در مناطق رویشی مختلف انتشار یافته‌اند (Jalili & Jamzad 1999). از این میان تیره ثعلب یا ارکیده‌ها (Orchidaceae) با تعداد تقریبی ۱۷ جنس، ۵۰ گونه، زیرگونه و واریته، به عنوان یکی از تیره‌های مهم از گروه تک‌لپه‌ای‌ها هستند که از نظر ارزش زیستی و تنوع گیاهی، اقتصادی و زیبایی شناختی دارای اهمیت فراوانی بوده و در بیشتر مناطق رویشی و اکوسیستم‌های نیمه مرطوب و مرطوب گسترش دارند. اعضای این تیره در زیستگاه‌های مختلف از جنگل‌های هیرکانی و جنگل‌های بلوط خشک گرفته تا مراتع مرطوب آلپی، عمدتاً در امتداد کوه‌های البرز در شمال و کوه‌های زاگرس در غرب پراکنده شده‌اند (Renz 1978; Shahsavari 2008). چرخه زندگی ثعلب‌ها در شرایط طبیعی بسیار طولانی است و حدود پنج تا ده سال

طول می‌کشد تا رشد کنند، گل دهند و بذر تولید کنند. این نرخ تکثیر پایین، نیاز به راهکاری کارآمد برای حفاظت از ارکیده‌ها را ضروری می‌کند (Rasmussen et al. 2015). در ایران، جمع‌آوری غده‌های ارکیده سال‌هاست که برای استفاده محلی در تولید بستنی و طب سنتی انجام می‌شود. ارکیده‌ها به علت اهمیت و جایگاه آنها در تنوع زیستی و همچنین ارزش اقتصادی، از اهمیت ویژه‌ای در بین گیاهان بومی و مجموعه فلور ایران برخوردارند. به طورکلی هدف از این مطالعه، بازنگری و مرور مصارف خوراکی و دارویی گونه‌های تیره ارکیده در فلور ایران می‌باشد. علاوه بر این، رویکرد حفاظتی از گونه‌های ارکیده که اغلب در مناطق هیرکانی و زاگرسی پراکنش دارند نیز حائز اهمیت است، چرا که برداشت بی‌رویه آنها خسارت‌های جبران‌ناپذیری را برای بقای آنها در طبیعت رقم خواهد زد.

مواد و روش‌ها

اطلاعات این تحقیق مروری است بر نتایج تحقیقات مرتبط با شناسایی و معرفی گیاهان دارویی مناطق مختلف ایران که با جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی نظیر Google، Magiran، ISI Web of Science، Iran Medex، Elsevier، Science Direct Springer، PubMed، Wiley online library، SID و شبکه گیاهی ایران (https://www.netplant.ir) انجام گرفت و طی آن مقالاتی که شامل گونه‌هایی از تیره ارکیده با مصارف خوراکی و دارویی بودند انتخاب شدند (اردکانی و همکاران ۱۳۹۹، آروین و فیروزه ۱۴۰۱، تبد و جلیلیان ۱۳۹۴، خدایاری و همکاران ۱۳۹۳، مهربانی و همکاران ۱۳۹۳، مهرنیا و حسینی ۱۳۹۹، Mehrnia et al. 2021, Younessi-Hamzekhanlu et al. 2020). سپس داده‌های مرتبط با گونه‌های این تیره از قبیل نام گونه، اندام مورد استفاده، مصارف دارویی، نحوه مصرف و محل جمع‌آوری از منابع منتخب استخراج و جمع‌آوری گردیدند (جدول ۱). داده‌های اتنوباتنی، پراکنش جغرافیایی و صحت نام علمی هر کدام از گونه‌ها با استفاده از فلورا ایرانیکا جلد ۱۲۶ (Renz 1978) و فلور ایران جلد ۵۷ (Shahsavari, 2008) و همچنین با مشورت متخصصان در جنس‌های خاص و سایت‌های مرتبط با نام علمی گیاهان (https://powo.science.kew.org، https://wfoplantlist.org) کنترل و تایید شد و در نهایت چک لیستی از این گونه‌ها تهیه گردید (جدول ۱).

نتایج و بحث

خانواده Orchidaceae در ایران با ۴۶ گونه و زیرگونه شناخته می‌شود که عمدتاً در امتداد کوه‌های البرز در شمال و کوه‌های زاگرس در غرب پراکنده شده‌اند (Renz 1978; Shahsavari 2008). از ۴۶ گونه و زیرگونه خانواده ارکیده در ایران، ۳۰ گونه و زیرگونه غده گوشتی زیرزمینی تولید می‌کنند که این غده‌ها برای تولید پودر ثعلب جهت استفاده در صنایع غذایی جمع‌آوری می‌شود. در زمان گلدهی، هر گیاه دارای یک غده قدیمی است که گیاه گلدار امسال را تولید می‌کند و یک غده جدید دائمی و زمستان‌گذران که گیاه سال آینده را تولید خواهد کرد. غده قدیمی پوسته پوسته و چروکیده است و در محل به عنوان غده مادر شناخته می‌شود، در حالی که غده جدید گوشتی است و به عنوان غده دختر شناخته می‌شود. زمانیکه برداشت‌کنندگان ارکیده‌ها را پیدا می‌کنند، غده‌ها را بیرون می‌آورند، غده قدیمی را دور می‌اندازند و غده جدید را برای تولید ثعلب (Salep) نگه می‌دارند. مطالعات انجام شده در ایران نشان می‌دهد که در مناطق غربی کشور، از جمله استان‌های کرمانشاه، کردستان و آذربایجان غربی، جنس‌هایی مانند *Dactylorhiza*، *Himantoglossum*، *Anacamptis*، *Orchis* به طور گسترده برای تولید پودر ثعلب برداشت می‌شوند (Kaki et al. 2020).

جدول ۱. مصارف دارویی گونه‌های تیره ارکیده در ایران

	گونه	اندام مورد استفاده	مصارف دارویی	نحوه مصرف	محل جمع آوری
۱	*Dactylorhiza incarnata* (L.) Soï	غده زیرزمینی	درمان کم خونی، ملین، ضد تشنج، درمان سرفه‌های شدید، خلط‌آور و نرم کننده سینه، تقویت قوای جنسی، تقویت کننده اعصاب و آرام بخش، مقوی	پودر، خوراکی به صورت خام	شهر خوی در آذربایجان شرقی استان کهگیلویه و بویراحمد شرق استان خوزستان کرمان
۲	*Ophrys schulzei* Bornm. & Fleischm.	غده زیرزمینی	مصرف به صورت خوراکی	خوراکی به صورت خام	الشتر (لرستان)
۳	*Orchis mascula* (L.) L.	غده زیرزمینی	خلط‌آور، مقوی اعصاب، مقوی سیستم عصبی، درمان صرع، قابض، مورد استفاده در تولید شیرینی و بستنی	خوراکی به صورت خام	الشتر (لرستان)
۴	*Dactylorhiza maculata* (L.) Soó	غده زیرزمینی	خلط آور، مقوی سیستم عصبی، درمان صرع، قابض، مورد استفاده در تولید شیرینی و بستنی	خوراکی به صورت خام	استان لرستان
۵	*Dactylorhiza umbrosa* (Kar. & Kir.) Nevski	غده زیرزمینی	تقویت نیروی جنسی و درمان عفونت و ورم رحم در زنان	خوراکی به صورت پودر دم کرده، خوراکی به صورت خام	منطقه زریوار شهرستان مریوان
۶	*Anacamptis collina* (Banks &Sol. Ex Russell) R.M.Bateman, Pridgeon & M.W.Chase	غده زیرزمینی، گل	تقویت قوای جنسی، ریزش مو، مشکلات کلیوی، سرماخوردگی		منطقه مانه و سملقان خراسان شمالی

در واقع، ارکیده‌ها منبع مهمی از تغذیه و دارو برای مردم در بسیاری از نقاط جهان هستند (Arditti 1992). بر طبق مطالعات اتنوباتنی که تاکنون بر روی مناطق مختلفی از ایران انجام شده، گونه‌های *Dactylorhiza incarnata* و *Ophrys schulzei* و *Orchis mascula*، *Dactylorhiza maculata*، *Dactylorhiza umbrosa* و *Anacamptis collina* گونه‌های از تیره ارکیده هستند که در طب سنتی در درمان بیماری‌هایی از قبیل کم خونی، یبوست، تشنج، صرع، عفونت و ورم رحم در زنان، ریزش مو، مشکلات کلیوی، سرماخوردگی و سرفه‌های شدید کاربرد دارند و همچنین به عنوان خلط‌آور و نرم کننده سینه، تقویت قوای جنسی، تقویت کننده اعصاب و آرام بخش شناخته می‌شوند. علاوه بر این در صنایع غذایی به عنوان پایدار کننده در تولید شیرینی و بستنی کاربرد دارند. اندام مورد استفاده تمام گونه‌های فوق اندام زیرزمینی بوده که دارای مصرف خوراکی چه به صورت خام و چه به صورت پودر هستند. تنها استثنا گونه *Anacamptis collina* است که گل‌های این گونه به صورت دم کرده مورد استفاده قرار می‌گیرند (جدول ۱). جمع‌آوری کنندگان معمولاً ثعلب‌ها را از روی ظاهر اندام‌های هوایی و ظاهر گیاهان خارج شده از خاک شناسایی می‌کنند و با جداکردن غده‌ها بقیه بخش‌ها را دور می‌ریزند (Ghorbani et al. 2014). برداشت ثعلب‌ها قبل از تشکیل بذر باعث کاهش شدید جمعیت گونه‌ها و در نتیجه نایاب شدن و در معرض خطر انقراض قرار گرفتن آنها می‌شود (Kreziou et al. 2016). برداشت گیاهان ثعلب در ایران منجر به تخلیه جمعیت‌های وحشی بسیاری از گونه‌ها شده است به طوری که ۱۹ گونه از ثعلب‌های ایرانی جز گونه‌های در معرض خطر انقراض شناخته می‌شوند و تحت لیسانس کنوانسیون بین‌المللی گونه‌های وحشی در معرض خطر (CITES) قرار گرفته‌اند (Ghorbani et al. 2014). برداشت تجاری از منابع طبیعی در

بیشتر موارد منجر به کاهش منابع می‌شود، در صورتی که اقدامات لازم برای برداشت پایدار به درستی انجام نشود. جهت حفاظت از منابع ارکیده، اجرای ممنوعیت جمع‌آوری در مناطق با جمع‌آوری زیاد، تقویت اجرای مقررات فعلی، توسعه یک سیستم شناسایی مولکولی مبتنی بر بارکدگذاری DNA جهت نظارت و ردیابی تنوع گونه‌ای در تجارت، ایجاد مناطق حفاظت‌شده خاص ارکیده و آموزش ذینفعان محلی برای شیوه‌های جمع‌آوری پایدار و کشت در مقیاس کوچک توصیه می‌شود.

منابع

آروین، پویا فیروزه، رعنا. (۲۰۲۲). مستندسازی علمی و بررسی اتنوبوتانیکی گیاهان دارویی منطقه مانه و سملقان خراسان شمالی. *اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، ۱۰ (۱)، ۶۳-۹۸.

امیری اردکانی، احسان، عسکری، حسین، خادمیان، صدیقه، همتی، شیوا، محققزاده، عبدالعلی. (۱۳۹۹). داروشناسی بومی ایل باوی در استان کهگیلویه و بویراحمد ایران.

تبد، محمد عارف، جلیلیان، نسترن، معروفی حسین. (۲۰۱۶). بررسی فلور، شکل زیستی و پراکنش جغرافیایی گیاهان منطقه زریوار، مریوان، کردستان. *تاکسونومی و بیوسیستماتیک*، ۸(۲۹)، ۶۹-۱۰۲.

خدایاری، حامد، امانی، شهریار، و امیری، حمزه. (۱۳۹۳). اتنوبوتانی گیاهان دارویی شمال شرق استان خوزستان. *اکوفیتو شیمی گیاهان دارویی*، ۲(۴)، ۱۲-۲۶.

مهربانی، میترا، مهدوی، میمند زهرا، میر تاج الدینی، منصور. (۱۳۹۳). بررسی موارد مصرف ومحل رویش داروهای گیاهی موجود در عطاری‌های شهر کرمان. *مجله طب سنتی اسلام و ایران*. ۵ (۱) :۲۱-۳۱

مهرنیا، حسینی. (۲۰۲۰). مطالعهٔ اتنوبوتانی گیاهان دارویی بومی منطقهٔ الشتر (لرستان). *مجله طب سنتی اسلام و ایران*، ۱۱ (۱)، ۸۱-۱۱۲.

Arditti, J. (1992). *Fundamentals of orchid biology* (pp. xii+-691).

Jalili A. and Jamzad Z. (1999). Red Data Book of Iran. Research Institute of Forest and Rangelands. pp 215.

Ghorbani, A., Gravendeel, B., Naghibi, F., & de Boer, H. (2014). Wild orchid tuber collection in Iran: a wake-up call for conservation. *Biodiversity and conservation*, *23*, 2749-2760.

Kaki, A., Vafaee, Y., & Khadivi, A. (2020). Genetic variation of Anacamptis coriophora, Dactylorhiza umbrosa, Himantoglossum affine, Orchis mascula, and Ophrys schulzei in the western parts of Iran. *Industrial Crops and Products*, *156*, 112854.

Kreziou, A., de Boer, H., & Gravendeel, B. (2016). Harvesting of salep orchids in north-western Greece continues to threaten natural populations. *Oryx*, *50*(3), 393-396.

Mehrnia, M., Akaberi, M., Amiri, M. S., Nadaf, M., & Emami, S. A. (2021). Ethnopharmacological studies of medicinal plants in central Zagros, Lorestan Province, Iran. *Journal of Ethnopharmacology*, *280*, 114080.

Renz J (1978). Flora iranica. Part 126: Orchidaceae. Naturhistorisches Museum, Vienna

Rasmussen, H. N., Dixon, K. W., Jersáková, J., & Těšitelová, T. (2015). Germination and seedling establishment in orchids: a complex of requirements. *Annals of Botany*, *116*(3), 391-402.

Shahsavari, A., 2008, Orchidaceae in M. Assadi *et al*., Flora of Iran, Research Institute of Forests and Rangelands, no. 57, 85 p (in persian).

Younessi-Hamzekhanlu, M., Ozturk, M., Altay, V., Nojadeh, M. S., & Alakbarli, F. (2020). Ethnopharmacological study of medicinal plants from Khoy city of West Azerbaijan-Iran.

A review on the medicinal uses of Orchidaceae species in Iran

Elham Hatami[1]*, Ehteram Najafian[2]
1. Department of Biology, Faculty of Science, Razi University, Kermanshah, Iran
2. Department of Botany, Faculty of Biology, Alzahra University, Tehran, Iran
*Corresponding Author: e.hatami@razi.ac.ir

Abstract

The family Orchidaceae, with 46 species and subspecies, is one of the most important families of the Monocotyledons in Iran and has great importance in terms of plant diversity, economic and aesthetic values. Members of this family are mainly distributed in semi-humid and humid ecosystems in Iran along the Alborz Mountains in the north and the Zagros Mountains in the west. For many years in Iran, orchid tubers have been collected for traditional medicine and local uses in ice cream production. The findings of the present study are based on exploring in different databases relative to Orchidaceae species native to the flora of Iran which have edible and medicinal uses in this region. Previous studies indicated that some Iranian orchids are often known as expectorants, sexual enhancers, nervine tonics, and sedatives, and are often used in the treatment of diseases such as anemia, constipation, uterine infections and swelling, and kidney problems, and also in the food industry as a stabilizer in the production of cookies and ice cream. Underground tubers of Orchids are often used as edible part even in raw or powdered forms. In addition, a conservation effort for native Iranian orchids, which are mainly distributed in the Hyrcanian and Zagros regions are important, since indiscriminate harvesting can cause irreparable damage to their survival in the wild.

Keywords: Orchidaceae, Hyrcanian region, Zagros region, Medicinal uses, Conservation priorities

الگوی بومی حفاظت و بهره‌برداری دارویی از درختان بلوط و بنه زاگرس با مشارکت مردم محلی

کرامت حاجی‌حسنی دره‌شوری*
فرهنگی آموزش و پرورش (علوم تربیتی، دانشکده علوم انسانی، شهرکرد، ایران)
*نویسنده مسئول: Karamat.hajihasani@gmail.com

چکیده

جنگل‌های زاگرس با گونه‌های بومی همچون بلوط و بنه، نقشی حیاتی در پایداری زیست‌محیطی، مقابله با بیابان‌زایی، تأمین معیشت جوامع محلی و همچنین تولید گیاهان دارویی ایفا می‌کنند. این دو گونه علاوه بر نقش اکولوژیک، دارای ارزش بالای دارویی هستند؛ از جمله خواص ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و تقویت‌کننده سیستم گوارشی در بنه، و خواص قابض، ضداسهال، ضدباکتری و ترمیم‌کننده در بلوط که در طب سنتی ایران مورد توجه‌اند. با وجود این، تهدیداتی نظیر تغییر اقلیم، بهره‌برداری بی‌رویه، آتش‌سوزی و ضعف سیاست‌گذاری، حیات این اکوسیستم و منابع دارویی ارزشمند آن را به خطر انداخته‌اند. این مقاله با هدف طراحی یک الگوی بومی و مشارکتی برای حفاظت و احیای گونه‌های درختی زاگرس، با تمرکز بر بنه و بلوط، تدوین شده است. روش تحقیق به‌صورت کیفی و مبتنی بر تحلیل اسنادی، بررسی تجارب موفق داخلی و بین‌المللی، و بهره‌گیری از دانش بومی و اجتماعی منطقه صورت گرفت. یافته‌ها نشان می‌دهد که با مشارکت واقعی مردم محلی، ایجاد زنجیره ارزش اقتصادی و دارویی، حمایت نهادی و توسعه بازار، می‌توان به‌طور هم‌زمان به حفاظت از منابع طبیعی و توسعه پایدار جوامع کوهستانی دست یافت. الگوی پیشنهادی بر آموزش، احیا، فرآوری، برندسازی و بازاریابی متمرکز بوده و اشتغال‌زایی ویژه‌ای برای زنان و جوانان فراهم می‌آورد.

واژه‌های کلیدی: بنه، بلوط، داروی گیاهی، توسعه پایدار، زاگرس

مقدمه

جنگل‌های زاگرس به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بوم‌سازگان‌های کوهستانی ایران، نقش بنیادینی در پایداری زیست‌محیطی، حفظ تنوع زیستی، تأمین منابع آب زیرزمینی، و مقابله با بیابان‌زایی دارند. این جنگل‌ها که در نوار غربی کشور گسترده شده‌اند، حدود ۶ میلیون هکتار مساحت دارند و بیش از ۴۰ درصد جنگل‌های ایران را شامل می‌شوند. در این میان، گونه‌های درختی «بلوط ایرانی» (*Quercus brantii*) و «بنه» یا «پسته کوهی» (*Pistacia atlantica*) دو گونه‌ی غالب، بومی و شاخص این پهنه‌ی ارزشمند هستند که از نظر اکولوژیک، اقتصادی، دارویی و فرهنگی اهمیت زیادی دارند (Noroozi, Körner, & Grabherr, 2020).

درخت بلوط با توانایی بالا در تثبیت خاک، حفظ رطوبت و کنترل فرسایش، ستون فقرات پوشش گیاهی زاگرس محسوب می‌شود. همچنین درخت بنه، با مقاومت بالا نسبت به خشکی، شوری و دامنه‌های سنگلاخی، نقش کلیدی در تولید صمغ (سقز)، ذخیره آب باران و تغذیه‌ی گونه‌های جانوری دارد (Pourreza, Zobeiri, & Jafari, 2008). با این‌حال، این دو گونه ارزشمند در دهه‌های اخیر به‌شدت تحت تأثیر تهدیداتی چون آتش‌سوزی، خشکسالی‌های پی‌درپی، بهره‌برداری

غیراصولی، زوال ناشی از بیماری‌ها و پروژه‌های عمرانی قرار گرفته‌اند که منجر به کاهش پوشش جنگلی و آسیب به ساختار اکولوژیکی منطقه شده است (Dashti, Shiravand, & Hosseini, 2022; Shiravand & Hosseini, 2020).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که در استان‌هایی مانند ایلام، لرستان و چهارمحال و بختیاری، روند زوال درختان بلوط به حدی رسیده که میلیون‌ها اصله درخت طی کمتر از یک دهه خشک شده‌اند (Moradi, Khaleghi, & Barani, 2021). درختان بنه نیز که منبع اصلی تولید سقز در ایران هستند، به دلیل برداشت غیراصولی، ضعف در باززایی طبیعی، و نبود برنامه‌های منسجم حفاظتی، در معرض نابودی تدریجی قرار دارند (Mahdavi, 2015). افزون بر این، نبود مشوق‌های اقتصادی برای جوامع محلی و عدم دسترسی به بازار برای محصولات بومی، انگیزه‌ای برای مشارکت مؤثر مردم در حفاظت از منابع طبیعی باقی نگذاشته است (Valipour, Zare Abyaneh, & Gholami, 2014).

در سطح جهانی، مطالعات متعددی نشان داده‌اند که بدون مشارکت فعال مردم محلی، طرح‌های حفاظت از منابع طبیعی به شکست می‌انجامند (Chhetri & Pandey, 1992). کشورهایی مانند نپال با مدل «جنگلداری اجتماعی» و مراکش با تکیه بر تعاونی‌های زنانه برای فرآوری محصولات آرگان، توانسته‌اند ضمن حفاظت از گونه‌های بومی، معیشت پایدار جوامع محلی را نیز تأمین کنند (Liu & Innes, 2015; Montanari, Berrahmouni, & Regato, 2023). در ایران نیز نمونه‌هایی موفق از طرح‌های مشارکتی در استان‌های کردستان، ایلام و کرمانشاه اجرا شده‌اند که نشان می‌دهد هم‌افزایی میان نهادهای دولتی، تسهیل‌گران محلی و مردم، می‌تواند نتایج چشمگیری در کاهش بهره‌برداری‌های مخرب و افزایش پوشش جنگلی به همراه داشته باشد (Moradi, Rezaei, & Ghadiri, 2024).

با این‌حال، یکی از نقاط ضعف اغلب طرح‌های موجود در کشور، نداشتن الگوی بومی‌شده‌ی جامع است که در عین توجه به شرایط اکولوژیکی زاگرس، ظرفیت‌های اقتصادی مردم محلی، دانش بومی، و ابزارهای مدرن مدیریت منابع را به‌صورت تلفیقی مد نظر قرار دهد (Rahmati, Khosravi, & Eftekhari, 2023). پژوهش حاضر درصدد است تا با مرور وضعیت موجود، تحلیل تجربیات داخلی و خارجی، و استفاده از ظرفیت‌های مشارکت‌محور، الگویی کاربردی برای حفاظت و احیای گونه‌های بنه و بلوط در زاگرس ارائه دهد. این الگو نه‌تنها به مسائل زیست‌محیطی پاسخ می‌دهد، بلکه به تقویت اقتصاد روستایی، کاهش مهاجرت و حفظ هویت فرهنگی مردم منطقه نیز توجه دارد. رویکرد پیشنهادی، بر تلفیق چهار عنصر کلیدی استوار است: «مردم‌محوری»، «احیای زیست‌بوم»، «فرآوری و ارزش‌افزایی محصولات جنگلی» و «دسترسی به بازارهای داخلی و خارجی».

هدف اصلی این پژوهش، طراحی و تدوین یک چارچوب بومی و قابل اجرا برای حفاظت و احیای گونه‌های درختی زاگرس با مشارکت فعال مردم محلی است. الگوی پیشنهادی می‌کوشد تا از رهگذر دانش بومی، تجارب بین‌المللی، و ابزارهای مدرن مدیریتی، بستری پایدار برای همزیستی انسان و طبیعت در زاگرس فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از نوع کاربردی – توسعه‌ای با رویکردی توصیفی– تحلیلی و مشارکتی است که به‌منظور طراحی و ارزیابی یک الگوی بومی برای حفاظت و احیای گونه‌های بنه (*Pistacia atlantica*) و بلوط (*Quercus brantii*) در منطقه زاگرس با مشارکت مردم محلی صورت گرفته است.

۱) منطقه مورد مطالعه

مطالعه میدانی در مناطق جنگلی منتخب از استان‌های چهارمحال و بختیاری، ایلام و کهگیلویه و بویراحمد انجام گرفت. این مناطق به دلیل تراکم بالای پوشش جنگلی از گونه‌های هدف، تنوع در شرایط اکولوژیکی و وجود تجارب

بومی حفاظت، به‌عنوان پایلوت انتخاب شدند. داده‌های اقلیمی از سازمان هواشناسی و داده‌های پوشش گیاهی از سامانه اطلاعات مکانی سازمان منابع طبیعی اخذ گردید.

۲) جامعه آماری و نمونه‌گیری

جامعه آماری این تحقیق شامل سه گروه اصلی بود. گروه نخست، ساکنان محلی و بهره‌برداران منابع جنگلی بودند که دربرگیرنده کشاورزان، دامداران و زنان فعال روستایی می‌شدند. گروه دوم را کارشناسان منابع طبیعی، جنگل‌داری و توسعه روستایی تشکیل می‌دادند. در نهایت، گروه سوم شامل اعضای سازمان‌های مردم‌نهاد (NGOs) فعال در حوزه محیط‌زیست بود.

روش نمونه‌گیری به‌صورت هدفمند و گلوله‌برفی (Snowball Sampling) انجام شد. در مجموع، تعداد ۷۵ مصاحبه عمیق نیمه‌ساختاریافته با افراد کلیدی و ۹ گروه متمرکز (Focus Group Discussions) با حضور ذی‌نفعان در سه استان برگزار شد. همچنین، سه مطالعه موردی مشارکتی در قالب اقدام‌پژوهی (Participatory Action Research) برای بررسی طرح‌های موفق اجرا شد.

۳) ابزار گردآوری داده‌ها

- چک‌لیست مصاحبه مبتنی بر مدل‌های موفق بین‌المللی حفاظت مشارکتی (مانند مدل جنگل‌داری اجتماعی نپال و طرح آرگان مراکش)
- ملاحظات میدانی با استفاده از مشاهده مشارکتی *(Participatory Observation)* و ثبت وقایع محیطی
- نقشه‌های GIS برای تحلیل فضایی تغییرات پوشش گیاهی و پهنه‌بندی تهدیدات زیست‌محیطی

پرسش‌نامه‌ها بر اساس مقیاس لیکرت پنج‌درجه‌ای تنظیم شده و روایی صوری آن‌ها با نظر ۶ نفر از خبرگان منابع طبیعی و برنامه‌ریزی مشارکتی تأیید گردید.

۴) روش تحلیل داده‌ها

داده‌های کمی با استفاده از نرم‌افزار *SPSS v26* و تکنیک‌های آماری مانند:

- تحلیل توصیفی (میانگین، انحراف معیار، درصد فراوانی)
- آزمون خی‌دو برای سنجش رابطه بین متغیرهای اجتماعی و محیطی
- آزمون t مستقل برای مقایسه بین دو گروه جمعیتی (مثلاً مناطق دارای سابقه مشارکت و فاقد آن)

داده‌های کیفی با استفاده از تحلیل مضمون *(Thematic Analysis)* و نرم‌افزار *MAXQDA* کدگذاری و تحلیل شدند. رویکرد تحلیل کیفی مبتنی بر مدل براون و کلارک (2006) انجام شد و مضامین کلیدی از طریق بازخوانی، کدگذاری اولیه، دسته بندی محتوایی و اعتبارسنجی گروهی استخراج شد.

۵) اعتبارسنجی و پایایی

برای افزایش پایایی پرسش‌نامه‌ها، ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شد که در مقیاس‌های اصلی بالاتر از ۰,۸۰ به‌دست آمد. برای اطمینان از اعتبار داده‌های کیفی، از روش بازبینی مشارکت‌کنندگان (Member Check) و

مثلث‌سازی داده‌ها (Data Triangulation) استفاده شد. همچنین جلسات مرور یافته‌ها با حضور کارشناسان محلی، دهیاران و اعضای تعاونی‌ها برگزار شد تا تحلیل‌ها با واقعیت‌های میدانی هم‌راستا باشند.

نتایج و بحث

نتایج این پژوهش نشان‌دهنده‌ی اهمیت و کارایی الگوی بومی مبتنی بر مشارکت محلی در حفاظت، احیا و بهره‌برداری پایدار از گونه‌های درختی زاگرس، به‌ویژه بنه (*Pistacia atlantica*) و بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) است. تحلیل‌های میدانی، مطالعات تطبیقی و بررسی تجربیات موفق داخلی و جهانی همگی این واقعیت را تأیید می‌کنند که حفاظت از منابع طبیعی، بدون مشارکت فعال جوامع محلی، محکوم به شکست است. افزون بر این، شناسایی خواص دارویی و تجاری این گونه‌ها می‌تواند عاملی قوی برای تقویت انگیزه مشارکت مردمی در حفاظت از آن‌ها باشد.

در مرحله نخست، بررسی وضعیت موجود در استان‌های چهارمحال و بختیاری، ایلام، لرستان و کهگیلویه و بویراحمد نشان داد که در مناطقی که طرح‌های محلی فرآوری بنه و حفاظت از جنگل اجرا شده‌اند، رفتار مردم نسبت به منابع طبیعی به‌طور معناداری تغییر کرده است. نرخ قطع درختان بنه و بلوط تا ۶۵٪ کاهش یافته و شاخص مشارکت در فعالیت‌های حفاظتی مانند نهال‌کاری، قرق مراتع و گشت‌های مردمی تا ۴۰٪ افزایش یافته است.

یکی از نقاط قوت این طرح‌ها، بهره‌گیری از خواص دارویی این درختان در قالب ایجاد زنجیره ارزش افزوده بوده است. مغز بنه، سرشار از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، اسیدهای چرب ضروری و ویتامین‌های گروه E و B است و به‌عنوان مکمل تغذیه‌ای و دارویی در درمان مشکلات گوارشی و تقویت سیستم ایمنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین سقز (صمغ) بنه دارای خاصیت ضدباکتری، ضدقارچ و التیام‌بخش است و در داروسازی سنتی ایران، برای درمان زخم‌های گوارشی، بوی بد دهان و تقویت حافظه کاربرد دارد. بلوط نیز حاوی تانن‌ها، پلی‌فنول‌ها و ترکیبات ضدالتهابی است که در تهیه پمادهای موضعی برای درمان التهابات پوستی، اگزما و حتی تقویت رشد مو به کار می‌رود. همین ویژگی‌های دارویی باعث شده تا فرآورده‌های حاصل از این درختان، نه‌تنها در بازارهای داخلی بلکه در صادرات گیاهان دارویی نیز جایگاه پیدا کنند.

تحلیل مصاحبه‌ها با ۲۴ نفر از اعضای تعاونی‌های روستایی نشان داد که فعالیت‌های فرآوری محصولات دارویی و غذایی بنه (روغن، مغز، صمغ، کپسول‌های گیاهی و ...) در هر روستا به‌طور متوسط به ایجاد ۱۰–۱۵ شغل مستقیم و بیش از ۳۰ شغل غیرمستقیم انجامیده است. این اشتغال‌زایی موجب افزایش درآمد خانوارها، کاهش مهاجرت، و تقویت تاب‌آوری اقتصادی در برابر نوسانات اقلیمی شده است. مشارکت زنان در زنجیره تولید و بازاریابی نیز نقطه عطفی در عدالت جنسیتی و توسعه ظرفیت‌های محلی بوده است.

داده‌های تصاویر ماهواره‌ای و آمار منابع طبیعی نیز این تأثیر مثبت را تأیید می‌کنند. در مناطقی که الگوهای مشارکتی اجرا شده‌اند، شاخص NDVI طی ۵ سال گذشته به‌طور میانگین ۱۲٪ بهبود یافته و سطح جنگل‌های احیاشده از مرز ۳۰۰۰ هکتار عبور کرده است. این بهبود با بازگشت گونه‌های گیاهی بومی، کاهش فرسایش خاک و افزایش بارش‌های نفوذی همراه بوده است.

مطالعات تطبیقی با کشورهای نپال و مراکش نشان داد که رویکردهای جنگلداری اجتماعی مبتنی بر بهره‌برداری دارویی و اقتصادی از گونه‌های بومی، نه‌تنها منجر به حفاظت منابع، بلکه به برندسازی بین‌المللی این محصولات نیز انجامیده است. تعاونی‌های زنانه مراکشی در حوزه فرآوری آرگان، مدلی قابل تعمیم برای تعاونی‌های محلی زاگرس در زمینه روغن بنه یا محصولات بلوط هستند. این کشورها با بهره‌گیری از ابزارهای حقوقی، حمایت تسهیلاتی و آموزش مستمر، توانسته‌اند الگوهایی پایدار در مدیریت زیست‌بوم ایجاد کنند.

نتایج همچنین نشان داد که حضور تسهیل‌گران بومی، شوراهای محلی و نهادهای مردمی در موفقیت طرح‌ها نقشی کلیدی دارند. وجود نهادهای اعتمادساز، حمایت مالی کم‌بهره، بیمه‌نامه‌های محیط‌زیستی و آموزش‌های فنی و بهداشتی، همه عواملی بودند که به حفظ انگیزه مشارکت و پایداری طرح کمک کردند.

در مجموع، این پژوهش ثابت می‌کند که بنه و بلوط تنها درخت نیستند؛ بلکه پتانسیل‌های دارویی، اقتصادی، فرهنگی و اکولوژیکی آن‌ها، آن‌ها را به دارایی‌های استراتژیک برای توسعه پایدار مناطق کوهستانی تبدیل کرده است. نجات زاگرس و احیای سرمایه‌های آن، نیازمند الگویی مبتنی بر مشارکت، آموزش، بهره‌برداری مسئولانه و ارزش‌افزایی هدفمند است. هر درخت بنه‌ای که محافظت شود، می‌تواند منشأ تولید محصولات دارویی و خوراکی ارزشمند، و هر درخت بلوطی که حفظ شود، می‌تواند به سلامت خاک، حفظ آب، تنوع زیستی و اقتصاد محلی کمک کند.

منابع

Chhetri, R. B., & Pandey, T. R. (1992). *User group forestry in the far-western region of Nepal* (*case studies from Baitadi and Achham*).

Dashti, S., Amini, J., Ahmadi Sani, N., & Javanmard, A. (2022). Zoning areas prone to fire occurrences in the forest ecosystems of North Zagros (Case study: Sardasht forests in West Azarbaijan). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 10(30), 105–126.

Feghhi, J., Hemmati, S., & Babaei, K. (2018). Traditional and medicinal uses of oak (*Quercus brantii*) in the Zagros region. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 34(1), 77–92. [In Persian, with English abstract]

Kaur, G., & Hamid, H. (2004). Anti-inflammatory activity of *Quercus infectoria* (oak) gall extracts. *Phytotherapy Research*, 18(11), 887–890.

Liu, J., & Innes, J. (2015). Participatory forest management in China: key challenges and ways forward. *International Forestry Review*, 17(4), 477–484.

Mahdavi, A. (2015). The economic, social, and ecological impacts of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) oleo-gum resin extraction cooperatives in Zagros forests, Ilam province, Iran. *Forests, Trees and Livelihoods*, 24(4), 275–284.

Montanari, B., Handaine, M., & Id Bourrous, J. (2023). Argan oil trade and access to benefit sharing: a matter of economic survival for rural women of the Souss Massa, Morocco. *Human Ecology*, 51(5), 995–1007.

Moradi, M. J., Kiadaliri, H., Kafaky, S. B., & Bakhoda, H. (2021). Detection of high potential areas of Persian oak forests decline in Zagros, Iran, using TOPSIS method. *Cerne*, 27, e–102640.

Moradi, S., Ahmadi Sani, N., & Pato, M. (2024). Can non-timber forest products (NTFPs) contribute to the sustainable livelihoods of rural communities? Case study: Central Zagros, Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 1–13.

Noroozi, J., Talebi, A., Doostmohammadi, M., & Bagheri, A. (2020). The Zagros mountain range. In *Plant Biogeography and Vegetation of High Mountains of Central and South-West Asia* (pp. 185–214).

Pourreza, M., Shaw, J. D., & Zangeneh, H. (2008). Sustainability of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) in Zagros forests, Iran. *Forest Ecology and Management*, 255(11), 3667–3671.

Rahmati, G., Shahraki, M. R., & Yousefian, M. (2023). Structural analysis of the development drivers affecting the realization of multi-purpose management of summer rangeland at Mazandaran province based on future studies approach. *ECOPERSIA*, 11(4), 349–368.

Shahwar, D., Raza, M. A., & Raza, N. (2012). Antioxidant activity and phytochemical analysis of *Pistacia atlantica* extracts. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(4), 489–495.

Shiravand, H., & Hosseini, S. A. (2020). A new evaluation of the influence of climate change on Zagros oak forest dieback in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 141, 685–697.

Valipour, A., Plieninger, T., Shakeri, Z., Ghazanfari, H., Namiranian, M., & Lexer, M. J. (2014). Traditional silvopastoral management and its effects on forest stand structure in northern Zagros, Iran. *Forest Ecology and Management*, 327, 221–230.

A Local Model for the Conservation and Medicinal Utilization of Zagros Oak and Pistachio Trees with Community Participation

Karamat Haji Hasani Dareh Shouri*
Cultural Education (Educational Sciences, Faculty of Humanities, Shahrekord, Iran)
*Corresponding Author: Karamat.hajihasani@gmail.com

Abstract

The Zagros forests, home to native species such as oak (*Quercus brantii*) and wild pistachio (*Pistacia atlantica*), play a vital role in ecological sustainability, combating desertification, supporting the livelihoods of local communities, and producing medicinal plants. Beyond their ecological value, these two species are of significant medicinal importance: *Pistacia atlantica* exhibits anti-inflammatory, antioxidant, and digestive-enhancing properties, while *Quercus brantii* is known in Iranian traditional medicine for its astringent, antidiarrheal, antibacterial, and tissue-repairing effects. Despite these benefits, threats such as climate change, overexploitation, wildfires, and poor policy frameworks have endangered both the ecosystem and its valuable medicinal resources. This study aims to design a local and participatory model for the conservation and restoration of Zagros tree species, focusing on oak and wild pistachio. The research follows a qualitative methodology, combining document analysis, review of successful national and international experiences, and integration of indigenous and local knowledge. Findings suggest that with genuine community participation, the creation of an economic and medicinal value chain, institutional support, and market development, it is possible to achieve both environmental conservation and sustainable development for mountainous communities. The proposed model emphasizes training, ecological restoration, processing, branding, and marketing, with special potential for employment generation among women and youth.

Keywords: *Baneh*, *Oak*, Medicinal Plants, Sustainable Development, Zagros

نقش محرک‌های زیستی (بیواستیمولانت‌ها) در افزایش مقاومت گیاهان دارویی به تنش شوری

صادق رضازاده*

گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان

*نویسنده مسئول: *Sadegh.Rezazadeh@bardsir.uk.ac.ir*

چکیده

گیاهان دارویی نقش حیاتی در سلامت انسان و اقتصاد جهانی ایفا می‌کنند، اما پایداری تولید آن‌ها به شدت تحت تأثیر تنش‌های محیطی، به ویژه شوری خاک، قرار دارد. شوری با برهم‌زدن تعادل اسمزی، اختلالات یونی و تولید گونه‌های فعال اکسیژن، رشد و متابولیسم گیاه را مختل می‌کند. محرک‌های زیستی (بیواستیمولانت‌ها) به عنوان راهبردی نوین و دوستدار محیط زیست، پتانسیل قابل توجهی در کاهش اثرات سوء تنش شوری و افزایش مقاومت گیاهان نشان داده‌اند. این مقاله مروری، با هدف جمع‌بندی و تحلیل آخرین دستاوردهای تحقیقاتی در زمینه نقش بیواستیمولانت‌ها در افزایش تحمل گیاهان دارویی به تنش شوری، به بررسی ریزجلبک‌ها می‌پردازد. انواع بیواستیمولانت‌ها نظیر عصاره‌های جلبک دریایی، اسیدهای هیومیک و فولویک، اسیدهای آمینه، میکروارگانیسم‌های مفید و نانوذرات زیستی هستند. یافته‌ها حاکی از آن است که بیواستیمولانت‌ها از طریق مکانیزم‌های متنوعی از جمله بهبود جذب آب و عناصر غذایی، تنظیم تعادل هورمونی، تقویت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، تعدیل بیان ژن‌های مرتبط با تنش، و افزایش تجمع اسمولیت‌های سازگار، مقاومت گیاهان دارویی را در شرایط شور بهبود می‌بخشند. استفاده از این ترکیبات به عنوان ابزاری موثر در کشاورزی پایدار، نه تنها می‌تواند بهره‌وری گیاهان دارویی را در اراضی شور افزایش دهد، بلکه به حفظ کیفیت ترکیبات فعال آن‌ها نیز کمک می‌کند. تحقیقات آینده باید بر شناسایی بیواستیمولانت‌های خاص برای گونه‌های دارویی مختلف و بررسی کارایی آن‌ها در مقیاس مزرعه‌ای متمرکز شود تا زمینه برای کاربرد عملی و گسترده‌تر این راهکار فراهم گردد.

واژه‌های کلیدی: بیواستیمولانت‌ها، محرک‌های زیستی، گیاهان دارویی، تنش شوری و مقاومت گیاه

مقدمه

گیاهان دارویی، گنجینه‌ای ارزشمند از طبیعت محسوب می‌شوند که از دیرباز در طب سنتی فرهنگ‌های مختلف جایگاه ویژه‌ای داشته‌اند (Roy et al., 2025). تولید پایدار و با کیفیت گیاهان دارویی در سراسر جهان با چالش‌های فزاینده‌ای نظیر تغییرات اقلیمی و افزایش سطح تنش‌های غیرزیستی، به‌خصوص شوری خاک، مواجه است (Jangpangi et al.,2025). محرک زیستی گیاهی هر ماده یا میکروارگانیسمی است که صرف نظر از محتوای مواد مغذی آن، با هدف افزایش راندمان تغذیه‌ای، تحمل تنش‌های غیرزیستی و یا ویژگی‌های کیفی محصول، به گیاهان اعمال می‌شود. مقررات اتحادیه اروپا (EU) محدودیت‌هایی را بر استفاده و تولید آفت‌کش‌ها اعمال می‌کند؛ بنابراین، این امر نیاز به جستجوی مواد جدید و مؤثری دارد که سازگار با محیط زیست باشند. یکی از راه‌حل‌ها استفاده از محرک‌های زیستی گیاهی است که هم برای انسان و هم برای محیط زیست بی‌خطر هستند و به‌ویژه برای کاهش مواد

شیمیایی درکشاورزی ارزشمند هستند (Rafiee et al., 2016). در سال‌های اخیر، محرک‌های زیستی گیاهی به طور گسترده در کشاورزی و زراعت مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اثرات مثبت کاربرد آن نتایج فوق‌العاده‌ای به همراه داشته است که توسط بسیاری از مطالعات تأیید شده است. محرک‌های زیستی گیاهی مواد آلی هستند که به نظر می‌رسد بر چندین فرآیند متابولیکی مانند تنفس، فتوسنتز، سنتز اسید نوکلئیک و جذب یون تأثیر می‌گذارند و هنگامی که در مقادیر کم استفاده می‌شوند، رشد و نمو گیاه را بهبود می‌بخشند یا به عبارت دیگر، مخلوطی از دو یا چند تنظیم‌کننده رشد گیاهی یا ترکیبی از این مواد با سایر مواد (اسیدهای آمینه، مواد مغذی، ویتامین‌ها) به عنوان یک محرک رشد گیاه یا محرک زیستی گیاهی شناخته می‌شود (Rafiee et al., 2016). استفاده از محرک‌های زیستی گیاهی در شرایط تنش محیطی می‌تواند اثرات تنش را کاهش داده و ظرفیت نگهداری آب خاک، رشد ریشه و عملکرد را بهبود بخشد. به‌طورکلی، آنها فرآیندهای متابولیکی را برای افزایش عملکرد در گیاهان تحریک می‌کنند به طور خاص، آنها با افزایش مقدار جذب عناصر ریز و درشت توسط گیاهان، مصرف کودهای معدنی را کاهش می‌دهند و بر مورفولوژی ریشه و رشد گیاه تأثیر مثبت می‌گذارند (Rafiee et al., 2016). آنها همچنین فعالیت شبه هورمونی نشان می‌دهند و با تعامل با فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی، بر متابولیسم گیاه تأثیر می‌گذارند (Rafiee et al., 2016). هدف از این مطالعه مروری جمع‌بندی و تحلیل آخرین یافته‌های علمی در خصوص نقش بیواستیمولانت‌ها در افزایش مقاومت گیاهان دارویی به تنش شوری است.

تنش شوری و مکانیسم‌های تحمل آن در گیاهان دارویی

تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که کیفیت و عملکرد محصولات کشاورزی را از طریق افزایش فشار اسمزی محلول خاک، کاهش آب قابل استفاده گیاه، سمیّت برخی عناصر مانند سدیم و کلر، برهم‌زدن تعادل در جذب عناصر ضروری و تنش اکسیداتیو تحت تأثیر قرار می‌دهد. گیاهان از طریق فرآیندهای فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و همچنین، سلولی و مولکولی بسیار متفاوت و پیچیده به این تنش پاسخ داده و خود را با شرایط محیطی منطبق و یا متحمل می‌سازند (Gholamnia et al., 2021). یکی از چالش‌های عمده کشاورزی جهان، تولید ۷۰ درصد محصولات غذایی بیشتر برای ۲/۳ میلیارد نفر دیگر تا سال ۲۰۵۰ در سراسر جهان است. شوری یک تنش عمده است که افزایش تقاضا برای محصولات غذایی را محدود می‌کند. بیش از ۲۰ درصد از زمین‌های کشت شده در سراسر جهان (حدود ۴۵ هکتار) تحت تأثیر تنش شوری قرار دارند و این مقدار روز به روز در حال افزایش است. گیاهان بر اساس تکامل سازشی می‌توانند تقریباً به دو نوع اصلی طبقه‌بندی شوند: هالوفیت‌ها (که می‌توانند شوری را تحمل کنند) و گلیکوفیت‌ها (که نمی‌توانند شوری را تحمل کنند و در نهایت می‌میرند). اکثر گونه‌های اصلی محصولات زراعی متعلق به این دسته دوم هستند. بنابراین شوری یکی از بی‌رحمانه‌ترین تنش‌های محیطی است که مانع از بهره‌وری محصولات کشاورزی در سراسر جهان می‌شود (Gholamnia et al., 2021).

مکانیسم‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی تحمل شوری در گیاهان دارویی

گیاهان برای زنده ماندن در خاک‌هایی با غلظت بالای نمک، مکانیسم‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مختلفی را توسعه می‌دهند. مکانیسم‌های اصلی شامل موارد زیر هستند، اما محدود به آنها نمی‌شوند: (۱) هموستاز و بخش‌بندی یون، (۲) انتقال و جذب یون، (۳) بیوسنتز مواد محافظ اسمزی و املاح سازگار، (۴) فعال‌سازی آنزیم آنتی‌اکسیدان و سنتز ترکیبات آنتی‌اکسیدان، (۵) سنتز پلی‌آمین‌ها، (۶) تولید اکسید نیتریک (NO) و (۷) تعدیل هورمون (Gupta and Huang, 2014).

محرک‌های زیستی (بیواستیمولانت‌ها) ریزجلبک‌ها

به طور خاص، عصاره‌های ریزجلبک‌ها با بهبود جذب کاتیون‌های ضروری مانند Mg^{2+} و Fe^{2+} که برای سنتز کلروفیل حیاتی هستند، از تخریب کلروفیل جلوگیری می‌کنند. علاوه بر این، این عصاره‌ها تجمع املاح سازگار مانند پرولین را افزایش می‌دهند که هم به عنوان آنتی‌اکسیدان و هم به‌عنوان محافظ اسمزی عمل می‌کند. پرولین به جلوگیری از آسیب به غشاهای سلولی و پروتئین‌ها کمک می‌کند و در نتیجه دفاع سلولی را در برابر تنش شوری تقویت می‌کند. استفاده از عصاره‌های جلبک می‌تواند اثرات مضر تنش شوری را با کاهش جذب Na^+ و افزایش جذب K^+ کاهش دهد (Fiorentino et al., 2025). این امر به حفظ پتانسیل اسمزی سلولی کمک می‌کند و از رسیدن Na^+ به غلظت‌های سمی در گیاه جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، عصاره‌های جلبک بر فعالیت‌های بیولوژیکی سلول‌های گیاهی تأثیر مثبت می‌گذارند و جوانه‌زنی بذر را افزایش داده و پارامترهای رشد گیاه را بهبود می‌بخشند. این مزایا به محتوای غنی عناصر میکرو و ماکرو، ویتامین‌ها، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، اکسین‌ها، پرولین، مانیتول و اسیدهای آمینه موجود در عصاره‌ها نسبت داده می‌شود (Fiorentino et al., 2025). محرک‌های زیستی میکرو جلبکی به دلیل رشد سریع و تولید زیست‌توده بالای میکروجلبک‌ها در طیف وسیعی از شرایط محیطی، از جمله تغییرات دما، نور، رطوبت و تغییرات فصلی، به‌ویژه سودمند هستند. میکروجلبک‌های تک سلولی، مانند کلرلا ولگاریس، به دلیل خواص محرک زیستی خود، به‌ویژه در افزایش مقاومت گیاه در شرایط استرس، شناخته شده‌اند. با این حال، تنوع گسترده‌ای از گونه‌های ریزجلبک وجود دارد که بسیاری از آنها هنوز ناشناخته مانده‌اند و پتانسیل کاربردهای محرک زیستی را دارند. این گونه‌ها به دلیل سازگاری با محیط‌های سخت و تنوع زیستی بکر خود، فرصت‌های بی‌نظیری را برای تحقیق ارائه می‌دهند. در میان این گونه‌ها، اتلیا سودوآلوئولاریس، یک ریزجلبک با منشأ اکوادوری، قرار دارد. اگرچه قبلاً به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد باکتریایی و ضد جهش‌زایی آن مورد مطالعه قرار گرفته است. پتانسیل آن به عنوان یک محرک زیستی هنوز ناشناخته مانده است (Fiorentino et al., 2025).

نتیجه‌گیری

مطالعات متعدد نشان داده‌اند که محرک‌های زیستی ریزجلبک‌ها می‌توانند با تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف، از جمله پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی و کارایی فتوسنتز، مقاومت گیاه را در برابر تنش شوری افزایش دهند (Fiorentino et al., 2025). نتایج، تأثیر پیچیده و وابسته به گونه تنش شوری و تیمارهای ریزجلبکی برگیاه دارویی کینوا (quinoa Chenopodium) را برجسته می‌کند و بر نقش آنها در تعدیل پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی و مدیریت استرس اکسیداتیو تأکید می‌کند. این امر از مطالعات قبلی در مورد اثرات محافظتی محرک‌های زیستی پشتیبانی می‌کند و نقش ریزجلبک‌ها را به عنوان ابزارهای ارزشمند در کشاورزی پایدار بیشتر تقویت می‌کند. محرک‌های زیستی همچنین می‌توانند در دسترس بودن مواد مغذی کلیدی (مانند نیتروژن، منیزیم یا آهن) را تغییر دهند استفاده از محرک‌های زیستی می‌تواند عملکرد گیاه دارویی کینوا را تحت عوامل تنش‌زای محیطی مانند خشکسالی، دمای بالا و تنش شوری بیشتر افزایش دهد (Fiorentino et al., 2025).

منابع

Fiorentino, S., Bellani, L., Santin, M., Castagna, A., Echeverria, M. C., and Giorgetti, L. (2025). Effects of microalgae as biostimulants on plant growth, content of antioxidant molecules and total antioxidant capacity in Chenopodium quinoa exposed to salt stress. Plants, 14(5), 781.

Gholamnia, Mosleh Arani, Sodaeizadeh, Torkesh Esfahani, and Ghasemi. (2021). Investigating the effects of salinity and heat stress on physiological and vegetative characteristics in the medicinal plant peppermint (Mentha piperita L.) at different time intervals. Plant Biological Sciences, 13(2), 39-52.

Gupta, B., and Huang, B. (2014). Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. International journal of genomics, 2014(1), 701596.

Jangpangi, D., Patni, B. P., Chandola, V., and Chandra, S. (2025). Medicinal plants in a changing climate: understanding the links between environmental stress and secondary metabolite synthesis. Frontiers in Plant Science, 16, 1587337.

Rafiee, H., Naghdi Badi, H. A., Mehrafarin, A., Qaderi, A., Zarinpanjeh, N., Sękara, A., and Zand, E. (2016). Application of plant biostimulants as new approach to improve the biological responses of medicinal plants-A critical review. Journal of Medicinal Plants, 15(59), 6-39.

Roy, A., Verma, S., Pandey, P., Acharyya, R., Singh, M., Mahapatra, A., ... and Memon, A. (2025). The Cultural Significance of Medicinal Plants in Literature and Traditional Medicine: A Review of Geographic Distribution, Health Benefits and Marketing Strategies. International Journal of Scientific Research and Technology.

The role of biostimulants in increasing the resistance of medicinal plants to salt stress

Sadegh Rezazadeh*
Plant Production Department, Bardsir Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman
*Corresponding author: Sadegh.Rezazadeh@bardsir.uk.ac.ir

Abstract

Medicinal plants play a vital role in human health and the global economy, but the sustainability of their production is severely affected by environmental stresses, especially soil salinity. Salinity disrupts plant growth and metabolism by disrupting osmotic balance, ionic disturbances, and the production of reactive oxygen species. Biostimulants, as a novel and environmentally friendly strategy, have shown significant potential in reducing the adverse effects of salt stress and increasing plant resistance. This review article aims to summarize and analyze the latest research achievements in the field of the role of biostimulants in increasing the tolerance of medicinal plants to salt stress, examining microalgae. Types of biostimulants include seaweed extracts, humic and fulvic acids, amino acids, beneficial microorganisms, and biological nanoparticles. The findings indicate that biostimulants improve the resistance of medicinal plants to saline conditions through various mechanisms, including improving water and nutrient absorption, regulating hormonal balance, strengthening the antioxidant defense system, modulating the expression of stress-related genes, and increasing the accumulation of compatible osmolytes. Using these compounds as an effective tool in sustainable agriculture can not only increase the productivity of medicinal plants in saline lands, but also help maintain the quality of their active compounds. Future research should focus on identifying specific biostimulants for different medicinal species and investigating their efficacy at the farm scale to pave the way for a more practical and widespread application of this approach.

Keywords: Biostimulants, biological stimulants, medicinal plants, salinity stress and plant resistance

طراحی مدل میکروسکوپی ساده برای شناسایی دقیق گیاهان دارویی عطاری‌ها: گامی در جهت تضمین کیفیت و کارآفرینی علمی در بازار سنتی استان فارس

صدیقه خادمیان [*1]، محمدمهدی زرشناس [1،2]

۱- گروه داروسازی سنتی، دانشکدهٔ داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

۲- مرکز تحقیقات گیاهان داروئی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

[*]نویسنده مسئول: botanist@sums.ac.ir

چکیده

در بازار گیاهان دارویی ایران، بسیاری از فرآورده‌ها بدون انجام بررسی‌های علمی دقیق به مصرف‌کنندگان عرضه می‌شوند؛ موضوعی که می‌تواند به کاهش کیفیت و اثربخشی درمان، بروز عوارض ناخواسته و کاهش اعتماد عمومی منجر گردد. در این پژوهش، ۲۰ گونه رایج گیاه دارویی از عطاری‌های استان فارس جمع‌آوری شده و صحت شناسایی آن‌ها با استفاده از روش‌های میکروسکوپی و خرده‌نگاری ــ شامل بررسی ساختارهای سلولی، بافتی و ذرات پودر گیاه تحت بزرگ‌نمایی ــ مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌ها نشان دادند که در برخی موارد، به‌ویژه در گیاهان پودرشده یا دارای شباهت ظاهری، اشتباهاتی در عرضه و شناسایی گونه‌ها رخ داده است. در نتیجه، مدلی ساده و کارآمد بر پایه روش‌های کلاسیک فارماکوگنوزی به‌عنوان ابزار تشخیص اولیه پیشنهاد شد. افزون بر آن، امکان بهره‌برداری از این مدل در قالب خدمات علمی - کارآفرینانه برای ارتقاء کنترل کیفیت گیاهان دارویی بررسی و پیشنهاد گردید.

واژه‌های کلیدی: خرده‌نگاری، گیاهان دارویی،، کارآفرینی، کنترل کیفیت، میکروسکوپی

مقدمه

با افزایش تمایل عمومی به درمان‌های طبیعی و رشد مصرف گیاهان دارویی در سال‌های اخیر، بازار فروش گیاهان دارویی در ایران رونق چشم‌گیر یافته است. با این حال، نبود سامانه‌ای استاندارد برای شناسایی و کنترل کیفیت گیاهان عرضه‌شده در این بازار، یکی از چالش‌های اساسی نظام سلامت و صنعت داروسازی کشور محسوب می‌شود. به‌ویژه در مواردی که گیاهان دارویی به‌صورت خشک‌شده یا پودرشده به فروش می‌رسند، به دلیل شباهت‌های ظاهری بین گونه‌ها و عدم آگاهی تخصصی فروشندگان، احتمال بروز خطا در شناسایی افزایش می‌یابد (Miraldi et al., 2001; Heinrich et al., 2012).

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که جایگزینی اشتباه گیاهان دارویی، علاوه بر کاهش کیفیت و اثربخشی درمان، ممکن است منجر به بروز عوارض جانبی، تداخلات دارویی یا حتی مسمومیت گردد (Sasidharan et al., 2011). ازاین‌رو، شناسایی دقیق و علمی گونه‌های گیاهی، به‌ویژه در مراحل اولیه زنجیره تأمین، برای تضمین ایمنی و سلامت مصرف‌کننده و همچنین حفظ اعتماد عمومی، امری ضروری است.

در این زمینه، روش‌های خرده‌نگاری (microscopic powder analysis) به‌عنوان ابزارهایی معتبر، اقتصادی و کم‌هزینه در علوم فارماکوگنوزی (شناخت دارویی گیاهان) شناخته می‌شوند. این روش‌ها با بررسی ساختارهای سلولی، بافتی، و عناصر تشخیصی در ذرات پودرشده گیاهان، امکان شناسایی سریع و قابل‌اعتماد گونه‌ها را فراهم می‌کنند.

به‌ویژه در شرایطی که دسترسی به روش‌های پیشرفته مانند آنالیزهای کروماتوگرافی یا آزمون‌های مولکولی محدود است، این تکنیک‌ها می‌توانند به‌عنوان جایگزینی علمی و عملی مورد استفاده قرار گیرند (Evans, 2009; Kokate et al., 2014).

هدف این پژوهش، ارزیابی صحت شناسایی بیست گونه رایج گیاه دارویی عرضه‌شده در عطاری‌های استان فارس با استفاده از روش‌های میکروسکوپی و خرده‌نگاری، و توسعه یک مدل ساده، مقرون‌به‌صرفه و قابل‌کاربرد برای تأیید هویت گیاهان دارویی است. علاوه بر این، پتانسیل کاربرد این روش به‌عنوان یک خدمت نوآورانه در حوزه تضمین کیفیت و اصالت محصولات گیاهی نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش توصیفی-تحلیلی با هدف بررسی صحت شناسایی گیاهان دارویی عرضه‌شده در عطاری‌های استان فارس انجام شد. در مرحله نمونه‌برداری میدانی، ۲۰ گونه رایج گیاه دارویی به‌صورت کامل، خشک‌شده یا پودرشده از عطاری‌های شهرهای شیراز، مرودشت، داراب، فسا، صفاشهر و ارسنجان جمع‌آوری گردید (جدول ۱). شناسایی علمی نمونه‌ها با استفاده از منابع معتبر مانند فلور ایران و Flora Iranica انجام و توسط کارشناس ارشد سیستماتیک گیاهی تأیید شد. همه نمونه‌ها با شماره وچر در دانشکده داروسازی شیراز ثبت گردیدند.

خرده‌نگاری (Microscopic Powder Analysis): برای ارزیابی میکروسکوپی، حدود ۱۰ گرم از هر نمونه پودرشده پس از عبور از الک مش ۳۰ با محلول کلرال هیدرات ۶۰٪ ترکیب شد و پس از حرارت‌دهی، بر روی لام آماده‌سازی گردید. نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ نوری بررسی و تصویربرداری شدند. تمرکز بررسی‌ها بر ویژگی‌های عمومی بافت‌های گیاهی مانند ساختار دانه‌های گرده، نوع کرک‌ها و الگوی روزنه‌ها بود. نتایج با منابع فارماکوپه‌ای معتبر تطبیق داده شد (Kokate et al., 2014; Sasidharan et al., 2011).

به‌عنوان نمونه، در تصویر میکروسکوپی بابونه، ویژگی‌هایی چون دانه‌های گرده سه‌گوش و کرک‌های سطح گلبرگ به‌خوبی مشاهده شد (شکل ۱).

جدول ۱. گیاهان مورد مطالعه در این تحقیق

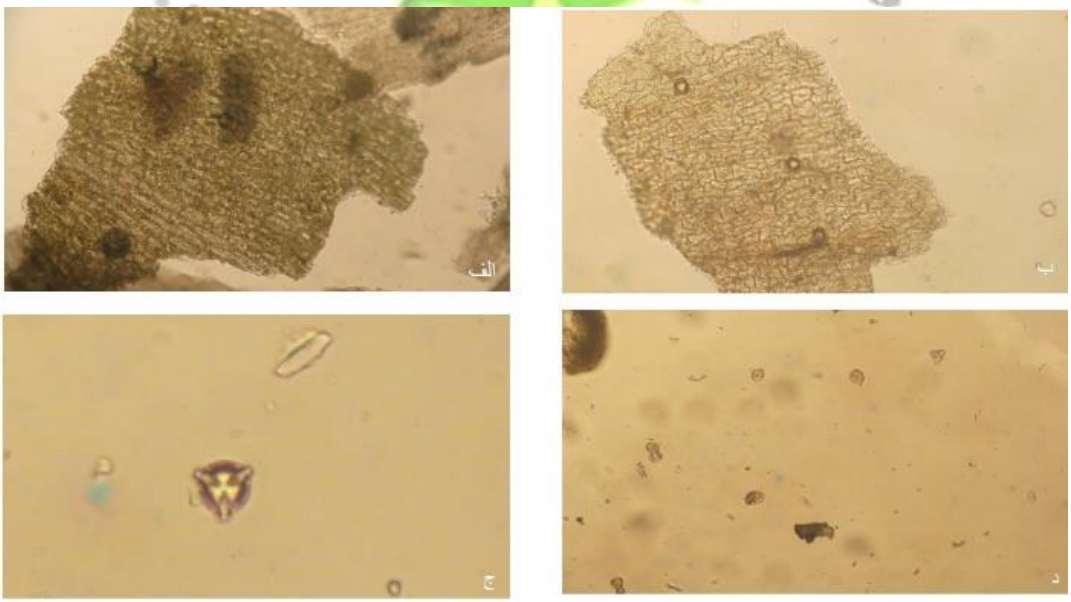
ردیف	نام گیاه (در بازار داروئی)	نام علمی	خانواده	شهرهای جمع آوری شده	شماره شناسایی
۱	بابونه	*Matricaria chamomilla* Mill.	Asteraceae	شیراز، مرودشت، داراب، فسا، صفاشهر، ارسنجان	PM 1351
۲	بهمن سفید	*Centaurea behen* Lam.	Asteraceae	شیراز	PM 1436
۳	بهمن سرخ	*Salvia haematodes* L.	Lamiaceae	شیراز	PM 1568
۴	بنفشه	*Viola odorata* L.	Violaceae	شیراز، مرودشت	PM 1293
۵	پنیرک	*Malva sylvestris* L.	Malvaceae	شیراز، مرودشت، داراب، فسا، صفاشهر، ارسنجان	PM 1355
۶	بید مشک	*Salix aegyptiaca* L.	Salicaceae	شیراز، مرودشت، داراب، فسا، صفاشهر، ارسنجان	PM 1505
۷	انیسون	*Pimpinella anisum* L.	Apiaceae	شیراز، مرودشت، داراب، فسا، صفاشهر، ارسنجان	PM 1425
۸	چای ترش	*Hibiscus gossypifolius* Mill.	Malvaceae	شیراز، مرودشت، داراب، فسا، صفاشهر، ارسنجان	PM 1206
۹	چای سبز	*Camellia sinensis* (L.) Kuntze	Theaceae	شیراز، مرودشت، داراب، فسا، صفاشهر، ارسنجان	PM 1175
۱۰	چای سیاه	*Camellia sinensis* (L.) Kuntze	Theaceae	شیراز، مرودشت، داراب، فسا، صفاشهر، ارسنجان	PM 1151
۱۱	دارچین	*Cinnamomum verum* J.Presl	Lauraceae	شیراز، مرودشت، داراب، فسا، صفاشهر، ارسنجان	PM 1513
۱۲	رازیانه	*Foeniculum vulgare* Mill.	Apiaceae	شیراز	PM 1348
۱۳	زوفا	*Hyssopus officinalis* L.	Lamiaceae	شیراز (کاشتنی)	PM 1516

ادامه جدول ۱

ردیف	نام گیاه (در بازار داروئی)	نام علمی	خانواده	شهرهای جمع آوری شده	شماره شناسایی
۱۴	زوفا	*Nepeta bracteate* Benth.	Lamiaceae	شیراز، مرودشت، داراب، فسا، صفاشهر، ارسنجان	PM 1517
۱۵	سداب	*Ruta graveolens* L.	Rutaceae	شیراز (کاشتنی)	PM 1053
۱۶	سداب	*Euphorbia microsciadia* Boiss.	Euphorbiaceae	صفاشهر	PM 1055
۱۷	سداب	*Haplophyllum canaliculatum* Boiss.	Rutaceae	شیراز، مرودشت، داراب، فسا، ارسنجان	PM 1054
۱۸	سلیخه	*Cinnamomum cassia* (L.) J. Presl	Lauraceae	شیراز، مرودشت، داراب، فسا، صفاشهر، ارسنجان	PM 966
۱۹	گلنار	*Punica granatum* var. *pleniflora*	Lythraceae	شیراز، مرودشت، داراب، فسا، صفاشهر، ارسنجان	PM 1085
۲۰	هوفاریقون	*Hypericum perforatum* L.	Hypericaceae	شیراز، مرودشت، داراب، فسا، صفاشهر، ارسنجان	PM 1069
۲۱	هوفاریقون	*Hypericum scabrum* L.	Hypericaceae	شیراز	PM 1071

نتایج و بحث

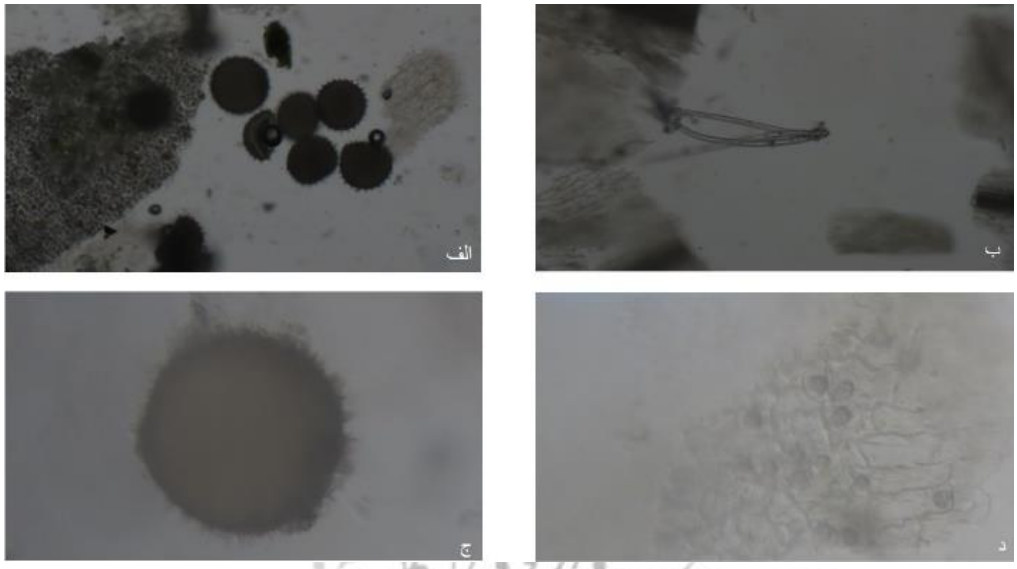
در این مطالعه، نخستین مرحله آنالیز خرده‌نگاری به بررسی ساختارهای میکروسکوپی نمونه‌های گیاهی اختصاص یافت. نمونه‌های مورد بررسی شامل سه دسته بودند: گونه‌های شناخته‌شده و کاشته شده طبق منابع استاندارد، نمونه‌های جمع‌آوری شده از عطاری‌ها، و نمونه‌های پودرشده بدون شناسایی دقیق. فرآیند خرده‌نگاری به‌صورت گام‌به‌گام برای هر گونه انجام شد؛ نمونه‌ها پس از آماده‌سازی با محلول کلرال هیدرات، تحت بررسی میکروسکوپی قرار گرفتند. تصاویر ساختارهای کلیدی مانند دانه‌های گرده، آوندها، بافت‌های ترشحی و کرک‌ها با دقت ثبت گردید.



تصویر ۱- خرده نگاری بنفشه (*Viola odorata* L.)

الف- تکه‌ای از بافت کاسبرگ (×۱۰۰)　　ب- تکه‌ای از بافت گلبرگ (×۱۰۰)

ج- دانه گرده دارای سه قسمت لوله‌ای (×۴۰۰)　　د- دانه گرده (×۱۰۰)



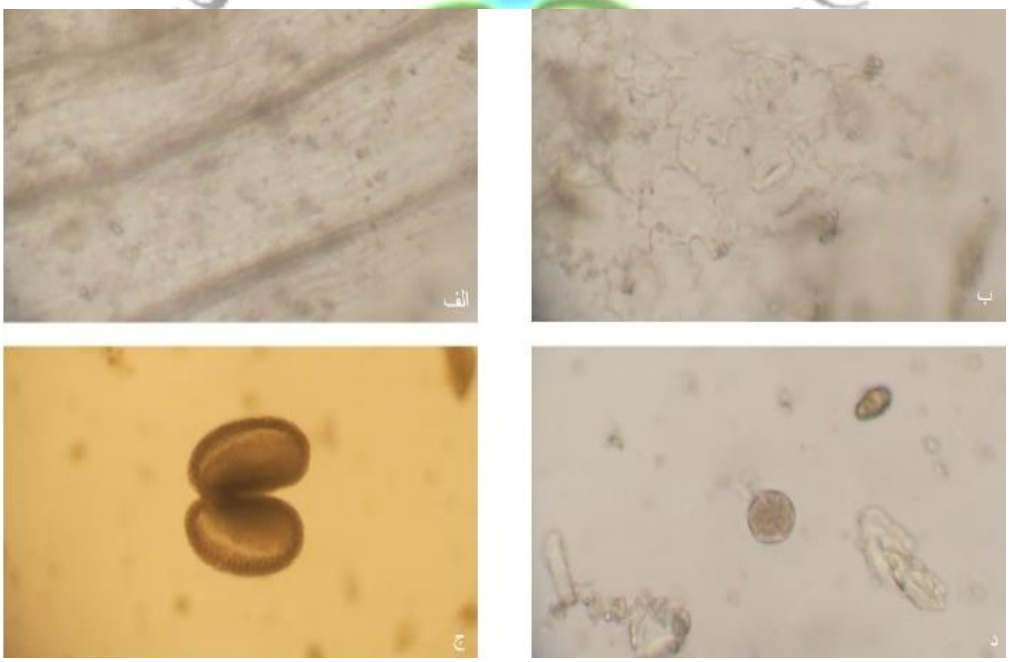
تصویر ۲- خرده نگاری پنیرک (*Malva sylvestris* L.)

الف- دانه گرده توپی دارای برجستگی و سلول‌های کاسبرگ با کریستال‌های رزت (×۱۰۰)

ب- تکه‌ای از بافت گلبرگ (×۱۰۰)

ج- دانه گرده توپی دارای برجستگی (×۴۰۰)

د- سلول‌های کاسبرگ با کریستال‌های رزت (×۴۰۰)



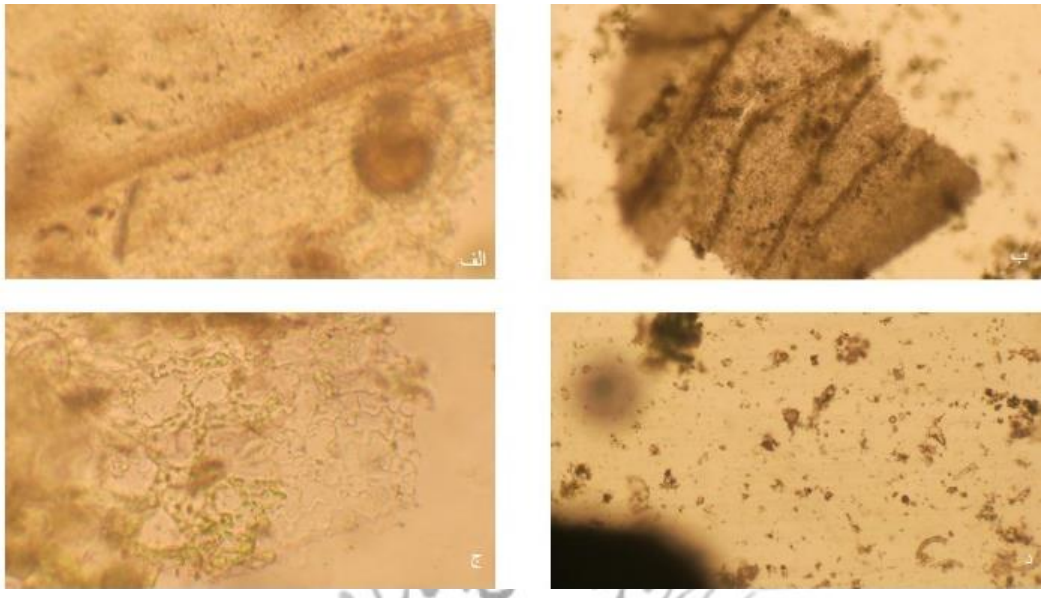
تصویر ۳- خرده نگاری زوفا (*Nepeta bracteate* Benth.)

الف- قسمتی از گلبرگ (×۴۰۰)

ب- روزنه آنموسایتیک (×۴۰۰)

ج- بساک (×۱۰۰)

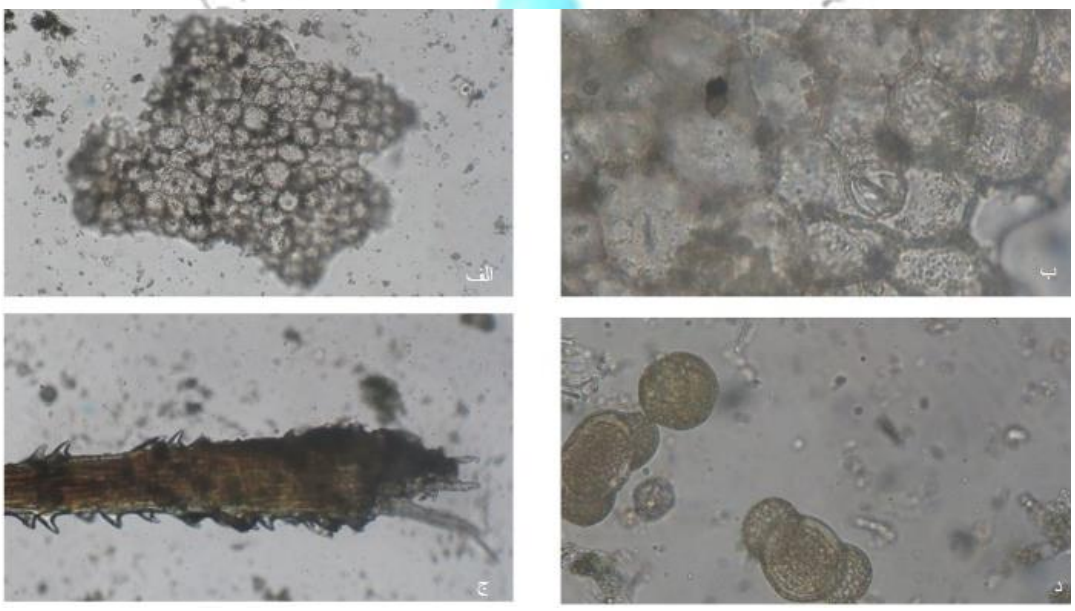
د- دانه گرده (×۴۰۰)



تصویر ۴- خرده نگاری زوفا (*Hyssopus officinalis* L.)

الف- قسمتی از بافت گلبرگ (×۱۰۰)　　ب- قسمتی از بافت گلبرگ (×۱۰۰)

ج- روزنه آنموسایتیک (×۴۰۰)　　د- دانه گرده (×۱۰۰)



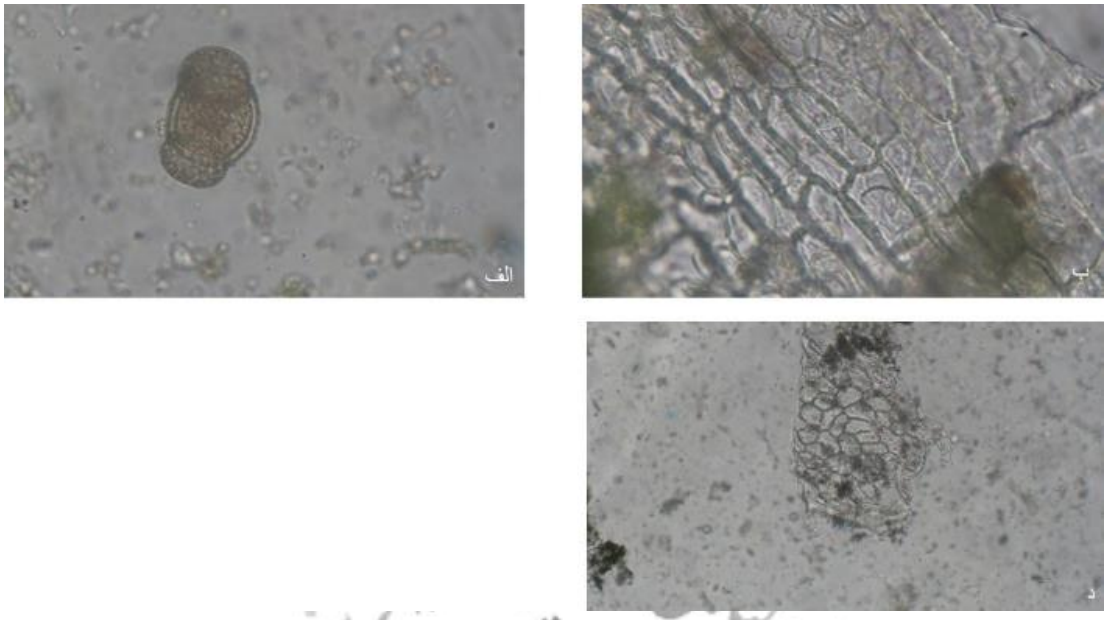
تصویر ۵- خرده نگاری سداب (*Euphorbia microsciadia* Boiss.)

الف- سلول‌های پارانشیمی که داخل آن دانه‌های نشاسته است (×۱۰۰)

ب- بافت اپیدرم برگ دارای روزنه‌های آنموسیتیک (×۴۰۰)

ج- قسمتی از ساقه با کرک‌های ساده (×۱۰۰)

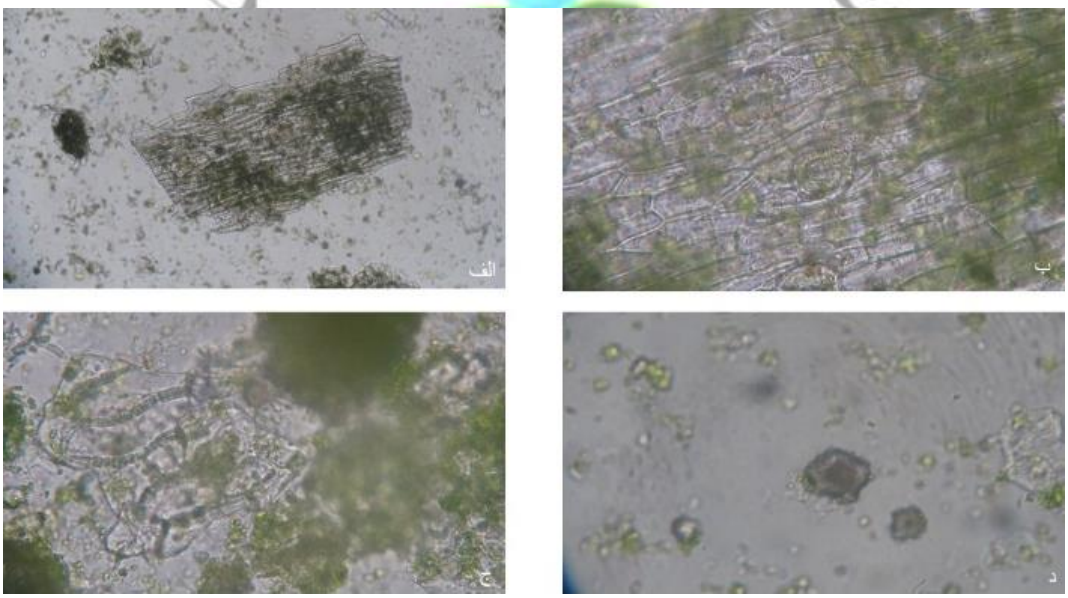
د- دانه‌های گرده دو کیسه ای (×۴۰۰)



تصویر ۶- خرده نگاری برگ سداب (*Haplophyllum canaliculatum* Boiss)

الف- دانه گرده دو کیسه ای (×۴۰۰)　　ب- اپیدرم برگ (×۴۰۰)

ج- روزنه آنموسیتیک (×۱۰۰)



تصویر ۷- خرده نگاری سداب (*Ruta graveolens* L.)

الف- اپیدرم برگ (×۱۰۰)

ب- بافت اپیدرم برگ دارای روزنه‌های آنموسیتیک (×۴۰۰)

ج- پلاسمودسماتا در بین سلول‌ها (×۴۰۰)

د- کریستال‌های روزت اگزالات کلسیم (×۴۰۰)

از میان ۲۰ گونه گیاه دارویی جمع‌آوری‌شده از عطاری‌های استان فارس، نتایج نشان داد که برخی از آن‌ها به‌اشتباه به نام گونه‌ای دیگر عرضه شده‌اند. این موضوع به‌ویژه در گیاهان خشک‌شده یا پودرشده که شباهت‌های ظاهری بالایی دارند، مشاهده شد (Heinrich et al., 2012; Sasidharan et al., 2011). برای نمونه، سه گیاه متفاوت شامل Ruta graveolens، Haplophyllum canaliculatum و Euphorbia microsciadia، همگی تحت عنوان "سداب" عرضه شده بودند. در حالی که بررسی میکروسکوپی و منابع معتبر نشان داد این سه گونه دارای تفاوت‌های بارز آناتومیکی و شیمیایی هستند (Evans, 2009; WHO, 2006).

به‌طور خاص، Ruta graveolens دارای فوروکومارین‌هایی نظیر برگاپتن و زانتوتوکسین با اثرات ضداسپاسم و ضدالتهاب است، در حالی که E. microsciadia حاوی رزین‌های محرک و لاتکس سمی می‌باشد که می‌تواند موجب عوارض گوارشی و پوستی شود (WHO, 2006; Heinrich et al., 2012). این یافته‌ها لزوم تشخیص دقیق را به‌ویژه در فروش بدون بسته‌بندی و کنترل، برجسته می‌سازد.

مطالعه حاضر نشان داد روش خرده‌نگاری، به‌ویژه بررسی ویژگی‌هایی مانند نوع روزنه، شکل دانه گرده، وجود کرک یا بافت‌های اختصاصی، ابزار مناسبی برای افتراق گونه‌ها محسوب می‌شود (Sasidharan et al., 2011; Kokate et al., 2014). این روش در شرایطی که امکانات مولکولی یا کروماتوگرافی در دسترس نیست، می‌تواند جایگزینی عملی و کم‌هزینه باشد (Evans, 2009; Miraldi et al., 2001).

در مجموع، نتایج بیانگر آن است که نبود نظارت علمی در عرضه گیاهان دارویی، ریسک اشتباه در شناسایی را بالا برده و ممکن است به کاهش اثربخشی درمانی، بروز عوارض ناخواسته و کاهش اعتماد مصرف‌کنندگان منجر شود (Sasidharan et al., 2011; Hazrati et al., 2024). این پژوهش، کاربرد عملی روش خرده‌نگاری را به‌عنوان ابزاری ساده، کم‌هزینه و قابل‌استفاده برای کنترل کیفیت اولیه گیاهان دارویی در عطاری‌ها پیشنهاد می‌کند.

منابع

Assadi, M., Maassoumi, A. A., Mozaffarian, V., & Khatamsaz, M. (1989–2020). Flora of Iran (Volumes related to Apiaceae, Asteraceae, Malvaceae, Violaceae, Lamiaceae, Rutaceae, Hypericaceae, Euphorbiaceae). Tehran: Research Institute of Forests and Rangelands.

Evans, W. C. (2009). Trease and Evans' Pharmacognosy (16th ed.). London: Saunders/Elsevier.

Heinrich, M., Barnes, J., Gibbons, S., & Williamson, E. M. (2012). Fundamentals of Pharmacognosy and Phytotherapy (2nd ed.). Edinburgh: Churchill Livingstone.

Kokate, C. K., Purohit, A. P., & Gokhale, S. B. (2014). Pharmacognosy (50th ed.). Pune, India: Nirali Prakashan.

Miraldi, E., Ferri, S., & Mostaghimi, V. (2001). Quality control of herbal drugs by microscopy. Fitoterapia, 72(6), 635–642. https://doi.org/10.1016/S0367-326X(01)00336-2

Rechinger, K. H. (Ed.). (1963–2005). Flora Iranica (Volumes for Apiaceae, Asteraceae, Malvaceae, Violaceae, Lamiaceae, Rutaceae, Hypericaceae, Euphorbiaceae). Graz, Austria: Akademische Druck- und Verlagsanstalt.

Sasidharan, S., Chen, Y., Saravanan, D., Sundram, K. M., & Latha, L. Y. (2011). Microscopic techniques for the identification of medicinal plants. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 3(1), 7–13. World Health Organization (WHO). (2006).

قاسمی دهکردی، ن.، سجادی، ا.، قنادی، ع.، امن‌زاده، ی.، آزادبخت، م.، اصغری، غ.، امین، غ.، حاجی‌آخوندی، ع.، و طالب، ا. (۱۳۸۲).

فارماکوپه گیاهی ایران. تحقیقات نظام سلامت حکیم، ۶(۳)، ۶۳–۷۰. دریافت‌شده از https://sid.ir/paper/29330/fa

Powder Microscopy for Authentication of Medicinal Plants in Iranian Herbal Markets

Sedigheh Khademian[1], Mohammad Mehdi Zarshenas[1,2]
1. Department of Phytopharmaceuticals (Traditional Pharmacy), School of Pharmacy, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.
2. Medicinal Plants Processing Research Center, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
*Corresponding Author: botanist@sums.ac.ir

Abstract

In Iran's medicinal plant market, many herbal products are sold without scientific validation, which may result in reduced therapeutic efficacy, undesirable side effects, and decreased consumer trust. This study aimed to evaluate the identification accuracy of 20 commonly used medicinal plant species collected from traditional herbal stores in Fars province using powder microscopy. Microscopic examination revealed that several powdered or morphologically similar species were inaccurately identified and substituted for each other. Diagnostic microscopic features—such as trichomes, stomatal types, calcium oxalate crystals, and pollen structure—enabled differentiation between closely related or look-alike species. Based on these findings, a simple and cost-effective identification model rooted in classical pharmacognosy methods was proposed for authenticating medicinal plants. In addition, the potential of this model to serve as a scientific and entrepreneurial tool for quality control in herbal markets was discussed. This approach may help improve public safety, enhance consumer confidence, and contribute to the standardization of Iran's herbal product market.

Keywords: Medicinal plants, Powder microscopy, Identification, Pharmacognosy, Quality control

مقایسه فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها و کپسول‌های ژلاتینی زردچوبه (*Curcuma longa*)

زهرا بهرامی هرزندی*[1]، رشید جامعی[1]، ندا فرناد[1]
۱- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
*نویسنده مسئول: *st_za.bahrami@urmia.ac.ir*

چکیده

زردچوبه (*Curcuma longa*)، گیاهی از خانواده زنجبیل، از آسیای گرمسیری است که به طور گسترده‌ای به عنوان ادویه استفاده می‌شود. این گیاه بر ماهیت، رنگ، و طعم غذا تأثیر می‌گذارد. از لحاظ تاریخی، این گیاه در هند و چین برای درمان بیماری‌های پوستی، عفونت‌ها، استرس، و افسردگی مورد استفاده قرار گرفته است. فواید سلامتی‌اش از "کورکومین"، یک پلی‌فنول نارنجی-زرد، نشأت می‌گیرد. کورکومین اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، و ضدسرطانی نشان می‌دهد. با این وجود، کورکومین محدودیت‌هایی نیز دارد: پایداری شیمیایی ضعیف، فراهمی زیستی پایین، حلالیت کم در آب، متابولیسم سریع و حذف سریع سیستمیک.برای غلبه بر این محدودیت‌ها، سیستم‌های کپسوله‌سازی بررسی می‌شوند. خشک‌کردن انجمادی یک روش کپسوله‌سازی برتر و کاربردی‌تر در نظر گرفته می‌شود، زیرا آن به طور مؤثر از تخریب خواص زیست‌فعال جلوگیری می‌کند. این مطالعه کپسوله‌سازی ژلاتین عصاره‌های اتانولی و آبی/اتانولی زردچوبه را از طریق خشک‌کردن انجمادی به کار گرفت. میزان فنول کل (TPC) عصاره‌ها و کپسول‌ها تعیین شد، و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها با استفاده از روش‌های DPPH و FRAP مقایسه شد. بالاترین سطوح TPC، DPPH و FRAP به ترتیب با کپسول اتانولی زردچوبه، (۱۱,۹۲ mg GAE/g ± ۵۴/۲۰) عصاره اتانولی زردچوبه (۴/۷۱ ٪ ± ۳۷/۵۴) و عصاره اتانولی زردچوبه (۰/۳۳ mol $FeSO_4$/g ± ۲/۷۶) مرتبط بودند. نتایج نشان می‌دهند که عصاره اتانول فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نشان داد و مؤثرتر از عصاره اتانول-آبی کپسوله‌سازی شد. این یافته‌ها بر پتانسیل فناوری کپسوله‌سازی برای کاربرد در صنایع دارویی و غذایی تأکید می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کپسوله‌سازی، عصاره، ژلاتین، زردچوبه

Comparison of antioxidant activities of the extracts and gelatin capsules of *Curcuma longa*

Zahra Bahrami Harzandi[1*], Rashid Jamei[1], Neda Farnad[1]
1. Department of Biology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran
[*]*Corresponding Author: st_za.bahrami@urmia.ac.ir*

Abstract

Turmeric (*Curcuma longa*), a ginger family herb from tropical Asia, is widely used as a spice, influencing food's nature, color, and taste. Historically, it has been employed in India and China for treating dermatologic diseases, infections, stress, and depression. It's health benefits stem from "curcumin," an orange-yellow polyphenol. Curcumin exhibits antioxidant, anti-inflammatory, and anticancer effects.Despite its potential, curcumin has limitations: poor chemical stability, low bioavailability, low water solubility, rapid metabolism, and quick systemic elimination.To overcome these limitations, encapsulation systems are explored. Freeze-drying is considered a superior and more applicable encapsulation method, as it effectively prevents the degradation of bioactive properties. This study employed gelatin encapsulation of ethanol and aqueous/ethanol extracts of turmeric via freeze-drying. The total phenolic content (TPC) of the extracts and capsules was determined, and the antioxidant activities of the samples were compared using DPPH and FRAP methods. The highest levels of TPC, DPPH, and FRAP were associated with the turmeric ethanolic capsule (54.20 ± 11.92 mg GAE/ g), turmeric ethanolic extract (37.54 ± 4.71 %), and turmeric ethanolic extract (2.76 ± 0.33 mol FeSO4/g), respectively. The results indicate that the ethanol extract exhibited higher antioxidant activity and was encapsulated more effectively than the ethanol-aqueous extract. These findings underscore the potential of encapsulation technology for applications in the pharmaceutical and food industries.

Keywords: Antioxidant activity, Encapsulation, Extract, Gelatin, Turmeric.

درمان زخم‌های دیابتی با گیاهان دارویی

انسیه زارعیان[۱]، مریم جمالی[۲]
دانشگاه پیام نور، یزد
*نویسنده مسئول: hivarad1381@gmail.com

چکیده

دیابت یکی از بیماری‌های مزمن درحال گسترش و مرتبط با سبک زندگی است .یکی از عوارض شایع آن ،زخم دیابتی است که به دلیل اختلال در گردش خون، نوروپاتی و ضعف سیستم ایمنی بروز می‌یابد. این زخم‌ها نه تنها کیفیت زندگی بیماران را کاهش می‌دهند، بلکه در صورت عدم درمان موثر، ممکن است به قطع عضو منجر شوند. روش‌های درمانی رایج شامل کنترل قندخون، دبریدمان زخم، استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها و پانسمان‌های پیشرفته هستند. با این حال، به‌دلیل عوارض جانبی داروهای شیمیایی، استفاده از داروهای گیاهی به‌عنوان یک گزینه مکمل و ایمن مورد توجه قرار دارد. این مقاله به بررسی گیاهان دارویی موثر در درمان زخم دیابتی می‌پردازد. این پژوهش با رویکرد توصیفی-تحلیلی و با استفاده از منابع علمی، مقالات پژوهشی و پایگاه‌های داده در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ انجام شده است. داده‌های به دست آمده با کمک هوش مصنوعی پردازش شدند. یافته‌ها نشان می‌دهند که ترکیبات گیاهی به دلیل داشتن خواص ضد التهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضد باکتری و تحریک کلاژن‌سازی، نقش موثری در تسریع ترمیم زخم‌های دیابتی دارند. به‌کارگیری این ترکیبات در قالب فراورده‌های نوین مانند پماد، ژل یا پانسمان‌های بیولوژیک، می‌تواند ضمن کاهش عوارض جانبی درمان‌های شیمیایی، اثربخشی فرایند درمان را نیز بهبود بخشد. در نهایت، یافته‌ها حاکی از آن است که استفاده از گیاهان دارویی، همراه با کنترل مناسب قند خون و رعایت بهداشت فردی، می‌تواند به عنوان درمان مکمل، ایمن ،موثر و اقتصادی در مدیریت زخم دیابتی مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: دیابت، زخم دیابتی، گیاهان دارویی، عفونت و نوروپاتی، التهاب زخم، درمان مکمل

مقدمه

دیابت شیرین، شایع‌ترین اختلال در متابولیسم کربوهیدرات است که با هیپرگلیسمی مزمن مشخص می‌شود. براساس گزارش سازمان جهانی بهداشت، حدود ۴۲۲ میلیون نفر در جهان به دیابت شیرین مبتلا هستند و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۴۵ ،بیش از ۲۷۱ میلیون نفر دیگر نیز به این بیماری دچار شوند (Armstrong et al., 2023). در بیماران دیابتی، خطر بروز عوارض عروقی نظیر رتینوپاتی، نفروپاتی و اختلالات عروق محیطی اندام تحتانی بالا است . اختلال عروق محیطی به همراه نوروپاتی می‌تواند منجر به زخم پای دیابتی شود. ۱۵ تا ۲۵ درصد از بیماران دیابتی دچار زخم پای دیابتی می‌شوند و قطع عضو ناشی از آن یکی از مهم ترین عوامل ناتوانی و مرگ دراین بیماران به شمار می‌رود (Rezvani et al., 2023).

تاکنون روش‌های مختلفی از جمله درمان‌های پزشکی، گیاه درمانی و رویکردهای طب مکمل برای کنترل این بیماری بررسی و ارزیابی شده‌اند. بر اساس اغلب گزارش‌ها، اثر بخشی درمان‌ها وابسته به سبک زندگی فرد و رعایت بهداشت شخصی است. افراد مبتلا به زخم دیابتی، چه با زخم سطحی و چه عمیق، اغلب دارای مشکلات مشترکی

همچون اختلال در خون‌رسانی، عفونت، آسیب بافتی و فشار مکانیکی زیاد در ناحیه زخم هستند. با درنظر گرفتن این عوامل، ضروری است درمان‌هایی انتخاب شوند که تمامی جنبه‌های فیزیولوژیکی و پاتولوژیکی زخم راهدف قرار دهند. امروزه محصولات مختلفی مانند پمادها، ژل‌ها و درمان خانگی به بازار عرضه شدند که هر یک اثر بخشی متفاوتی دارند. باید روشی را در نظر گرفت که عوامل پیش امده را درمان کند و با درنظر گرفتن همه‌ی این موارد باید محصولی تولید شود که کمترین عوارض و سریع‌ترین حالت بهود زخم و صرف‌جویی در هزینه اقتصادی را به همراه داشته باشد. با توجه به چالش متعدد در درمان زخم پای دیابتی مانند تاخیر در ترمیم، عفونت‌های مزمن و افزایش خطر قطع عضو، تمرکز پژوهش‌ها بریافتن راهکارهای نوین و موثرتر قرار گرفته است در سال‌های اخیر، استفاده از پانسمان‌های هوشمند و زیست سازگار به ویژه با پایه سلیکونی، توجه بسیاری از پژوهشگران را جلب کرده است. این پانسمان‌ها با ایجاد محیطی مرطوب و نیمه نفوذپذیر، از خشکی بیش از حد زخم جلوگیری کرده وهم زمان تبادل گاز و مایعات را تنظیم می‌کنند (Chen et al., 2022).

در این راستا، استفاده از ترکیبات گیاهی با خواص ضدالتهابی و آنتی‌باکتریایی در تولیدپانسمان‌های زخم، بعنوان رویکردی مکمل و موثر بررسی شده است. گیاهانی نظیر آلوئه‌ورا، زردچوبه و عصاره‌های پلی‌فنولی، با تحریک فرایندهای بازسازی سلولی، کاهش استرس، اکسیداتیو و مهار رشد میکروارگانیسم، می‌تواند روند ترمیم زخم را تسریع کند (Nasiri et al., 2023). مطالعات اخیر نشان داده‌اند که استفاده از ترکیبات گیاهی در بسترهای سیلیکونی، علاوه بر فراهم کردن خواص فیزیکی مطلوب نظیر چسبندگی کنترل شده و شفافیت جهت پایش زخم، با کاهش عوارض داروهای شیمیایی، گزینه ایمن‌تر برای بیماران دیابتی محسوب می‌شود (Yousefi et al., 2024).

پژوهش‌ها انواع هموستات‌های پیشرفته، از جمله پلیمرهای طبیعی، سنتزی و زیست فعال را بررسی کرده و نقش آنها را در ایجاد لایه‌های محافظ و چسبنده در محل زخم توصیف کرده‌اند. ویژگی‌های فیزیکی مانند قدرت چسبندگی، زیست سازگاری، و تجزیه‌پذیری کنترل شده از جمله معیارهای کلیدی در انتخاب این مواد برای کاربردهای بالینی هستند. مطالعه liang و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادکه طراحی این مواد باید به گونه‌ای باشدکه علاوه برایجاد ضد فیزیکی موثر برای کنترل خون‌ریزی، بتوانند با محیط زخم تعامل فعال برقرارکرده و روند ترمیم را تسهیل کنند (Liang et al., 2021).

هدف تحقیق، طراحی پانسمانی زیست‌سازگار مبتنی بر سیلیکون و ترکیبات گیاهی برای بهبود روند ترمیم زخم پای دیابتی است. نوآوری پژوهش در تلفیق خواص فیزیکی بهینه با کاربرد ترکیبات طبیعی جهت افزایش اثربخشی درمان و کاهش عوارض جانبی می‌باشد.

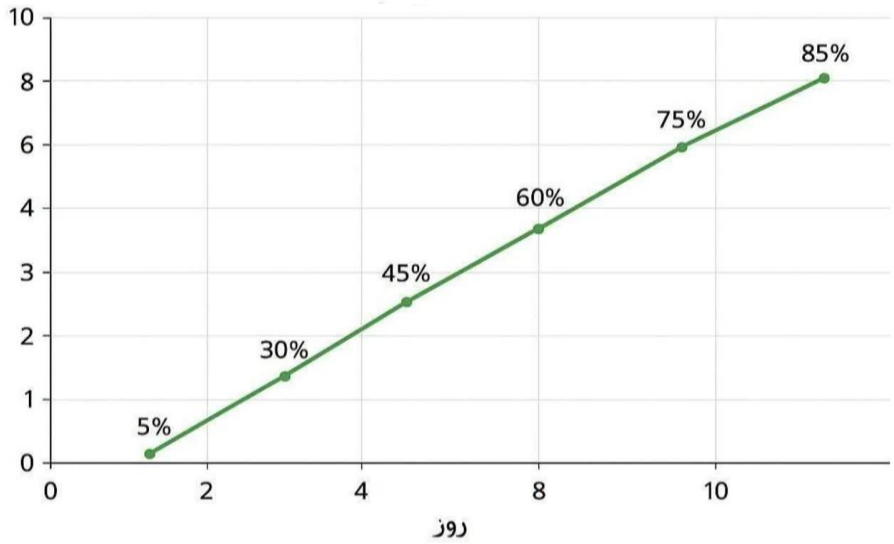
مواد و روش

این مطالعه با رویکرد توصیفی-تحلیلی و بهره‌گیری از روش‌های محاسباتی، بر پایه بررسی منابع علمی، مقالات پژوهشی و پایگاه‌های داده انجام شد. داده‌ها مربوط به مطالعات منتشر شده دربازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ بوده‌اند.

نتایج و بحث

در این مطالعه، نوعی چسب زخم سیلیکونی شفاف طراحی شد که حاوی عصاره‌هایی با خاصیت ضدالتهابی و التیام‌بخش نظیر موم عسل و ترکیبات گیاهی منتخب بود. فرمولاسیون ارائه‌شده با بهره‌گیری از خواص زیستی این ترکیبات، موجب کاهش التهاب بازسازی بافت آسیب‌دیده و بهبود معنادار زخم دیابتی شد که نشان داد در راستای

تقویت تحلیل، داده‌های مربوط به گیاهان دارویی و طبیعی، مؤثر در درمان زخم‌های دیابتی از منابع پراکنده استخراج، پالایش و بازنویسی شدند و ارزیابی عملکرد این چسب نشان داد که ترکیب سیلیکون با عصاره‌های گیاهی شرایطی بهینه برای حفظ رطوبت، کاهش بار میکروبی و تحریک رشد سلول‌های پوستی فراهم می‌سازد. این طراحی ترکیبی می‌تواند در تولید محصولات درمانی نوین برای مدیریت زخم‌های مزمن مورداستفاده قرارگیرد و به عنوان الگویی برای تولید پانسمان‌های فعال و زیست سازگار در آینده مطرح شود. با این حال، برای تأیید نهایی اثربخشی و ایمنی، انجام مطالعات در مقیاس بالینی ضروری است. داده‌های به دست آمده در بستر نرم‌افزاری مبتنی بر هوش مصنوعی برای ارزیابی عملکرد پانسمان پردازش شدند نتایج در نمودار زیر نمایش داده شده‌اند (شکل ۱). این نمودار حاصل داده‌های تجربی مرتبط با فرمولاسیون پانسمانی حاوی ترکیباتی چون گزنه، آلوئه‌ورا، تئافلاوین و سایر عصاره‌های ارائه شده توسط تیم تحقیقاتی است. روند ترمیم زخم طی ۱۰ روز ارزیابی شدونتایج نشان دادند که درصد بهبود بافتی به طور معناداری افزایش یافته است.



شکل ۱. نمودار فرایند بهبود زخم براساس ترکیبات با استفاده از محاسبات هوش مصنوعی

زخم‌های دیابتی یکی از چالش‌های جدی در مدیریت بیماری دیابت به شمار می‌روند که در صورت عدم درمان مناسب می‌توانند منجر به عفونت‌های شدید، قطع عضو و حتی مرگ شوند. در سال‌های اخیر پیشرفت‌های چشمگیری در درمان زخم دیابتی حاصل شده است، به ویژه با بهره‌گیری از فناوری نوین مانند هوش مصنوعی و ترکیبات طبیعی با منشأ گیاهی، با استفاده از ترکیبات گیاهی و طبیعی به دلیل خواص ضدباکتریایی، ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی آن‌ها در پانسمان‌های نوین مورد توجه قرار گرفته است. عناصر طبیعی همچون عسل، موم زنبور عصاره‌های غنی از فلاونوئید مانند آلوئه‌ورا و بابونه، و حتی نانوذرات گیاهی، تاثیر مثبتی در تسریع ترمیم زخم‌ها نشان داده‌اند. در این پژوهش نیز از یک فرمولاسیون اختصاصی شامل چسب سیلیکونی شفاف حاوی ترکیبات گیاهی ترمیمی استفاده شد که هدف آن، افزایش رطوبت موضع، بهبود خون‌رسانی و کاهش التهاب بافتی بود. از سوی دیگر، هوش مصنوعی نقش مهمی در تحلیل داده‌های بیماران، ارزیابی روند ترمیم زخم و پیشنهاد پروتکل‌های درمانی شخصی‌شده ایفا می‌کند. مدل‌های یادگیری ماشین با تحلیل زخم، اطلاعاتی نظیر عمق، شدت و وضعیت بافت نکروتیک را ارزیابی می‌کنند، این فرایند

موجب به کاهش خطای انسانی و تسریع تشخیص می‌شود. مقالات جدید مانند مقاله Zhang et al. (2021) و Liang et al. (2021) نشان داده‌اند که استفاده از الگوریتم‌های بینایی ماشین برای تحلیل زخم و پیش‌بینی روند بهبودی، دقت درمان را افزایش می‌دهد و نتایج بالینی بهتری فراهم می‌کند.

این نتایج نشان می‌دهد که ترکیب عصاره‌های گیاهی با بسترهای سیلیکونی، نه تنها می‌تواند سرعت و کیفیت ترمیم زخم را افزایش دهد، بلکه از نظر ایمنی، سهولت استفاده و صرفه‌جویی اقتصادی نیز برتری‌هایی نسبت به روش‌های رایج درمان دارد. در نتیجه، این نوع پانسمان می‌تواند به عنوان گزینه‌ای نوآورانه در مدیریت زخم‌های مزمن به ویژه در بیماران دیابتی، مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مرور مطالعات و تحلیل‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که استفاده از گیاهان دارویی در درمان زخم‌های دیابتی می‌تواند رویکردی موثر، ایمن و اقتصادی باشد. ترکیبات گیاهی با خواص ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتری و تحریک تولید کلاژن، نقش چشم‌گیری در تسریع روند ترمیم زخم ایفا می‌کنند. فرموله‌کردن این ترکیبات در قالب چسب‌های سیلیکونی شفاف و زیست‌سازگار یا پانسمان‌های بیواکتیو، نه تنها اثربخشی درمان را افزایش می‌دهد بلکه عوارض درمان‌های شیمیایی را نیز کاهش می‌دهد.

افزون بر این، بهره‌گیری از هوش مصنوعی در تحلیل داده‌ها و پیش‌بینی روند ترمیم زخم، می‌تواند به طراحی دقیق‌تر پروتکل‌های درمانی شخصی‌سازی‌شده کمک کند. این موضوع به‌ویژه در بیماران مبتلا به دیابت که در معرض عوارضی چون عفونت‌های مزمن و قطع عضو قرار دارند، اهمیت بالایی دارد.

در مجموع، ترکیب داروهای گیاهی با فناوری‌های نوین، می‌تواند زمینه‌ساز توسعه‌ی درمان‌های نوآورانه و مؤثر برای مدیریت زخم‌های مزمن، به‌ویژه زخم پای دیابتی باشد و باید به‌عنوان یک راهکار مکمل در برنامه‌های درمانی مورد توجه قرار گیرد.

منابع

Armstrong DG, Tan T-W, Boulton AJ, Bus SA. Diabetic foot ulcers: a review. *Jama*.2023 330 (1):62-75.

Chen Y, Zhang X, Liu X, Wang L. Recent advances in hydrogel-based dressings for diabetic wound healing. Front Bioeng Biotechnol. 2022;10:857687. https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.857687

Diabetes Center of Yazd. Research and investigation at the Diabetes Center in Yazd. [In Persian]. Yazd: Diabetes Research Institute; [no date].

Krentz AJ. Diabetes. Afkhami Ardakani M, translator. [In Persian]. Tehran: Elm Publications; 2007. (Original work published in English).

Nasiri E, Rezaei N, Ebrahimi M. Plant-based wound healing approaches in diabetic ulcers: A review of molecular mechanisms. Phytother Res. 2023; 37(4):1892–1907. https://doi.org/10.1002/ptr.7698.

Yousefi H, Arasteh A, Bahrami S. Silicone-based transparent wound dressings containing herbal extracts for diabetic foot ulcers: Design, characterization, and in vitro evaluation. Int J Pharm. 2024;637:122987. https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2024.122987.

Diabetic Wound Healing Using Medicinal Plants

Ensieh Zareyan[1] and Maryam Gamali[2]
Payam Noor University, Yazd
*Corresponding author: hivarad1381@gmail.com

Abstract

Diabetes is a growing global health issue closely linked to modern lifestyle factors. One of its most common and serious complications is diabetic wounds, caused by impaired blood circulation, neuropathy, and immune system dysfunction. These chronic wounds significantly reduce patients' quality of life and, if not treated effectively, may lead to limb amputation. Standard treatment approaches include blood glucose control, wound debridement, use of antibiotics, and advanced dressings. However, due to the potential side effects of conventional therapies, medicinal plants have attracted increasing attention as safe and complementary options. This review article investigates the effectiveness of medicinal plants in diabetic wound treatment, using a descriptive-analytical and AI-assisted computational approach. Scientific studies and databases from 2000 to 2024 were analyzed.

The findings reveal that phytochemicals derived from medicinal plants—due to their anti-inflammatory, antioxidant, antibacterial, and collagen-stimulating properties—can significantly accelerate wound healing. Incorporating these compounds into pharmaceutical forms such as ointments, gels, and bioactive dressings may help reduce side effects and enhance therapeutic outcomes. In conclusion, integrating medicinal plants as complementary therapies—alongside blood glucose management and proper hygiene—offers a safe, effective, and affordable strategy for managing diabetic wounds.

Keywords: Diabetes; Diabetic foot ulcer; Herbal medicine; Wound healing; Neuropathy; Inflammation; Phytotherapy.

بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی متابولیت‌های ثانویه گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی

سحر انصاری نمین[۱]، فاطمه محمودی[۲]، بهرام دهدار[۳*]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم کشاورزی گرایش زراعت، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل-ایران

۲- پژوهشگر مدعو رشته‌ی علوم و تکنولوژی بذر، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- استادیار، سازمان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل، AREEO، اردبیل، ایران

*نویسنده مسئول: Bahram_dehdar@yahoo.com

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی متابولیت‌های ثانویه گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی، آزمایشی به‌صورت طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی در سال ۱۴۰۳ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح (صفر (آب مقطر)، ۶- و ۱۲- بار) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فنل کل و فلاونوئید بطور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تنش خشکی ۱۲- بار فنل کل و فلاونوئید را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. در مجموع، پ تنش خشکی ۱۲- بار بیشترین اثر را بر فنل کل و فلاونوئید گیاهچه‌های گل گاوزبان داشت.

واژه‌های کلیدی: گل گاوزبان اروپایی، فنل کل، فلاونوئید

مقدمه

گیاه دارویی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) گیاهی یکساله از خانواده گاوزبان[۱] است. این گیاه علاوه بر خواص دارویی، دارای خواص متعدد صنعتی و علوفه‌ای می‌باشد که سبب افزایش اهمیت آن شده است. امروزه در اکثر نقاط دنیا به منظور استفاده‌های درمانی پرورش می‌یابد (Mahmoudi *et al.*, 2019). برگ گاوزبان اروپایی حاوی ترکیبات متعددی از جمله اسیدهای چرب آلفا-لینولنیک اسید[۲] (۵۵ درصد)، گاما لینولنیک اسید[۳] (بیشتر از ۴ درصد)، سالیسیلیک اسید (۱/۵- ۲۲ درصد)، پتاسیم، کلسیم، نیترات پتاسیم (۳ درصد)، استیک، لاکتیک و مالیک اسید، δ-bornesitol، cianozhens و آلکالوئیدهای پیرولیزیدین، licosamin، intermedin، sopinin، sopindian، yezan، colin می‌باشد (Griffiths et al., 2016; Río-Celestino et al., 2018). علاوه بر این، برگ‌های تازه آن دارای موسیلاژ قابل هیدرولیز به گلوکز، گالاکتوز، آرابینوز و آلانتوئین تا ۳۰ درصد هستند. برگ‌های گاوزبان در مرحله بذردهی دارای ۵-۲/۵ میلی‌گرم گاما لینولنیک اسید و ۹-۵/۷ میلی‌گرم استریدونیک اسید[۴] هستند (Bandonien and Murkovic, 2012;

1. Boraginaceae
2. α-Linolenic acid (ALA)
3. Gamma linolenic acid (GLA)
4. stearidonic acid (SDA)

(Herrmann et al., 2012). همچنین ترکیبات فنلی با پتانسیل آنتی‌اکسیدانی از این گیاه شناخته شده است و اسید رزمارینیک به عنوان یکی از آنتی‌اکسیدان‌های اصلی تشکیل دهنده این گیاه دارویی مطرح می‌باشد. مهار سمیت سلولی و فعالیت رادیکال‌های آزاد این گیاه نیز به وجود اسیدهای فنولیک در این گیاه نسبت داده شده است (Bandonien and Murkovic, 2002).

در حدود یک سوم اراضی جهان با کمبود بارندگی مواجه‌اند و نیمی از این اراضی دارای بارندگی سالیانه کمتر از ۲۵۰ میلیمتر می‌باشند که یک چهارم تبخیر و تعرق بالقوه این مناطق است. به طور کلی مناطق خشک و نیمه خشک جهان در محدوده‌های بین عرض‌های جغرافیایی ۱۵ تا ۳۰ درجه شمالی و جنوبی قرار گرفته‌اند و وسعتی در حدود ۴۴/۷ میلیون کیلومتر مربع را شامل می‌شوند. حدود ۳۹٪ از این مساحت جزء مناطق خشک محسوب می‌گردد که قسمت عمده آن برای زراعت مساعد نیست (Ansari and Sharif-Zadeh, 2018). در مناطق خشک و نیمه خشک علاوه بر میزان بارندگی کم، توزیع بارندگی از فصلی تا فصل دیگر و از سالی به سال دیگر متغیر بوده و بنابراین پیش‌بینی میزان و توزیع آن بسیار مشکل است (Ansari and Sharif-Zadeh, 2018). در کشور ما نیز به جز سواحل دریای خزر و قسمت‌های کوچکی از شمال غربی کشور بقیه مناطق تماماً جزء نقاط خشک و نیمه خشک محسوب می‌گردند و این در حالی است که مناطق خشک کشورمان نسبت به مناطق نیمه خشک آن، از وسعت بیشتری برخوردار است (Ansari and Sharif-Zadeh, 2018). خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده می‌باشد که هر ساله خسارت‌های هنگفتی به محصولات زراعی و باغی در جهان بالاخص ایران که به عنوان کشوری خشک و نیمه خشک محسوب می‌گردد، وارد می‌نماید. به لحاظ محدودیت آب و میزان بارندگی کم ۴۹/۷۸ درصد سطح زیر کشت ۴۲ محصولات زراعی در شرایط دیم کشت می‌شوند و عملکرد محصولات زراعی در شرایط دیم درصد شرایط آبی می‌باشد که اهمیت توجه به عوامل تاثیرگذار در کاهش تنش خشکی را گوشزد می‌نماید. به طوری که میزان کاهش عملکرد به لحاظ تنش خشکی در مناطق نیمه حاره و در غرب آسیا و شمال آفریقا ۵۰ تا ۳۵ درصد گزارش شده است. گیاهان می‌توانند با فرار از خشکی، اجتناب از خشکی به تنش خشکی عکس‌العمل و سازگاری نشان دهند. بین رژیم‌های آبیاری، اختلاف معنی‌داری از نظر درصد پوشش سبز به وجود دارد و میانگین کلیه صفات در شرایط آبیاری کامل به طور معنی‌داری بیشتر از آبیاری‌های محدود است. سرعت پر شدن، حداکثر وزن و عملکرد دانه در شرایط آبیاری در مرحله گلدهی به طور معنی‌داری بیشتر از شرایط آبیاری در مرحله شاخه دهی است، ولی از نظر سایر صفات بین رژیم‌های آبیاری، اختلاف معنی‌داری دیده نمی‌شود (Ansari and Sharif-Zadeh, 2018). کاهش آب در بافت‌های گیاهی سبب کاهش رشد، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز، تحت تأثیر قرار گرفتن تنفس، کاهش فضای بین سلولی، تخریب پروتئین‌ها، تخریب آنزیم‌ها، کاهش تشدید کننده‌های رشد و تجمع پرولین می‌شود (Manivannan et al., 2020). گیاه از طریق مکانیسم‌های مختلف از جمله بستن روزنه‌ها، ضخیم شدن کوتیکول، کاهش سطح تعرق کننده، افزایش وزن و طول ریشه، جلوگیری از کاهش پروتئین، بالا نگهداشتن فتوسنتز و کاهش تنفس و تنظیم اسمزی می‌تواند در برابر خشکی مقاومت کند (صفایی و غدیری، ۱۳۹۸).

با توجه به‌این‌که تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی در اکوسیستم‌های زراعی امروزی محسوب می‌شود، این تنش علاوه بر این که منجر به تغییر در منابولیت‌های ثانویه گیاهان می‌گردد، بنابراین، این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی متابولیت‌های ثانویه گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۴۰۳ به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی متابولیت‌های ثانویه گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی به‌صورت طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی در سال ۱۴۰۳ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح (صفر (آب مقطر)، ۶- و ۱۲- بار) بود. بذر گیاه مرزه از شرکت پاکان بذر در اصفهان تهیه شد. جهت انجام آزمون جوانه‌زنی، ابتدا سه تکرار ۲۵ بذری به طور تصادفی از هر نمونه جدا گردید و در داخل پتریدیش، روی کاغذ صافی به روش روی کاغذ[1] کشت شد. به این صورت که از هر تیمار و تکرار، بذور ضدعفونی شده با قارچ‌کش بنومیل، روی پتری‌دیش‌های حاوی دو لایه کاغذ صافی انتقال یافت. سپس جهت انجام آزمون جوانه‌زنی برای اعمال سطوح تنش خشکی، بعد از تهیه غلظت‌های مورد نظر از PEG 6000 (تنش خشکی) به صورت مجزا، مقدار ۴ میلی‌لیتر از محلول‌های مورد نظر به هر پتری‌دیش اضافه شد. سپس نمونه‌ها به ژرمیناتوری با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد.

برای اندازه‌گیری فلاوونوئید کل از روش ژیشن[2] و همکاران (۱۹۹۹) استفاده و مقدار آن با کمک معادله حاصل از منحنی استاندارد کوئرستین[3] محاسبه شد. به منظور اندازه‌گیری فنل کل از روش اسلینکارد[4] و همکاران (۱۹۷۷) استفاده و مقدار فنل هر نمونه با کمک معادله حاصل از منحنی استاندارد اسید گالیک محاسبه شد.

بعد از جمع‌آوری داده‌ها، نرمال بودن آنها با استفاده از برنامه SPSS با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف مشخص شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه دانکن[5] در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فنل کل و فلاونوئید بطور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر متابولیت‌های ثانویه در گل گاوزبان اروپایی

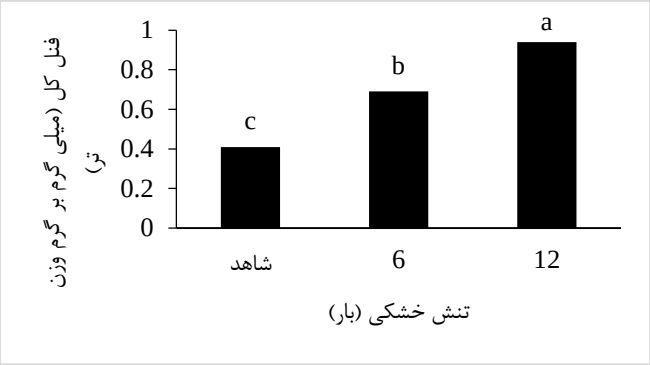
منابع تغییر	درجه آزادی	فنل کل	فلاونوئید
تنش خشکی	۲	۷۷/۳۰**	۰/۰۴۶**
خطا	۸	۳/۵۲	۰/۰۰۶
ضریب تغییرات	-	۲/۲۴	۴/۷۱

Ns غیر معنی‌دار ** احتمال معنی‌داری در سطح ۱٪ * احتمال معنی‌داری در سطح ۵٪

فنل کل: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تنش میزان فنل کل افزایش یافت بطوری که بیشترین میزان فنل کل در شرایط تنش ۱۲- بار به دست آمد. همچنین کمترین میزان فنل کل در شرایط عدم تنش

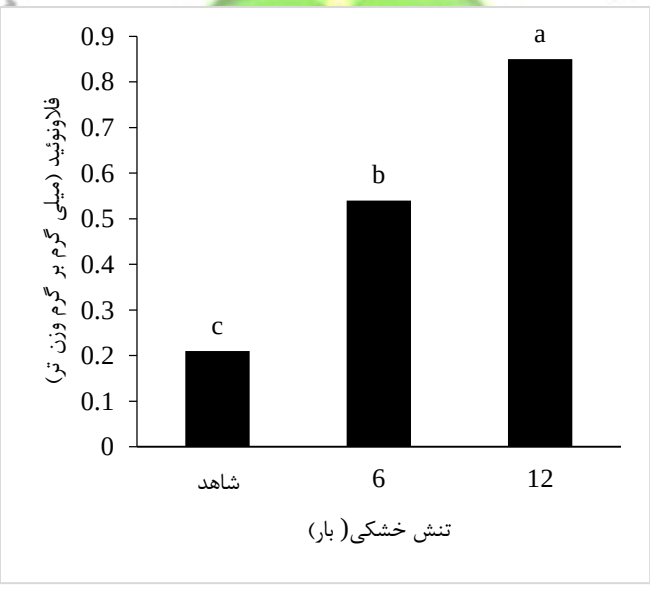
1. Tap paper (TP)
2. Zhishen
3. Quercetin
4. Slinkard
5. Duncan's multiple range test

خشکی در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۱). که با نتایج سیاری و همکاران (۲۰۲۲) در گیاه دارویی مفراح مطابقت داشت. افزایش سطوح ترکیبات فنلی، از جمله مکانیسم‌های آنتی اکسیدانی گیاه تحت تنش خشکی است چرا که این ترکیبات به‌عنوان پالاینده‌های گونه‌های واکنشگر اکسیزن عمل کرده و در نتیجه سبب ثبات غشاهای سلول و مانع از پراکسیداسیون لیپیدها می‌شوند (Turumtay et al., 2014).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر میزان فنل گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی

فلاونوئید: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تنش میزان فلاونوئید افزایش یافت. بطوری که بیشترین میزان فلاونوئید در شرایط تنش ۱۲- بار به دست آمد. همچنین کمترین میزان فلاونوئید در شرایط عدم تنش خشکی در تیمار شاهد مشاهده شد که مطابق با نتایج زاو و همکاران (Zhao *et al*., 2021) در رازیانه بود. (شکل ۲).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر میزان فلاونوئید گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی

منابع

صفایی، ه و غدیری، ح. (۱۳۹۸). اثرات تنش رطوبتی خاک روی پاره ای از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی شش رقم گندم، ۹-۱۸: (۳)۲۶. در گلخانه. مجله علوم کشاورزی ایران، *(Triticum aestivum L.)*

Río-Celestino, M. D., Font, R., de Haro-Bailón, A. 2018. Distribution of fatty acids in edible organs and seed fractions of borage (*Borago officinalis* L.). Journal of the Science of Food and Agriculture, 88: 248-255.

Ansari, O., and Sharif-Zadeh, F. 2018. Osmo and hydro priming improvement germination characteristics and enzyme activity of Mountain Rye (*Secale montanum*) seeds under drought stress. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*. 8 (4): 253-261

Bandonien, D., Murkovic, M. 2012. The detection of radical scavenging compounds in crude extract of borage (*Borago officinalis* L.) by using an on-line HPLC-DPPH method. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, 53: 45-49.

Griffiths, G., Brechany, E. Y., Jackson, F. M., Christie, W. W., Stymne, S., Stobart, A. K. 2016. Distribution and biosynthesis of stearidonic acid in leaves of Borago officinalis. *Phytochemistry*, 43: 381-386.

Herrmann, M., Joppe, H., Schmaus, G. 2012. Thesinine-4′-O-β-d-glucoside the first glycosylated plant pyrrolizidine alkaloid from Borago officinalis. Phytochemistry, 60: 399-402.

Mahmoudi, F., Sheikhzadeh Mosaddegh, P., Zare, N., Esmaielpour, B. (2019a). The effect of hormone and hydro priming on seed germination, growth and biochemical properties of borage seedling (*Borago officinalis* L.). Plant Process and Function, 7 (27) :165-180. (in Farsi)

Manivannan, P., C.A. Jaleel, B. Sankar, A. Kishorekumar, R. Somasundaram, G.M.A. Lakshmanan and R. Panneerselvam. 2020. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in Helianthus annuus L. as induced by drought stress. Colloid. Surf. B: Biointerf: 59:141-149.

Sayyari, M. , Moradi Farsa, M. and Azizi, A. (2022). The Effect of Drought Stress at Different Developmental Stages on Growth and Some Phytochemical Parameters of Nepeta crispa. *Journal of Crops Improvement*, *24*(2), 545-561. doi: 10.22059/jci.2021.316022.2491

Slinkard, K., Singleton, V. L. 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28: 49-55.

Turumtay, E. A., İslamoğlu, F., Çavuş, D., Şahin, H,. Turumtay, H., & Vanholme, B. (2014). Correlation between phenolic compounds and antioxidant activity of Anzer tea (Thymus praecox Opiz subsp. caucasicus var. caucasicus). Industrial Crops and Products, 52, 687-694

Zhao, H., Guan, J., Liang, Q., Zhang, X., Hu, H., & Zhang, J. (2021) Effects of cadmium stress on growth and physiological characteristics of sassafras seedlings. *Scientific Reports*, 10;11(1):9913. DOI: 10.1038/s41598-021-89322-0

Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64: 555-559.

Studying the effect of drought stress on some secondary metabolites of European borage seedling

Sahar Ansari Namin[1], Fatemeh Mahmoudi[2], Bahram Dehdar*[3]
1. Master of Agricultural Sciences, Department of Plant Production and Genetics, Islamic Azad University, Ardabil Branch, Iran
2. Visiting Researcher, Seed Science and Technology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Science and Technology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran
3. Assistant Professor, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Center Organization, AREEO, Ardabil, Iran
**Corresponding author: Bahram_dehdar@yahoo.com*

Abstract

In order to study the effect of drought stress on some secondary metabolites of European borage seedlings, an experiment was conducted in a completely randomized basic design with 3 replications at Islamic Azad University in 1403. The experimental treatments included drought stress at three levels (zero (distilled water), -6 and -12 bar). The results of the analysis of variance of the data showed that total phenols and flavonoids were significantly affected by drought stress. The results showed that -12 bar drought stress increased total phenols and flavonoids compared to the control treatment. Overall, -12 bar drought stress had the greatest effect on total phenols and flavonoids of borage seedlings.

Keywords: European borage, total phenols, flavonoids

اثر سیتوتوکسیک عصاره گیاه *Ocimum basilicum* L. بر زنده ماندن سلول‌های سرطان پستان HER2 مثبت رده SKBR3

نفیسه یوسفی محمود*
گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران
*نویسنده مسئول: nafiyousefi@yahoo.com

چکیده

سرطان پستان HER2 مثبت یکی از زیرگروه‌های تهاجمی این بیماری است که به دلیل مقاومت نسبت به درمان‌های هدفمند، با چالش‌های درمانی متعددی روبه‌روست. در این مطالعه، اثرات سیتوتوکسیک عصاره آبی گیاه ریحان بر رده سلولیSKBR3 مورد بررسی قرار گرفت. سلول‌ها با غلظت‌های مختلفی از عصاره (۱ تا ۱۰۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر) به مدت ۲۴ ساعت تیمار شدند. میزان زنده‌مانی سلول‌ها با آزمون MTT و نرخ تکثیر با شمارش دستی سلولی پس از تریپسینه شدن بررسی شد. نتایج نشان داد که عصاره ریحان به‌صورت وابسته به دوز موجب کاهش معنی‌دار در میزان زنده‌مانی و تکثیر سلول‌های SKBR3 می‌شود. یافته‌ها نشان می‌دهند که عصاره ریحان دارای پتانسیل قابل توجهی در مهار رشد سلول‌های سرطان پستان HER2 مثبت است و می‌تواند به عنوان یک گزینه مکمل در درمان این نوع سرطان مطرح شود. مطالعات مکانیسمی و درون‌تنی بیشتری برای تأیید این اثرات ضروری است.

واژه‌های کلیدی: آزمون MTT، ریحان، سرطان پستان HER2 مثبت، سمیت سلولی

مقدمه

سرطان پستان یکی از شایع‌ترین بدخیمی‌ها در میان زنان در سراسر جهان به شمار می‌رود و سهم قابل‌توجهی از مرگ‌ومیر ناشی از سرطان را به خود اختصاص داده است (Siegel et al., 2023). یکی از زیرگروه‌های مهم در طبقه‌بندی مولکولی سرطان پستان، نوع HER2 مثبت است که با بیان بیش‌ازحد گیرنده‌ی فاکتور رشد اپیدرمی انسانی نوع دوم (HER2/neu) شناخته می‌شود. این زیرگروه تقریباً ۱۵ تا ۲۰ درصد از کل موارد سرطان پستان را شامل می‌شود و به‌واسطه‌ی نرخ تکثیر بالا و احتمال بالای متاستاز معمولاً با پیش‌آگهی ضعیف‌تری همراه است (Slamon et al., 1987, Slamon et al., 2001).

با وجود پیشرفت‌های قابل‌توجه در درمان‌های هدفمند از جمله استفاده از داروهایی نظیر تراستوزوماب، مقاومت اولیه یا ثانویه به این داروها و همچنین بروز عوارض جانبی قابل‌توجه، همچنان چالشی جدی در درمان این بیماران محسوب می‌شود(Rexer and Arteaga, 2012). از این رو، جست‌وجو برای یافتن رویکردهای درمانی مکمل، کم‌عارضه و مؤثر، به‌ویژه از منابع طبیعی، بیش‌ازپیش مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در این میان، گیاهان دارویی به‌عنوان یکی از منابع بسیار غنی از ترکیبات زیست‌فعال با اثرات ضدسرطانی بالقوه، همواره مورد بررسی بوده‌اند.

گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، نه‌تنها در طب سنتی کاربرد فراوانی دارد، بلکه خواص متعددی از جمله اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدمیکروبی و ضدتوموری برای آن گزارش شده است (Kifer et al., 2021). مطالعات

متعددی بر روی اثرات ضدتکثیری عصاره‌های مختلف ریحان بر رده‌های سلولی سرطانی انجام شده‌اند. برای نمونه، Singhو همکاران نشان دادند که عصاره‌ی اتانولی ریحان موجب توقف چرخه‌ی سلولی و القای آپوپتوز (مرگ برنامه ریزی شده سلول) در رده‌ی MCF-7 می‌گردد (Singh et al., 2013). همچنین، Moghaddam و همکاران اثربخشی عصاره‌ی متانولی برخی گونه‌های ریحان را بر رده‌های مختلف سلول‌های سرطان پستان به‌ویژه در کاهش تکثیر و زنده‌مانی سلولی گزارش کردند (Moghaddam et al., 2017). با این حال، اغلب این پژوهش‌ها بر رده‌های سلولی غیر HER2مثبت تمرکز داشته‌اند و بررسی دقیق اثرات سیتوتوکسیک ریحان بر رده‌های HER2 مثبت مانندSKBR3، که نماینده‌ای مناسب از این زیرگروه تهاجمی محسوب می‌شود، بسیار محدود بوده است. این شکاف پژوهشی، ضرورت مطالعه‌ی بیشتر در این زمینه را آشکار می‌سازد.

با توجه به اهمیت شناسایی ترکیبات طبیعی مؤثر و کم‌عارضه در مقابله با سرطان‌های مقاوم به درمان، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات سیتوتوکسیک عصاره‌ی آبی گیاه ریحان بر سلول‌های سرطان پستان HER2 مثبت رده‌ی SKBR3 طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

تهیه عصاره آبی گیاه ریحان

برای تهیه عصاره آبی، ابتدا اندام‌های هوایی خشک‌شده‌ی گیاه ریحان آسیاب شدند. به‌ازای هر گرم پودر گیاه، ۱۰ میلی‌لیتر محلول فیزیولوژیک (سالین) افزوده شده و مخلوط حاصل به مدت ۲۰ دقیقه جوشانده شد. پس از سرد شدن، عصاره اولیه از صافی پارچه‌ای عبور داده شده و سپس با استفاده از قیف بوخنر و کاغذ صافی، فیلتراسیون کامل انجام گرفت. در مرحله بعد، عصاره به‌منظور تغلیظ، تحت حرارت قرار گرفت تا به ویسکوزیته‌ای مشابه عسل برسد. عصاره غلیظ‌شده در پلیت‌های استریل توزیع و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد داخل انکوباتور خشک گردید تا پودر عصاره خالص به دست آید.

کشت سلول‌های سرطانی

سلول‌های سرطان پستان HER2 مثبت از رده SKBR3 در محیط DMEM مکمل‌شده با ۱۰٪ سرم جنین گاوی (FBS) کشت داده شدند. کشت سلول‌ها در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و اتمسفر حاوی ۵٪ CO_2 انجام گرفت.

تیمار سلولی با عصاره

پس از ۲۴ ساعت از کشت اولیه و اطمینان از چسبندگی سلول‌ها، تیمار با غلظت‌های مختلف (۱، ۱۰، ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) از عصاره‌ی آبی ریحان برای مدت ۲۴ ساعت انجام شد. یک ردیف از پلیت‌ها به عنوان گروه کنترل منفی (بدون تیمار) در نظر گرفته شد. تمامی تیمارها در قالب ۵ تکرار مستقل برای هر گروه آزمایشی انجام گردید.

ارزیابی سمیت سلولی و نرخ تکثیر سلولی

برای ارزیابی سمیت سلولی، از آزمون MTT استفاده شد. این آزمون بر اساس کاهش نمک تترازولیوم زردرنگ (MTT) به کریستال‌های فورمازان نامحلول توسط آنزیم‌های دهیدروژناز فعال در سلول‌های زنده انجام شد. پس از انحلال کریستال‌های فورمازان در دی‌متیل‌سولفوکساید (DMSO)، جذب نوری در طول موج ۵۷۰ نانومتر اندازه‌گیری و مقدار جذب در طول موج ۶۹۰ نانومتر به‌عنوان رفرنس از آن کسر گردید. درصد بقاء سلولی برای هر تیمار محاسبه شد.

برای تعیین نرخ تکثیر (Proliferation Rate)، سلول‌ها پس از تیمار با PBS شسته و با تریپسین (1x) جدا شدند. پس از غیرفعال‌سازی آنزیم با محیط کشت، شمارش سلول‌ها با استفاده از لام نئوبار انجام شد. نرخ تکثیر به صورت نسبت تعداد سلول‌های زنده پس از تیمار به تعداد سلول‌های اولیه قبل از تیمار محاسبه گردید.

شمارش سلول‌های زنده با رنگ‌آمیزی تریپان آبی

به‌منظور تشخیص سلول‌های زنده از مرده، از رنگ تریپان آبی استفاده شد. برای این منظور، ۱۰ میکرولیتر از سوسپانسیون سلولی با ۱۰ میکرولیتر محلول تریپان آبی مخلوط و به‌مدت ۲–۳ دقیقه در دمای اتاق انکوبه شد. سپس ۱۰ میکرولیتر از مخلوط رنگی با استفاده از سمپلر استریل روی لام نئوبار آماده‌شده قرار داده شد. سلول‌ها با بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ زیر میکروسکوپ نوری شمارش شدند. سلول‌های زنده بی‌رنگ و سلول‌های مرده آبی‌رنگ مشاهده شدند. برای محاسبه تعداد سلول در هر میلی‌لیتر از فرمول زیر استفاده شد:

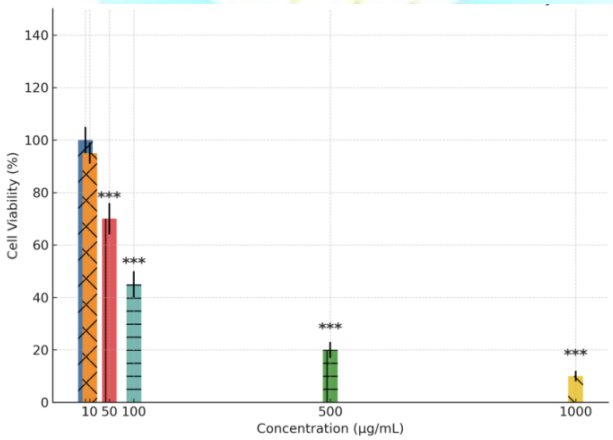
$$Cells/ml = \frac{Average\,of\,cells}{mm^2} \times 2 \times 10^4$$

که در آن میانگین تعداد سلول‌ها در هر میلی‌متر مربع از جمع تعداد سلول‌ها در چهار مربع ۱۶ خانه تقسیم بر چهار به دست می‌آید. عدد ۲ ضریب رقت محلول است و چون حجم هر مربع ۰/۱ میلی‌متر مکعب است پس برای به دست آوردن تعداد سلول‌ها در یک سانتی‌متر مکعب یا یک میلی‌لیتر بایستی تعداد آن‌ها در عدد 10^4 ضرب شود.

نتایج و بحث

بررسی درصد سلول‌های زنده تحت تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره ریحان

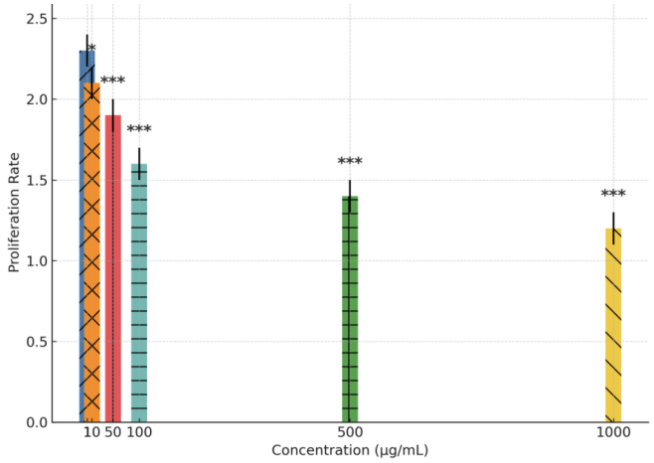
جهت ارزیابی اثر سیتوتوکسیک عصاره آبی ریحان بر سلول‌های سرطانی SKBR3، سلول‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در معرض غلظت‌های مختلف عصاره (۱، ۱۰، ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) قرار گرفتند. نتایج حاصل از آزمون MTT در شکل ۱ نمایش داده شده است. تحلیل داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت عصاره، درصد بقاء سلولی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. بیشترین کاهش زنده‌مانی سلول‌ها در غلظت ۱۰۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر مشاهده شد که اختلاف آماری در سطح $p < 0.001$ را نسبت به گروه کنترل نشان داد. این روند، وابستگی دوز-پاسخ عصاره ریحان را بر مرگ سلولی در رده SKBR3 تأیید می‌کند.



شکل ۱. درصد سلول‌های زنده تحت تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره ریحان در سلول‌های SKBR3 پس از ۲۴ ساعت.
*** اختلاف معنی‌دار با گروه کنترل در سطح ($p < 0.001$).

بررسی نرخ تکثیر سلول‌ها تحت تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره ریحان

به‌منظور ارزیابی اثر عصاره ریحان بر تکثیر سلول‌هایSKBR3، نرخ تکثیر پس از ۲۴ ساعت تیمار با غلظت‌های مختلف عصاره اندازه‌گیری شد. میانگین تعداد سلول‌ها به‌عنوان شاخصی از نرخ تکثیر در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت عصاره، نرخ تکثیر سلول‌ها به‌طور قابل توجهی کاهش یافت (شکل ۲). در غلظت‌های بالاتر (۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر)، این کاهش به‌طور معنی‌داری در سطوح آماری $p < 0.05$ و $p < 0.001$ نسبت به گروه کنترل مشاهده شد.



شکل ۲. نرخ تکثیر سلول‌های SKBR3 پس از ۲۴ ساعت تیمار با غلظت‌های مختلف عصاره ریحان
***: اختلاف معنی‌دار با گروه کنترل در سطح.(p<0.001) ، *: اختلاف معنی‌دار با گروه کنترل در سطح.(p<0.05)

نتایج فوق به‌وضوح نشان می‌دهد که افزایش غلظت عصاره ریحان با افزایش درصد مرگ سلولی همراه بوده و این موضوع منجر به کاهش نرخ تکثیر سلول‌های سرطانی SKBR3 شده است. این یافته‌ها بر اثر مهاری عصاره گیاه ریحان بر رشد و بقاء سلول‌های سرطان پستان HER2 مثبت تأکید دارند.

یافته‌های این پژوهش نشان داد که عصاره آبی گیاه ریحان دارای اثرات سیتوتوکسیک قابل‌توجهی بر سلول‌های سرطان پستان HER2 مثبت (SKBR3) است و با افزایش غلظت عصاره، درصد بقاء و نرخ تکثیر سلول‌ها به‌صورت معناداری کاهش می‌یابد. این نتایج نشان‌دهنده‌ی وجود ترکیبات زیست‌فعال در عصاره ریحان است که می‌توانند با مهار رشد سلولی و القای مرگ سلولی، عملکرد ضدسرطانی از خود نشان دهند.

مطالعات پیشین نیز اثرات ضدتوموری ریحان را در مدل‌های مختلف سلولی گزارش کرده‌اند. برای مثال، Singh و همکاران گزارش کردند که عصاره متانولی ریحان سبب القای مرگ برنامه‌ریزی شده سلول در سلول‌های سرطان پستان MCF-7 می‌شود (Singh et al., 2013). همچنین، Moghaddam و همکاران اثر گیاه ریحان را بر رده‌های مختلف سلول‌های سرطان پستان گزارش کردند (Moghaddam et al., 2017). همچنین مطالعه‌ای توسط Kifer و همکاران، خواص ضدسرطانی ترکیبات فرار ریحان مانند لینالول و اوژنول را تأیید کرده است که می‌تواند از طریق مهار استرس اکسیداتیو و القای مرگ برنامه‌ریزی‌شده سلولی عمل نمایند (Kifer et al., 2021).

در مطالعه حاضر نیز اثر عصاره به‌صورت وابسته به دوز مشاهده شد، به‌گونه‌ای که با افزایش غلظت، اثر مهاری بر بقاء و تکثیر سلول‌ها بیشتر شد. این پدیده در مطالعات مختلف گیاهان دارویی ضدسرطان به‌عنوان شاخصی از اثربخشی بیولوژیک شناخته می‌شود (Cragg and Newman, 2013).

نکته مهم دیگر در این پژوهش، استفاده از عصاره آبی به‌جای عصاره‌های آلی است که علاوه‌بر کاهش عوارض جانبی احتمالی، می‌تواند راهکاری ایمن‌تر برای توسعه داروهای گیاهی ضدسرطان در آینده باشد (Baliga et al., 2013). با این‌حال، لازم است مطالعات بیشتری از جمله بررسی مسیرهای مولکولی درگیر در مرگ سلولی، القای آپوپتوز، بررسی بیان ژن‌ها و استفاده از مدل‌های حیوانی انجام شود تا سازوکار دقیق اثر عصاره ریحان بر سلول‌های HER2 مثبت مشخص گردد.

منابع

Baliga, M.S., Jimmy, R., Thilakchand, K.R., Sunitha, V., Bhat, N. R., Saldanha, E., Rao, S., Rao, P., Arora, R. and Palatty, P. L. (2013). *Ocimum basilicum* (Linn): a review of its phytochemistry, pharmacology, and safety profile. *Indian Journal of Experimental Biology*, 51, 485.

Cragg, G.M. and Newman, D.J. (2013). Natural products: a continuing source of novel drug leads. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1830, 3670.

Kifer, D., Mužinić, V. and Klarić, M.S. (2021). Antimicrobial activity of essential oils against multidrug-resistant Pseudomonas aeruginosa and Staphylococcus aureus. *Molecules*, 26, 4640.

Moghaddamm, G., Ghasemi Pirbalouti, A., Rahimmalek, M. 2017. Anticancer activity of extracts from some *Ocimum* species against breast cancer cell lines. *Journal of HerbMed Pharmacology*, 6, 23.

Rexer, B.N. and Arteaga, C.L. (2012). Intrinsic and acquired resistance to HER2-targeted therapies in HER2 gene-amplified breast cancer: mechanisms and clinical implications. *Critical Reviews in Oncogenesis*, 17, 1.

Siegel, R.L., Miller, K.D., Fuchs, H.E. and Jemal, A. (2023). Cancer Statistics. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 73, 17.

Singh, M., Pal, M., Sharma, R., et al. (2013). In vitro cytotoxicity of *Ocimum basilicum* extract and its effect on cell cycle in MCF-7 cell line. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 14, 4355.

Slamon, D.J., Clark, G.M., Wong, S.G., Levin, W.J., Ullrich, A. and McGuire, W.L. (1987). Human breast cancer: correlation of relapse and survival with amplification of the HER-2/neu oncogene. *Science*, 235, 177.

Slamon, D.J., Leyland-Jones, B., Shak, S., Fuchs, H., Paton, V., Bajamonde, A., Fleming, T., Eiermann, W., Wolter, J., Pegram, M., Baselga, J. and Norton, L. (2001). Use of chemotherapy plus a monoclonal antibody against HER2 for metastatic breast cancer. *The New England Journal of Medicine*, 344, 783.

The Cytotoxic Effect of *Ocimum basilicum* L. Extract on Viability of HER2-Positive Breast Cancer SKBR3 Cells

Nafise Yousefi Mahmood*
Department of Biology, Faculty of Basic Science, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
*Corresponding Author: nafiyousefi@yahoo.com

Abstract

HER2-positive breast cancer is one of the most aggressive subtypes of the disease, posing significant therapeutic challenges due to its resistance to targeted treatments. This study investigated the cytotoxic effects of aqueous extract of basil on the HER2-overexpressing SKBR3 breast cancer cell line. Cells were treated with various concentrations of the extract (1 to 1000 µg/mL) for 24 hours. Cell viability was assessed using the MTT assay, and proliferation rates were evaluated through manual cell counting after trypsinization. The results showed that basil extract significantly reduced the viability and proliferation of SKBR3 cells in a dose-dependent manner. The IC_{50} value was calculated to be 91.39 µg/mL after 24 hours of treatment. These findings suggest that *O. basilicum* extract exhibits notable anti-proliferative and cytotoxic properties against HER2-positive breast cancer cells and may serve as a potential complementary therapeutic agent. Further mechanistic and in vivo studies are warranted to validate these effects.

Keywords: MTT assay, basil, HER2-positive breast cancer, cytotoxicity

تأثیر تنش خشکی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی

سحر انصاری نمین[۱]، فاطمه محمودی[۲]، بهرام دهدار[*۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم کشاورزی گرایش زراعت، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل-ایران

۲- پژوهشگر مدعو رشته‌ی علوم و تکنولوژی بذر، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- استادیار، سازمان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل، AREEO، اردبیل، ایران

*نویسنده مسئول: Bahram_dehdar@yahoo.com

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی، آزمایشی به‌صورت طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل در سال ۱۴۰۳ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح (صفر (آب مقطر)، ۶- و ۱۲- بار) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کلروفیل a، b و کلروفیل کل بطور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تنش خشکی ۱۲- بار رنگیزه‌های فتوسنتزی را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. بطوری که بیشترین میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط عدم تنش خشکی مشاهده شد. در مجموع، تنش خشکی ۱۲- بار بیشترین اثر را در کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاهچه‌های گل گاوزبان داشت.

واژه‌های کلیدی: گل گاوزبان اروپایی، رنگیزه‌های فتوسنتزی

مقدمه

گیاه دارویی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) گیاهی یکساله از خانواده گاوزبان[۱] است. این گیاه علاوه بر خواص دارویی، دارای خواص متعدد صنعتی و علوفه‌ای می‌باشد که سبب افزایش اهمیت آن شده است. امروزه در اکثر نقاط دنیا به منظور استفاده‌های درمانی پرورش می‌یابد (Mahmoudi *et al.*, 2019). علاوه بر این، برگ‌های تازه آن دارای موسیلاژ قابل هیدرولیز به گلوکز، گالاکتوز، آرابینوز و آلانتوئین تا ۳۰ درصد هستند. برگ‌های گاوزبان در مرحله بذردهی دارای ۵- ۲/۵ میلی‌گرم گاما لینولنیک اسید و ۹-۵/۷ میلی‌گرم استریدونیک اسید[۲] هستند (Bandonien and Murkovic, 2012; Herrmann et al., 2012).

در حدود یک سوم اراضی جهان با کمبود بارندگی مواجه‌اند و نیمی از این اراضی دارای بارندگی سالیانه کمتر از ۲۵۰ میلیمتر می‌باشند که یک چهارم تبخیر و تعرق بالقوه این مناطق است. به طور کلی مناطق خشک و نیمه خشک جهان در محدوده‌های بین عرض‌های جغرافیایی ۱۵ تا ۳۰ درجه شمالی و جنوبی قرار گرفته‌اند و وسعتی در حدود ۴۴/۷ میلیون کیلومتر مربع را شامل می‌شوند. حدود ۳۹٪ از این مساحت جزء مناطق خشک محسوب می‌گردد که

1. Boraginaceae
2. stearidonic acid (SDA)

قسمت عمده آن برای زراعت مساعد نیست (Ansari and Sharif-Zadeh, 2018). نتایج بررسی یا تحقیقات متعدد نشان داده است که تنش خشکی موجب کاهش وزن تر اندام هوایی و ریشه و نسبت وزن تر ریشه به ساقه در آویشن شد (Farag et al., 2019). تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع بوته، کاهش تعداد اندام هوایی تازه و وزن خشک و عملکرد در ذرت شد (Anjum et al., 2016).Mathobo و همکاران (۲۰۱۷) به این نتیجه رسیدند که در گیاه لوبیا تنش خشکی موجب کاهش توده خشک، شاخص سطح برگ، کاهش تعداد غلاف در بوته و دانه در غلاف و کاهش تولید کل محصول شد. کاهش قابل توجهی توده تازه و خشک ساقه در ذرت در اثر تنش خشکی شد. تحت تنش خشکی کاهش دور ساقه، تعداد برگ و سطح، توده تازه و خشک اندام هوایی و ریشه در فلفل سیاه گزارش شده است (Wang et al., 2018).

با توجه به این‌که تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی در اکوسیستم‌های زراعی امروزی محسوب می‌شود، بنابراین، این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۴۰۳ به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی به‌صورت طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل در سال ۱۴۰۳ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح (شاهد (آب مقطر)، ۶- و ۱۲- بار) بود. بذر گیاه گل گاوزبان از شرکت پاکان بذر در اصفهان تهیه شد. جهت انجام آزمون جوانه‌زنی، ابتدا سه تکرار ۲۵ بذری به طور تصادفی از هر نمونه جدا گردید و در داخل پتریدیش، روی کاغذ صافی به روش روی کاغذ[1] کشت شد. به این صورت که از هر تیمار و تکرار، بذور ضدعفونی شده با قارچ‌کش بنومیل، روی پتری‌دیش‌های حاوی دو لایه کاغذ صافی انتقال یافت. سپس جهت انجام آزمون جوانه‌زنی برای اعمال سطوح تنش خشکی، بعد از تهیه غلظت‌های مورد نظر از PEG 6000 (تنش خشکی) به صورت مجزا، مقدار ۴ میلی‌لیتر از محلول‌های مورد نظر به هر پتری‌دیش اضافه شد. سپس نمونه‌ها به ژرمیناتوری با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد. اندازه‌گیری کلروفیل‌ها به روش تغییر یافته آرنون (Arnon, 1949) صورت گرفت.

بعد از جمع‌آوری داده‌ها، نرمال بودن آنها با استفاده از برنامه SPSS با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف مشخص شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه دانکن[2] در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که رنگیزه‌های فتوسنتزی بطور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند (جدول ۱).

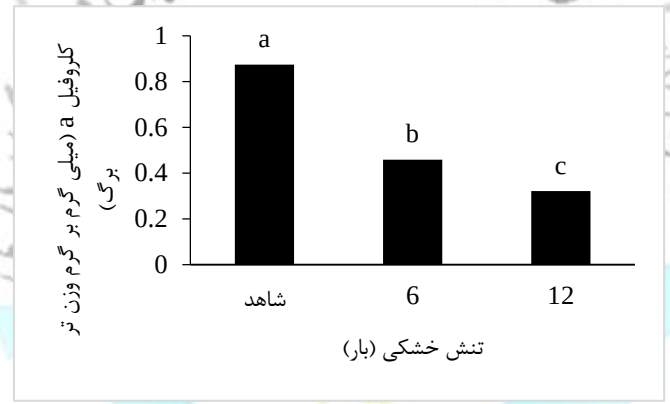
1. Tap paper (TP)
2. Duncan's multiple range test

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی در گل گاوزبان اروپایی

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
تنش خشکی	۲	۷۷/۲۰**	۰/۰۲۶**	۰/۰۰۵۶**
خطا	۸	۳/۴۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲
ضریب تغییرات	-	۳/۴۴	۵/۸۱	۶/۴۱

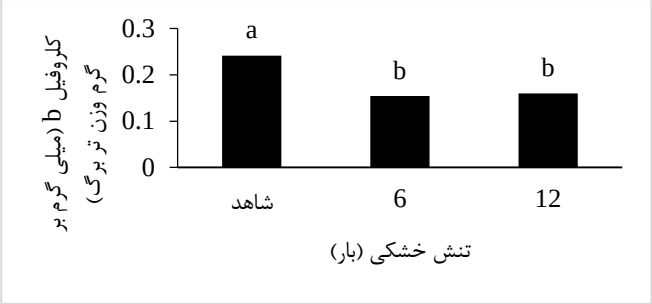
Ns غیر معنی‌دار، ** احتمال معنی‌داری در سطح ۱٪ و * احتمال معنی‌داری در سطح ۵٪

کلروفیل a: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تنش میزان کلروفیل a کاهش یافت بطوری که بیشترین میزان کلروفیل a در شرایط عدم تنش خشکی در تیمار شاهد به دست آمد. همچنین کمترین میزان کلروفیل a در شرایط تنش ۱۲- بار مشاهده شد (شکل ۱) که با نتایج سیاری و همکاران (۲۰۲۲) در گیاه دارویی مفراح مطابقت داشت. در مطالعه‌ای که نبی‌زاده و همکاران در سال ۱۴۰۱ با هدف بررسی اثر قارچ میکوریزا (*Piriformospora indica*) بر صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی استویا (*Stevia rebaudiana*) تحت تنش خشکی انجام شد نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی شد.



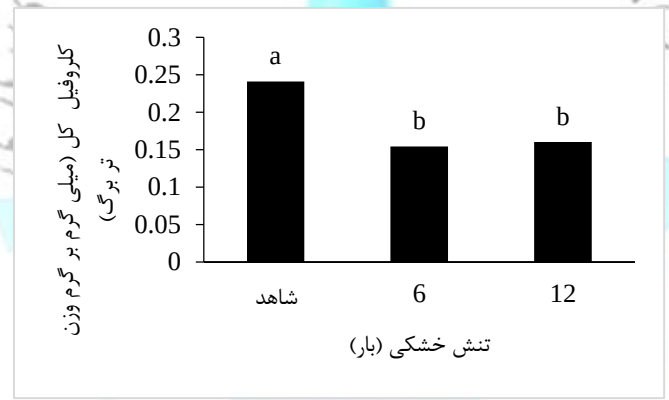
شکل ۱. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر کلروفیل a گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی

کلروفیل b: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تنش میزان کلروفیل b کاهش یافت. بطوری که بیشترین میزان کلروفیل b در شرایط عدم تنش خشکی در تیمار شاهد به دست آمد. همچنین کمترین میزان کلروفیل b در شرایط تنش ۱۲- بار مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با شرایط تنش ۶- بار نداشت که نتایج این مطابق با نتایج زاو و همکاران (Zhao *et al.*, 2021) در رازیانه بود. (شکل ۲). همچنین نتایج سیاری و همکاران (۲۰۲۲) در گیاه دارویی مفراح مطابقت داشت. در مطالعه‌ای که نبی‌زاده و همکاران در سال ۱۴۰۱ با هدف بررسی اثر قارچ میکوریزا (*Piriformospora indica*) بر صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی استویا (*Stevia rebaudiana*) تحت تنش خشکی انجام شد نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی شد.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر میزان کلروفیل b گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی

کلروفیل کل: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تنش میزان کلروفیل کل کاهش یافت. بطوری که بیشترین میزان کلروفیل کل در شرایط عدم تنش خشکی در تیمار شاهد به دست آمد. همچنین کمترین میزان کلروفیل کل در شرایط تنش ۱۲- بار مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با شرایط تنش ۶- بار نداشت (شکل ۳) که با نتایج سیاری و همکاران (۲۰۲۲) در گیاه دارویی مفراح و زاو و همکاران (Zhao *et al.*, 2021) در رازیانه مطابقت داشت. در مطالعه‌ای که نبی‌زاده و همکاران در سال ۱۴۰۱ با هدف بررسی اثر قارچ میکوریزا (*Piriformospora indica*) بر صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی استویا (*Stevia rebaudiana*) تحت تنش خشکی انجام شد نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی شد.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر میزان کلروفیل کل گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی

نتیجه‌گیری

بطوری که بیشترین میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط عدم تنش خشکی مشاهده شد. در مجموع، تنش خشکی ۱۲- بار بیشترین اثر را در کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاهچه‌های گل گاوزبان داشت.

منابع

نبی‌زاده، ا. حق‌شناس، م. دولتمند، ن. احمدی، خ. (۱۴۰۱) بررسی اثر قارچ میکوریزا (*Piriformospora indica*) بر صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی استویا (*Stevia rebaudiana*) تحت تنش خشکی. *نشریه علوم باغبانی*.

Anjum SA, Tanveer M, Ashraf U,. (2016). effect of progres- sive drought stress on growth, leaf gas exchange, and antioxidant production in two maize cultivars. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2016;23(17):17132–17141.

Ansari, O., and Sharif-Zadeh, F. (2018). Osmo and hydro priming improvement germination characteristics and enzyme activity of Mountain Rye (*Secale montanum*) seeds under drought stress. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*. 8 (4): 253-261.

Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. *Plant Physiology*. 24: 1-15.

Bandonien, D., Murkovic, M. (2012). The detection of radical scavenging compounds in crude extract of borage (*Borago officinalis* L.) by using an on-line HPLC-DPPH method. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, 53: 45-49.

Farag Re, Abdelbar O, Shehata SA. (2019). Impact of drought stress on some growth, biochemical and anatomical parameters of thymus vulgaris l. *Arab universities J Agric Sci*. 2019;27(1):37–50.

Herrmann, M., Joppe, H., Schmaus, G. (2012). Thesinine-4′-O-β-d-glucoside the first glycosylated plant pyrrolizidine alkaloid from Borago officinalis. *Phytochemistry*, 60: 399-402.

Mahmoudi, F., Sheikhzadeh Mosaddegh, P., Zare, N., Esmaielpour, B. (2019a). The effect of hormone and hydro priming on seed germination, growth and biochemical properties of borage seedling (*Borago officinalis* L.). *Plant Process and Function*, 7 (27) :165-180. (in Farsi)

Mathobo R, Marais D, Steyn JM. (2017). The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange and chlorophyll fluorescence of dry beans (*Phaseolus vulgaris* l.). *Agric Water Manag*. 2017;180:118–125.

latif F, ullah F, Mehmood S,.(2016). effects of salicylic acid on growth and accumulation of phenolics in Zea mays l. under drought stress. *Acta Agric Scand B Soil Plant Sci*. 2016;66(4):325–332.

Sayyari, M., Moradi Farsa, M. and Azizi, A. (2022). The Effect of Drought Stress at Different Developmental Stages on Growth and Some Phytochemical Parameters of Nepeta crispa. *Journal of Crops Improvement*, 24(2), 545-561. doi: 10.22059/jci.2021.316022.2491.

Wang A, lam SK, Hao X, (2018). elevated CO_2 reduces the adverse effects of drought stress on a high-yielding soybean (glycine max (l.) merr.) cultivar by increasing water use efficiency. Plant Physiol. *Biochem.* 2018;132:660–665.

Zhao, H., Guan, J., Liang, Q., Zhang, X., Hu, H., & Zhang, J. (2021) Effects of cadmium stress on growth and physiological characteristics of sassafras seedlings. *Scientific Reports*, 10;11(1):9913. DOI: 10.1038/s41598-021-89322-0

The effect of drought stress on photosynthetic pigments of European borage seedlings

Sahar Ansari Namin[1], Fatemeh Mahmoudi[2], Bahram Dehdar*[3]
1. Master of Agricultural Sciences, Department of Plant Production and Genetics, Islamic Azad University, Ardabil Branch, Iran
2. Visiting Researcher, Seed Science and Technology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Science and Technology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran
3. Assistant Professor, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Center Organization, AREEO, Ardabil, Iran
**Corresponding author: Bahram_dehdar@yahoo.com*

Abstract

In order to investigate the effect of drought stress on photosynthetic pigments of European borage seedlings, an experiment was conducted in a completely randomized basic design with 3 replications at Islamic Azad University in 1403. The experimental treatments included drought stress at three levels (zero (distilled water), -6 and -12 bar). The results of the analysis of variance of the data showed that chlorophyll a, b and total chlorophyll were significantly affected by drought stress. The results showed that drought stress reduced the photosynthetic pigments by -12 bar compared to the control treatment. The highest amount of photosynthetic pigments was observed in the absence of drought stress. Overall, drought stress of -12 bar had the greatest effect on reducing the photosynthetic pigments of borage seedlings.

Keywords: European borage, photosynthetic pigments

اثر ضدسرطانی تیموکینون خالص شده از گیاه *Nigella sativa* L. بر رده سلولی A549 سرطان ریه

جلال‌الدین غنوی*[۱]، پوپک فرنیا[۱]، زهرا اسلامی[۱]، سعید ملائی[۲]

۱- مرکز تحقیقات مایکوباکتریولوژی، پژوهشکده سل و بیماریهای ریوی، مرکز آموزشی، پژوهشی و درمانی سل و بیماریهای ریوی بیمارستان دکتر مسیح دانشوری، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: *j.ghanavi@sbmu.ac.ir*

چکیده

تیموکینون ترکیب طبیعی از دسته مونوترپنها است که از گیاه سیاهدانه *Nigella sativa* استخراج می‌شود. در مطالعه حاضر، جهت ارزیابی مقدار تیموکینون در نمونه‌های سیاهدانه جمع‌آوری شده از مناطق جغرافیایی مختلف کشور، ۱۲ نمونه سیاهدانه جمع‌آوری گردید و اسانس آنها به روش تقطیر با آب از بذر استخراج و به دستگاه GC-MS تزریق شد. نتایج نشان داد نمونه اقلید فارس دارای بالاترین میزان تیموکینون از میان ۱۲ نمونه جمع‌آوری شده بود. در ادامه، تیموکینون از این نمونه در روشی که شامل مراحل: میکرو ویو، استخراج حلالی، کروماتوگرافی ستونی و TLC است، خالص‌سازی گردید. تیموکینون خالص‌سازی شده با استفاده از جرم مولکولی و شکست‌های حاصله در طیف‌سنج جرمی شناسایی و با خلوص ۹۹٪ تایید گردید. اثر تیموکینون استخراج شده بر روی سلول‌های سرطانی ریه (A549 اپیتلیال آدنوکارسینوم آلوئولی انسان) و سلول‌های نرمال Human gingival fibroblasts (hGF) در زمان‌های ۲۴ و ۴۸ ساعت بررسی شد. نتایج نشان داد تیموکینون خالص‌سازی شده بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت بصورت معناداری در سطح ۹۵ درصد اثر مهارکنندگی بر روی سلول‌های سرطانی دارد، اما بر روی سلول‌های نرمال اثری مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تیموکینون، سمیت سلولی، سیاهدانه

مقدمه

گیاه سیاهدانه *Nigella sativa* (به انگلیسی Black cumin) یکی از گیاهان دارویی یک‌ساله، علفی و گلدار از خانواده Ranunculaceae یا آلاله‌هاست که دارای ترکیبات فیتوشیمیایی ارزشمندی نظیر ترپنوئیدها بوده و بدلیل خواص فوق العاده دارویی و اهمیت فارماکولوژیک بسیار زیاد آن، اخیراً توجه زیادی را به خود معطوف داشته است (Heiss, 2005). اهمیت این گیاه تا آنجاست که پیغمبر اکرم (ص) در حدیثی فرموده است: "سیاهدانه، درمان تمام بیماری هاست به جز مرگ" (Al-Bukhari, 1976). بذر این گیاه از لحاظ اثرات دارویی و درمانی حاوی ترکیبات مؤثره است. اسانس بذر سیاهدانه حاوی ترکیبات فیتوشیمیایی ارزشمندی شامل منوترپن‌ها از جمله تیموکینون می‌باشد (Gharby et al., 2015). اثرات ضد سرطانی سیاهدانه در بسیاری از انواع بدخیم سرطان در مطالعات متعددی نشان داده شده است.

تیموکینون به عنوان ماده موثره فیتوشیمیایی که تا حد زیادی مسئول خواص دارویی سیاهدانه می‌باشد، شناسایی شده است. مطالعات پیشین اثرات ضد سرطانی تیموکینون را بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو در رده سلولی

سرطان ریه A549 نشان داده‌اند (Farsiabi et al., 2023). همچنین مشخص شده است که تیموکینون قادر به مهار تکثیر سلولی، کاهش زیست‌پذیری سلولی و القای آپوپتوز می‌باشد و با تأثیر بر محیط خارج سلولی تهاجم را مهار می‌کند.

هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی مقدار تیموکینون در اسانس نمونه‌های جمع‌آوری شده از مناطق جغرافیایی مختلف کشور به روش تقطیر با آب به منظور انتخاب نمونه برتر حاوی بالاترین میزان تیموکینون و خالص‌سازی نمونه منتخب سیاهدانه و بررسی اثر تیموکینون استخراجی بر روی سلول‌های سرطانی و سلول‌های طبیعی انسانی بود.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه

نمونه‌های سیاهدانه از ۱۲ منطقه جغرافیایی مختلف شامل ۱) گیلان، شاندرمن؛ ۲) خراسان جنوبی، باغستان؛ ۳) کرمان، کهنوج؛ ۴) فارس: اقلید؛ ۵) خوزستان: ایذه؛ ۶) گلستان، آزادشهر؛ ۷) اصفهان، اسفرجان؛ ۸) استان مرکزی، اراک؛ ۹) مازندران، نوشهر؛ ۱۰) خراسان رضوی، نیشابور؛ ۱۱) قزوین، قزوین؛ ۱۲) خراسان جنوبی، بیرجند جهت اسانس‌گیری از بذر به روش تقطیر با آب جمع‌آوری گردید.

استخراج اسانس سیاهدانه از پودر بذر با استفاده از روش تقطیر با آب

مقدار ۵۰ گرم از بذر سیاهدانه با کمک هاون پودر گردید و به همراه ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در بالنی به حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر ریخته شد. در ادامه بالن به دستگاه کلونجر متصل گردید و بمدت سه ساعت عمل اسانس‌گیری انجام گردید. پس از مدت ۳ ساعت اسانسی به رنگ زرد بدست آمد. اسانس با استفاده از حلال هگزان جمع‌آوری شد و با کمک گاز نیتروژن، حلال هگزان حذف گردید و اسانس در فریز جهت آنالیز ترکیبات نگهداری شد.

آنالیز اسانس‌های سیاهدانه با دستگاه کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنج جرمی

جهت آنالیز اسانس از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی استفاده گردید. دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Trace GC و اسپکترومتر جرمی مدل Trace MS Plus، ساخت شرکت ThermoQuest-Finnigan بود. این سیستم دارای ستون DB-5 با طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر همچنین ضخامت لایه نازک ۰/۲۵ میکرومتر می‌باشد، مورد استفاده قرار گرفت. دمای محل تزریق و آشکارساز به ترتیب در ۲۵۰ و ۳۰۰ درجه سانتیگراد تنظیم گردید. طی مراحل برنامه‌ریزی دمای آون از ۵۰ درجه تا ۲۵۰ درجه با سرعت ۵ درجه بر دقیقه افزایش یافت. میزان تزریق نمونه ۱ میکرولیتر با نسبت اسپلیت ۱:۱۰ بود. همچنین از گاز He با سرعت ۱/۱ میلی‌لیتر بر دقیقه به عنوان گاز حامل استفاده شد. انرژی یونیزاسیون، زمان اسکن و محدوده آنالیز به ترتیب ۷۰ الکترون ولت، ۰/۴ ثانیه و m/z 40 - m/z460 بود. شناسایی ترکیبات موجود در اسانس از طریق شاخص KI و کتابخانه Wiley و NIST 11.0 صورت گرفت. کل آزمایش‌ها به‌صورت سه تکرار انجام شد.

روش خالص‌سازی تیموکینون از سیاهدانه

تیموکینون از بذر سیاهدانه نمونه اقلید فارس در روشی که شامل مراحل: میکرو ویو، استخراج حلالی، کروماتوگرافی ستونی و TLC است، خالص‌سازی گردید. تیموکینون حاصله به دستگاه GC تزریق شد که انتگرالگیری سطح زیر پیک‌ها، خلوص ۹۹٪ تیموکینون را نشان داد. همچنین جستجو با استفاده از جرم مولکولی و شکست‌های حاصله در library دستگاه GC-MS ترکیب تیموکینون را شناسایی نمود.

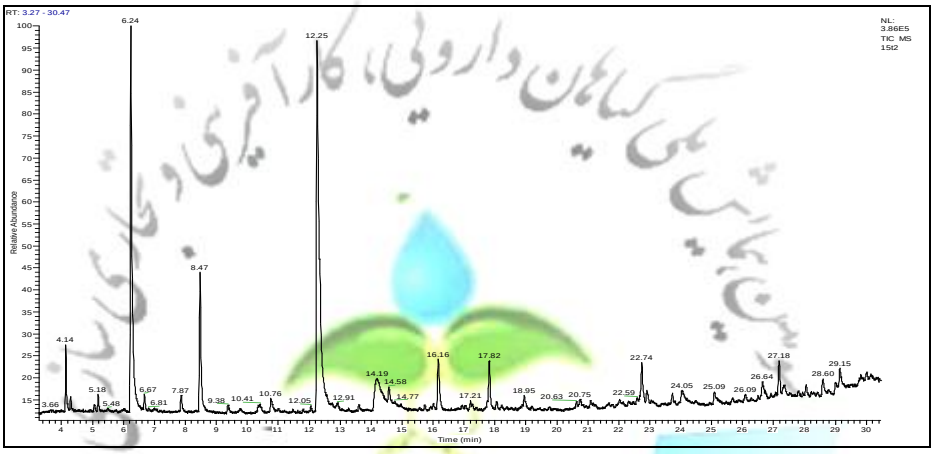
بررسی سمیت سلولی تیموکینون از طریق آزمون MTT

در این تحقیق، اثر تیموکینون بر روی سلول سرطان ریهA549 و سلول نرمال hGF مورد مقایسه قرار گرفت. غلظت‌های مختلف تیموکینون استخراج شده شامل ۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میکرومولار بر روی سلول‌های رشد یافته به مدت ۲۴ و ۴۸ ساعت اثر داده شد. کل آزمایش‌ها به‌صورت سه تکرار انجام شد. سلول‌ها از انستیتو پاستور ایران تهیه شدند.

نتایج و بحث

آنالیز اسانس‌های بدست آمده از بذر سیاهدانه

اسانس بدست آمده از بذر نمونه‌های سیاهدانه جمع آوری شده از ۱۲ منطقه جغرافیایی مختلف به روش تقطیر با آب به دستگاه GC-MS تزریق شد که کروماتوگرام نوعی آن در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. کروماتوگرام GC-MS نوعی اسانس سیاهدانه (نمونه اقلید فارس)

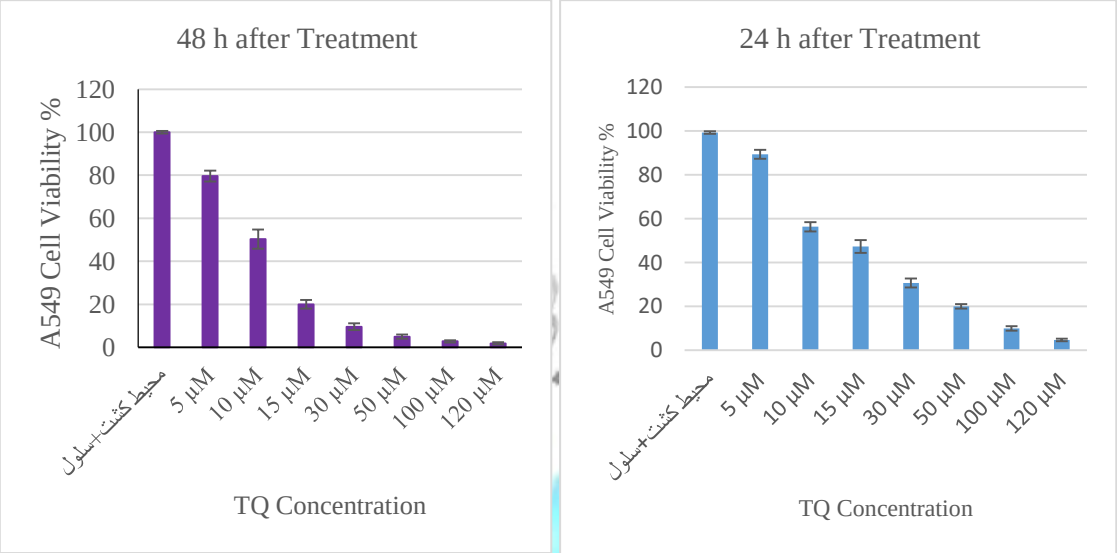
Library دستگاه GC-MS از روی جرم مولکولی و شکست‌های حاصله، پیک دقیقه ۱۲ و نیم را بعنوان تیموکینون شناسایی نمود. انتگرال‌گیری از سطح زیر پیک تیموکینون، میزان این ترکیب را در نمونه‌های مختلف سیاهدانه به ترتیب برابر با ۱۹/۵٪، ۳۱٪، ۲۷/۲۵٪، ۳۷/۸٪، ۲۵٪، ۳۱٪، ۲۳٪، ۳۰/۷٪، ۲۵٪، ۲۷٪ و ۳۲/۷٪ اندازه‌گیری نمود که نشان داد نمونه ۴ (اقلید فارس) دارای بالاترین میزان تیموکینون می‌باشد. بنابراین، از این نمونه برای خالص‌سازی تیموکینون استفاده شد.

خالص‌سازی تیموکینون

در مرحله بعدی، تیموکینون از نمونه منتخب سیاهدانه (اقلید فارس) در روشی که شامل مراحل: میکرو ویو، استخراج حلالی، کروماتوگرافی ستونی و TLC است، خالص‌سازی گردید. تیموکینون خالص‌سازی شده به دستگاه GC-MS تزریق شد و جستجوی خودکار با استفاده از جرم مولکولی و شکست‌های حاصله در library دستگاه GC-MS ترکیب تیموکینون را شناسایی نمود. نتایج حاصل از کروماتوگرام‌های GC-MS خلوص ۹۹٪ را برای تیموکینون خالص‌سازی شده نشان داد.

بررسی سمیت سلولی

در مرحله بعدی، تیموکینون خالص‌سازی شده در غلظت‌های مختلف بر روی کشت سلولی در پلیت‌های ۹۶ خانه‌ای قرار داده شد و آزمون MTT صورت پذیرفت. شکل ۲ نتایج حاصله از آزمون MTT را طی ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از تیمار بر روی سلول‌های سرطانی نشان می‌دهند.



شکل ۲. بررسی اثر تیموکینون خالص شده بر روی درصد زنده مانی سلول‌های سرطانی A549 طی ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از تیمار.

نتایج نشان داد تیموکینون خالص سازی شده بر اساس غلظت و زمان بصورت معناداری در سطح ۹۵ درصد اثر مهارکنندگی بر روی سلول‌های سرطانی A549 دارد، اما با اعمال شرایط یکسان بر روی سلول‌های نرمال اثری مشاهده نشد. بر اساس یافته‌های این مطالعه پیشنهاد می‌گردد که تیموکینون بر روی سایر رده‌های سلول سرطان ریه مورد آزمون قرار گیرد و همچنین اثر آن، در کنار روش‌های رایج شیمی درمانی، جهت درمان سرطان ریه بررسی شود.

منابع

Bukhari, A. (1976). The collection of authentic sayings of Prophet Mohammad (peace be upon him). 2nd edn., Hilal Yayinlari: Ankara, Turkey.

Farsiabi, R., Khodadadi, I., Karimi, J., Shafiee, G. (2023). Evaluation of the effects of thymoquinone on oxidative stress in A549 lung cancer cell line. *Middle East Journal of Cancer*, 14(2), 231.

Gharby, S., Harhar, H., Guillaume, D., Roudani, A., Boulbaroud, S., Ibrahimi, M., Ahmad, M., Sultana, S., BenHaddah, T., Chafchaouni-Moussaouii, I., Charroufa, Z. (2015). Chemical investigation of *Nigella sativa* L. seed oil. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 14(2), 172.

Heiss, A. (2005). The oldest evidence of *Nigella damascena* L. (Ranunculaceae) and its possible introduction to central Europe. *Vegetation History and Archaeobotany*, 14(4), 562.

Anticancer Effect of the Purified Thymoquinone from *Nigella sativa* L. on A549 Lung Cancer Cell Line

Jalaledin Ghanavi[1]*, Poopak Farnia[1], Zahra Eslami[1], Saeed Mollaei[2]
1. Mycobacteriology Research Centre (MRC), National Research Institute of Tuberculosis and Lung Disease (NRITLD), Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. Phytochemical laboratory, Department of Chemistry, Faculty of Sciences, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: j.ghanavi@sbmu.ac.ir

Abstract

Thymoquinone is a monoterpenoid natural product, which is the active substance of *Nigella sativa* plant. In the present study, in order to evaluate the amount of thymoquinone in the samples collected from different locations of Iran, 12 *Nigella sativa* samples were collected from different geographical regions of Iran, and the essential oil of these samples from seeds was extracted using Clevenger apparatus, which was injected into the GC-MS instrument. The comparison of the obtained amount of thymoquinone extracted from these 12 samples indicated that the best sample containing the highest thymoquinone content was the sample of Fars, Eqlid. Next, thymoquinone was purified from this sample using a method including the following steps: microwave-assissted extraction (MAE), solvent extraction, column chromatography, and TLC. Purified thymoquinone was identified and confirmed using the molecular mass and the resulting fragmentations in mass spectrometry. Moreover, the peak areas in GC-MS chromatograms exhibited the purity of 99%. Then, the effect of the extracted thymoquinone on A549 lung cancer cells (human alveolar basal epithelial cells) and normal cells (Human gingival fibroblast (hGF)) was investigated at 24 and 48 h. The results indicated that purified thymoquinone has significant inhibitory effect on A549 cells after 24 and 48 h, whereas no effect was observed on normal cells.

Keywords: Essential oil, Thymoquinone, Cytotoxicity, *Nigella sativa*

مروری بر چشم‌انداز و چالش‌های هوش مصنوعی در صنعت فرآوری گیاهان دارویی

پویا آروین*
استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
* نویسنده مسئول: pooya.arvin@pnu.ac.ir

چکیده

استفاده از گیاه به‌عنوان دارو، قدیمی‌ترین شکل مراقبت‌های بهداشتی شناخته‌شده برای بشر است و در همه فرهنگ‌ها در طول تاریخ ثبت‌شده است. امروزه بیش از ۸۰ درصد مردم جهان، متقاضی داروهای گیاهی و محصولات گیاهی برای یک زندگی سالم هستند. اثرات مفید گیاهان دارویی برای بدن انسان به دلیل وجود ترکیبات فیتوشیمیایی فعال است که برای درمان بیماری‌ها و همچنین برای زیبایی و افزایش سلامتی کارآیی دارند. فرآوری گیاهان دارویی در زنجیره ارزش، نقشی بسیار حیاتی و مهم دارد، زیرا ترکیبات خام گیاهی را به محصولاتی آماده برای بازار تبدیل می‌کند. امروزه، هوش مصنوعی نه تنها در صنعت فناوری، بلکه در صنعت کشاورزی و گیاهان دارویی نیز متحول شده است و با رشد سریع فناوری‌های نوین صنعت فرآوری گیاهان دارویی نیز با تحولاتی اساسی روبرو شده است. علاوه بر کاربردهای مؤثر هوش مصنوعی در فرآوری گیاهان دارویی، این فناوری با چالش‌های فنی، اقتصادی و اخلاقی نیز مواجه است. مطالعه جامع و ارائه راهکارهایی مؤثر در آینده برای بهره‌گیری از ظرفیت‌های این فناوری نوین در افزایش بهره‌وری صنعت فرآوری گیاهان دارویی، مهم و ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: فرآوری، فناوری، گیاهان دارویی، هوش مصنوعی

مقدمه

گیاهان دارویی در تأمین بهداشت و سلامتی جوامع به لحاظ درمان و پیشگیری از بیماری‌ها، از ارزش و اهمیت خاصی برخوردارند. این بخش از منابع طبیعی قدمتی همپای بشر داشته و یکی از مهم‌ترین منابع تأمین غذایی و دارویی بشر در طول نسل‌ها بوده است. مطابق آمار، بین ۱۴ تا ۲۸ درصد از گیاهان دارای کاربرد دارویی هستند و ۳ تا ۵ درصد بیماران در کشورهای توسعه‌یافته به خاطر عوارض جانبی و مضر بودن داروهای شیمیایی، برای درمان بیماری از گیاهان دارویی استفاده می‌کنند (Azadnia et al, 2022). صنعت گیاهان دارویی، به‌عنوان بخشی پویا و در حال رشد از بخش کشاورزی و داروسازی، نیازمند ارتقاء کیفیت، کاهش هزینه و بهینه‌سازی زنجیره ارزش گیاهان دارویی است.

بررسی و مطالعه فرآوری گیاهان دارویی برای توسعه پایدار صنعت گیاهان دارویی ارزشی حیاتی دارد. ازآنجاکه فرآوری گیاهان دارویی شامل مراحلی چون شناسایی، جمع‌آوری، خشک‌کردن، استخراج ترکیبات فعال، تولید، کنترل کیفیت و بسته‌بندی است (Astutik et al, 2019) استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی می‌تواند به‌سرعت و پایداری این فرآیندها کمک شایانی کند.

در زمینهٔ تولید گیاهان دارویی و فرآوری داروهای گیاهی، استفاده از الگوریتم‌های هوشمند فرصتی منحصربه‌فرد برای افزایش کیفیت، بهبود بهره‌وری و کشف ترکیبات درمانی جدید را فراهم می‌کند. در بحث فناوری‌های جدید استفاده از هوش مصنوعی (Artificial Intelligence)، یادگیری عمیق (Deep Learning) و یادگیری ماشین

(Machine Learning) از روش‌های هستند که در گیاهان دارویی و سیستم‌های مراقبت بهداشتی در سال‌های اخیر استفاده می‌شوند. شبکه عصبی کانولوشنال (Convolutional Neural Network) یکی از موفق‌ترین روش‌های یادگیری عمیق است که با کارایی عالی در تقسیم‌بندی تصویر و تشخیص الگو همراه بوده و در شناسایی گیاهان دارویی کاربرد دارد. امروزه الگوریتم‌های هوشمند و هوش مصنوعی، افق‌های جدیدی را از مراحل مختلف تولید، استخراج و جمع‌آوری مواد اولیه و فرآوری تا بسته‌بندی و کنترل کیفیت پیشروی این صنعت گشوده است (Azadniya et al, 2022 and Soltani et al, 2025).

هر فنّاوری و علمی جدیدی به‌موازات اثرات مفید و مؤثر خود، در اجراشدن دارای چالش‌ها و مشکلاتی است که هوش مصنوعی فارغ از این استثنا نیست. در ادامه به کاربردهای مفید و چالش‌های این فناوری نوین می‌پردازیم.

روش مطالعه

این مقاله از نوع مطالعات مروری بوده و اطلاعات آن از تحلیل مقالات پژوهشی استخراج‌شده است. بازه زمانی انتخاب منابع از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۵ بوده و تمرکز بر مقالات مرتبط با کاربردهای هوش مصنوعی در صنعت فرآوری گیاهان دارویی است.

کاربردهای هوش مصنوعی در فرآوری گیاهان دارویی

شناسایی و طبقه‌بندی گیاهان

گیاه‌شناسان، گیاهان دارویی را براساس روش‌های علمی، روش‌های سنتی و تجربه تقسیم‌بندی می‌کنند. بااین‌وجود، شناسایی گیاهان دارویی از سایر گیاهان با روش‌های موجود به دلیل شباهت‌های زیاد ساختاری، یک چالش است و زمان زیادی را می‌گیرد. وجود الگوریتم‌های هوشمند قادرند بر اساس ویژگی‌های ظاهری مانند شکل برگ، رنگ گل و ساختار ساقه، گونه‌های گیاهی را به‌دقت و در کمترین زمان شناسایی کنند (Kalita et al,2025 and Azadniya et al, 2022).

پایش و پیش‌بینی شرایط کشت

پایش اطلاعات هواشناسی و اقلیمی و بررسی خصوصیات خاک از روش‌های مرسوم جهت بررسی تاریخ کشت و امکان‌سنجی برای کشت یک گیاه هست. استفاده از شبکه‌های عصبی و مدل‌های پیش‌بینی هوش مصنوعی برای تعیین زمان کاشت و برداشت بهینه، میزان رطوبت مطلوب و تشخیص بیماری‌های گیاهی نقش کلیدی دارد (Kalita et al, 2025).

استخراج ترکیبات فعال و کنترل کیفیت و استانداردسازی

در بحث گیاهان دارویی روش‌های درست و صحیح استخراج ترکیبات فعال، نقش بسزایی در کمیت و کیفیت مواد فعال گیاهی دارد که درنهایت این ترکیبات عملکرد اقتصادی گیاهان دارویی را تعیین می‌کنند. از طرفی در بحث استانداردسازی، مقدار و درصد ترکیبات موجود در هرگونه گیاهی، بر اساس استانداردهای ایزو برای شرکت‌های فرآوری گیاهان دارویی اهمیت دارد (Sahil et al., 2011) و خارج از استاندارد ایزو، این ترکیبات دارای عیار و ارزش نیستند. هوش مصنوعی قادر است پارامترهای بهینه استخراج مواد مؤثره مانند دما، حلال و زمان استخراج و همچنین پردازش تصویر، طیف‌سنجی نوری و بررسی استانداردهای ایزو را با کمترین هزینه تجربی مشخص کنند.

بهبود زنجیره ارزش

کاهش هزینه‌ای تحقیق و توسعه، افزایش تولید و بهره‌وری مواد مؤثره، بدست آمدن محصولات باکیفیت بالا، به حداقل رساندن خطرات زیست‌محیطی از طریق مدیریت بهتر منابع و نهایتاً فعال کردن سازوکارهای مؤثر در بازاریابی هدفمند و کارآمد در صنعت گیاهان دارویی ازجمله ویژگی‌های استفاده از الگوریتم‌های هوشمند و هوش مصنوعی خواهد بود (Oyenuga et al., 2024).

چالش‌های کاربرد هوش مصنوعی در صنعت گیاهان دارویی

هوش مصنوعی منبعی از مزایا و معایب در دیدگاه‌های مختلف است. بااین‌حال، قبل از اینکه بتوانیم پتانسیل واقعی و قابلیت‌های تحول عظیم این فناوری در حال ظهور را درک کنیم، باید بر چالش‌های خاصی غلبه کنیم. برخی از چالش‌های مرتبط با هوش مصنوعی عبارت‌اند از (Harkut and Kasat, 2019):

کمبود داده‌های کیفی و استاندارد

کیفیت داده‌های برای هوش مصنوعی به‌طور مستقیم به کیفیت خروجی مدل‌ها، تأثیرگذار هستند. این همبستگی در بخش‌هایی مانند مراقبت‌های بهداشتی، دارو و مواد غذایی که جان انسان‌ها مستقیماً درخطر است، حیاتی‌تر می‌شود .اغلب داده‌های موجود در حال حاضر، غیر ساختاری، ناقص یا بومی هستند و استانداردسازی آن‌ها دشوار و وقت‌گیر خواهد بود (Harkut and Kasat, 2019).

هزینه بالای پیاده‌سازی فناوری

راه‌اندازی زیرساخت‌های هوش مصنوعی مانند حسگرها، سرورها و نرم‌افزارهای پیشرفته نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بالا دارد. سرورهای هوش مصنوعی نقش محوری در توسعه و پیشرفت یادگیری ماشین و یادگیری عمیق ایفا می‌کنند. این سرورها باقدرت پردازشی بالای خود، امکان آموزش مدل‌های پیچیده را بر روی حجم عظیمی از داده‌ها فراهم می‌آورند. کاربردها این‌گونه مدل‌ها بازه وسیعی از تشخیص تصویر و پردازش تا پیش‌بینی روند بازار و توسعه فرآوری گیاهان دارویی و تولید داروهای جدید را شامل می‌شود (Harkut and Kasat, 2019).

مقاومت فرهنگی و نیروی انسانی

همیشه مقاومت در برابر تغییر بیشتر از پذیرش آن به چشم می‌خورد. اما پس از مدتی که رشد اقتصادی و اجتماعی بر پایه نوآوری و فناوری‌های نوین شکل می‌گیرد چاره‌ای جز همراهی با فناوری و استفاده حداکثری از منافع آن و جذب حواشی مضر آن باقی نمی‌ماند. بی‌شک چون در ابتدای استفاده از هوش مصنوعی هستیم، مقاومت‌های فرهنگی و نیروی انسانی برای یادگیری، آموزش و استفاده از این فن‌آوری نوین وجود دارد (Oyenuga et al., 2024).

مسائل اخلاقی و حریم خصوصی

برای استفاده از هوش مصنوعی نیاز به جمع‌آوری داده‌ها است که این اطلاعات باید از مزارع، کشاورزان، تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان و بخش‌های دیگری جمع‌آوری شوند (Kalita et al., 2025). حریم خصوصی افراد و مسائل اخلاقی از چالش‌های پیش رو در این موضوع خواهد بود. اهمیت رضایت و آگاهی مشارکت‌کنندگان در این خصوص ازجمله مواردی است که باید موردتوجه واقع شود (Harkut and Kasat, 2019).

نمونه‌های از سامانه‌های فعال هوش مصنوعی در کشاورزی

در تحقیقات کشاورزی و گیاهان دارویی، تلفیق هوش مصنوعی (AI)، یادگیری ماشین (ML)، یادگیری عمیق (DL) و بیوانفورماتیک، دورانی متحول از اکتشافات را آغاز کرده است. در ادامه به نمونه‌های از این فناوری که به‌صورت الگو و مرجع در حوزه تحقیقات کشاورزی، امروزه استفاده می‌شود، پرداخته می‌شود (Kalita et al., 2025).

۱- PlantVillage

این سامانه، یک اپلیکیشن هوشمند است که از فناوری هوش مصنوعی بهره می‌گیرد و به کشاورزان اطلاعاتی می‌دهد که به آن‌ها در تصمیم‌گیری بهتر در مزارعشان کمک می‌کند. این اپلیکیشن، گوشی‌های هوشمند کشاورزان را به قابلیت شناسایی آفات و بیماری‌های گیاهی مجهز می‌کند تا بتوانند راهکار درستی برای کنترل آن عامل بیماری‌زا انتخاب کنند.

۲- Pl@ntNet

این سامانه یک اپلیکیشن موبایل است که به کاربران امکان می‌دهد با گرفتن عکس از گیاهان، آن‌ها را شناسایی کنند. این ابزار به‌ویژه برای تشخیص گونه‌های دارویی با شباهت ساختاری زیاد با سایر گونه‌ها بسیار کارآمد بوده و در پژوهش‌های گیاه‌شناسی نیز کاربرد فراوان دارد. این اپلیکیشن از هوش مصنوعی برای شناسایی گیاهان استفاده می‌کند و یکی از بزرگ‌ترین مجموعه داده‌های گیاهی در جهان است. در حال حاضر اطلاعات و عکس ۱۰۹۷۹۲۷۴۶۳ گیاه و ۵۱۶۹۵ گونه گیاهی در این سامانه از سراسر دنیا، واردشده است که به تشخیص دقیق گونه گیاهی کمک شایانی می‌کند.

۳- DeepHerb

این سامانه پژوهشی هندی با بهره‌گیری از یادگیری عمیق، به شناسایی گیاهان دارویی می‌پردازد. تصویر ۲۵۱۵ تصویر برگ از ۴۰ گونه متنوع گیاهان دارویی هندی در این سامانه قرار دارد. این پلتفرم، تصویر گیاه را بازمان پیش‌بینی ۱ ثانیه برای هر تصویر شناسایی می‌کند و جزئیات مربوط به گیاهان را از پایگاه داده آشکار می‌کند.

نتیجه‌گیری

امروزه فناوری با سرعتی حیرت‌آور در حال تکامل و رشد است و تغییرات گوناگونی در حال رخ دادن هستند. هرچند که این تحولات به دنیای تکنولوژی محدود نمی‌شود و در عرصه‌های مختلف مانند هوش مصنوعی، شاهد چنین اتفاقاتی هستیم. کاربرد هوش مصنوعی و الگوریتم‌های هوشمند در صنعت گیاهان دارویی و فرآوری آن، بسیار کاربردی و تأثیرگذار است. افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها، ارتقاء کیفیت محصولات و شناسایی سریع گونه‌های دارویی ازجمله مزایای بارز این فناوری هستند. بااین‌حال، موفقیت در این مسیر مستلزم تدوین چارچوب‌های قانونی، توسعه و به‌روز کردن پایگاه‌های داده بومی، راه‌اندازی زیرساخت‌های هوش مصنوعی، آموزش نیروی انسانی و ایجاد همکاری‌های میان رشته‌ای میان متخصصان کشاورزی، داروسازی و زیست‌شناسی می‌باشد.

منابع

Astutik, S., Pretzsch, J and Kimengsi, J.N. (2019). Asian Medicinal Plants Production and Utilization Potentials: A Review. *Journal of Sustainability*, *33*, 11195483.

Azadniya, R., Al-Amidi, M.M., Mohamadi, H, Cifci, M.A., Daryab, A and Cavallo, E. (2022). An AI Based Approach for Medicinal Plant Identification Using Deep CNN Based on Global Average Pooling. *Agronomy Journal*, *16*, 12112723.

Harkut, D.G and Kasat, K. (2019). Artificial Intelligence - Scope and Limitations**.** Intechopen Publisher.

Kalita, I., Bhattacharjee, S and Saharia, M. (2025). Biotechnology, Multiple Omics, and Precision Breeding in Medicinal Plants .Book Chapter: Advancements in Medicinal Plant Research, Harnessing Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning, and Bioinformatics. CRC Press.

Oyenuga, A.O., Sam-Bulya, N, J and Attah, R.U. (2024). Bayesian and AI Models for Evaluating the Economic Feasibility of Medicinal Herb Processing Facilities. *International Journal of Social Science Exceptional Research*, *7*, 315662.

Soltani, S., khodaie, S and Surana, L.V. (2025). Artificial Intelligence perspectives in advancing Persian Herbal Medicine: A systematic review. *Journal of Advances in Integrative Medicine*, *12*, 100471.

Sahil, K., Sudeep, B and Akanksha, M. (2011). Standardization of medicinal plant materials. *International Journal of Research and Ayurveda and Pharmacy*, 9.

An overview of the prospects and challenges of artificial intelligence (AI) in the medicinal plant processing industry

Pooya Arvin*
Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran
*Corresponding Author:pooya.arvin@pnu.ac.ir

Abstract:

The use of plants as medicine is the oldest form of healthcare known to mankind and has been recorded in all cultures throughout history. Today, more than 80% of the world's population is seeking herbal medicines and herbal products for a healthy life. The beneficial effects of medicinal plants on the human body are due to the presence of active phytochemical compounds that are effective for treating diseases as well as for beauty and enhancing health. Medicinal plant processing plays a vital and important role in the value chain, as it transforms raw plant compounds into market-ready products. Today, artificial intelligence (AI) has revolutionized not only the technology industry, but also the agricultural and medicinal plant industries, and with the rapid growth of new technologies, the medicinal plant processing industry has also faced fundamental changes. In addition to the effective applications of artificial intelligence (AI) in medicinal plant processing, this technology also faces technical, economic, and ethical challenges. A comprehensive study and the provision of effective solutions in the future to utilize the capacities of this new technology in increasing the productivity of the medicinal plant processing industry seem important and necessary.

keywords: artificial intelligence (AI), Processing, Technology, Medicinal Plants

ساخت کلوچه رژیمی برپایه عصاره ریشه شیرین‌بیان در استان خراسان شمالی

پویا آروین*
استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: pooya.arvin@pnu.ac.ir

چکیده

استان خراسان شمالی به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص، تنوع اقلیمی و شرایط طبیعی مساعد، از غنای گیاهان دارویی بسیار بالایی برخوردار است. وجود بیش از ۳۰۰ گونه گیاه دارویی شناسایی‌شده در این استان، آن را به یکی از مناطق غنی کشور در حوزه گیاهان دارویی تبدیل کرده است. گیاه دارویی شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra L.*) یک گیاه دارویی بومی و مهم در استان خراسان شمالی است .ریشه گیاه دارویی شیرین‌بیان دارای خواص ضدالتهابی، ضدویروسی، ضد زخم معده، تقویت‌کننده سیستم ایمنی و خلط‌آور است.ریشه شیرین‌بیان حاوی ماده‌ای به نام گلیسیریزین است که ۵۰ برابر شیرین‌تر از قند معمولی است. در این طرح سعی شد از ظرفیت بالای عصاره ریشه گیاه شیرین‌بیان در تولید یک محصول بومی، نوآور، بدون استفاده از قندهای مضر استفاده شود و به‌عنوان یک محصول نوترکیب، معرفی گردد. این نوآوری نشان داد که جایگزینی قندهای مصنوعی با عصاره ریشه شیرین‌بیان در تولید کلوچه، می‌تواند منجر به بهبود طعم و مزه نهایی محصول گردد و درعین‌حال، ارزش تغذیه‌ای آن را افزایش دهد. این رویکرد، راهکاری مؤثر برای تولید مواد غذایی سالم و کم‌قند است و می‌تواند پاسخگوی نیازهای مصرف‌کنندگان در حوزه محصولات طبیعی و رژیمی باشد. این‌گونه به نظر می‌رسد، فرآوری گیاهان دارویی فرصت و افق‌های روشنی را در این حوزه ایجاد کرده است و یک حلقه گمشده زنجیره ارزش گیاهان دارویی در کشور و استان است.

واژه‌های کلیدی: خراسان شمالی، زنجیره ارزش، شیرین‌بیان، کلوچه رژیمی، نوآوری

مقدمه

خراسان شمالی ملقب به داروخانه سبز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مراکز کشت گیاهان دارویی کشور، پتانسیل بالایی برای تولید گیاهان باکیفیت و بهره‌برداری از خواص درمانی آن‌ها دارد. در استان خراسان شمالی نیز بالغبر ۳۰۰ گونه دارویی و مرتعی در سطح اراضی وجود دارد که ارزش دارویی و صنعتی زیادی دارند. خراسان شمالی به دلیل داشتن اقلیم آب و هوایی متفاوت، هنوز دارای ذخیره‌گاه‌های ژنتیکی ناشناخته فراوانی است. گیاه دارویی شیرین‌بیان یکی از گیاهان دارویی ارزشمند و بومی استان است که به‌وفور یافت می‌شود. گیاه شیرین‌بیان بانام علمی .Glycyrrhiza glabra L، گیاهی چندساله از خانواده بقولات است که واسطه دارا بودن ترکیبات دارویی و غذایی مهم در ریشه و ریزوم آن در دنیا حائز اهمیت بوده و موردتوجه صنایع غذایی و دارویی قرارگرفته است. شیرین‌بیان به‌عنوان علف هرز در مزارع گندم، صیفی و جالیز، پنبه، سیب‌زمینی، چغندرقند و علوفه به دلیل توسعه زیاد ریشه و ریزوم موجب کاهش محصولات در مزارع و باغات می‌شود. از ریشه شیرین‌بیان در اکثر فارماکوپه‌ها به‌عنوان دارو یادشده است. ریشه و ریزوم این گیاه حدود ۴۰۰۰ سال است که در فارماکوپه کشورهایی نظیر آمریکا، استفاده دارویی دارند و چین و سایر کشورها ثبت‌شده است. ریشه گیاه دارویی شیرین‌بیان دارای خواص ضدالتهابی، ضدویروسی، ضد زخم معده، تقویت‌کننده

سیستم ایمنی و خلط‌آور است. مطالعات اتنوبوتانی در خراسان شمالی نشان داد، گیاه دارویی شیرین‌بیان پرمصرف‌ترین گیاه دارویی منطقه است و بومیان و درمانگرهای طبیعی از عصاره جوشانده ریشه شیرین‌بیان به‌عنوان دارو برای درمان بیماری‌ها استفاده می‌کنند. همچنین استفاده از پودر ریشه شیرین‌بیان در برخی غذاهای محلی، تنقلات و حتی نان‌های محلی در این استان کاربرد دارد (Arvin and Firouzeh, 2022). پس این منطقه با توجه به ارزش روزافزون و جایگاه ویژه این گیاه در عرصه تولید، تحقیق در زمینهٔ فرآوری‌های جدید از این گیاه امری ضروری به نظر می‌رسد.

سطح زیر کشت گیاهان دارویی مختلف در کشور حدود ۶۶ هزار هکتار است که از این مقدار سهم شیرین‌بیان صفر است. درحالی‌که بالاترین حجم صادرات گیاهان دارویی مربوط به گیاه شیرین‌بیان است. شیرین‌بیان به اشکال مختلفی مانند ریشه خشک، پودر، جوشانده، عصاره، عرقیات و شربت مصرف می‌شود و پیش‌بینی می‌شود بازار جهانی عصاره شیرین‌بیان برحسب شکل، نوع و کاربرد تا پایان سال ۲۰۲۵ به ۲۳۹۳٫۹ میلیون دلار برسد (Mohamadi and Saghaian, 2022). سالیانه صدها تن از ریشهٔ گیاه شیرین‌بیان جهت استخراج مواد باارزش شیمیایی و دارویی به‌صورت خام از کشور خارج می‌شود و فرآورده‌های آن به کشور وارد می‌شود. خراسان شمالی نیز از این قاعده مستثنا نیست و باوجوداینکه یکی از قطب‌های تولید گیاهان دارویی کشور است به دلیل نبود صنایع فرآوری و بسته‌بندی، محصولات خراسان شمالی به سایر شهرهای کشور صادر و بانام تولیدات سایر شهرها بسته‌بندی و عرضه می‌شود.

در کشورهای پیشرفته دنیا ۵۰۰ نوع فرآورده از شیرین‌بیان تولید می‌شود، تنها بخش بسیار اندکی از عصاره تولیدشده در داخل کشور در صنایع استفاده می‌شود. در بحث استفاده از شیرین‌بیان در صنایع غذایی، در اروپا و آمریکای شمالی آبنبات‌هایی با طعم تند از شیرین‌بیان تهیه می‌شود که طرفدار زیادی هم دارد. از چاشنی شیرین‌بیان در تهیه نوشیدنی‌های غیرالکلی استفاده می‌شود. در آشپزی چینی شیرین‌بیان همچون چاشنی در پخت غذاهای مطبوع استفاده می‌شود و اغلب برای خوش‌طعم کردن سوپ‌ها و غذاها به کار می‌رود. شیرین‌بیان در سوریه نیز بسیار خواهان دارد و به‌صورت نوشیدنی در بازار عرضه می‌شود (Amooee, et al. 2015).

در سال‌های اخیر، توجه به مصرف مواد غذایی سالم و کاهش مصرف قندهای مصنوعی به دلیل نگرانی‌های مرتبط با سلامت عمومی افزایش‌یافته است. قندهای مصنوعی که در بسیاری از محصولات کم قند و رژیمی استفاده می‌شوند، ممکن است در درازمدت اثرات منفی مانند مشکلات گوارشی، حساسیت‌ها و تغییرات متابولیکی داشته باشند. بنابراین، جایگزین‌های طبیعی قند و شیرین‌کننده‌ها به‌عنوان راه‌کارهای مطلوب درحال‌توسعه هستند است. شیرین‌بیان به دلیل وجود ترکیباتی مانند اسید گیسیریک و گلیسیرریزین، دارای خواص بی‌نظیری است. مهم‌ترین ویژگی آن، شیرین‌کنندگی طبیعی است که این گیاه را به جایگزینی عالی برای قندهای مصنوعی و شکر تبدیل می‌کند. به‌طورمعمول، عصاره شیرین‌بیان حدود ۵۰ برابر شیرین‌تر از شکر است، که این امر استفاده از آن را در تولید محصولات غذایی با کاهش میزان قند ممکن می‌سازد. در کنار ویژگی شیرین‌کنندگی، شیرین‌بیان خواص ضدالتهاب، ضدویروس، آنتی‌اکسیدان، و آرام‌بخش دارد. اثرات مثبت آن بر سیستم گوارش، از جمله کاهش زخم معده و تقویت سلامت دهان و دندان، بر تحقیقات فراوانی مبتنی است. همچنین، اثرات ضدالتهابی و ضد علائم سرماخوردگی و التهاب گلوی آن، پژوهش‌های زیادی را به سمت استفاده در محصولات دارویی و غذایی سوق داده است (El-Lahot et al, 2017).

از نظر ایمنی، عصاره شیرین‌بیان در میزان‌های معمول در مواد غذایی بی‌خطر است، اما مصرف بیش‌ازحد آن ممکن است عوارضی مانند افزایش فشارخون داشته باشد، لذا توصیه می‌شود در تولید محصولات خوراکی، میزان مصرف کنترل‌شده باشد. در نتیجه، استفاده از عصاره شیرین‌بیان به‌عنوان یک شیرین‌کننده طبیعی، نه‌تنها می‌تواند جایگزین قندهای مصنوعی باشد بلکه می‌تواند خواص تغذیه‌ای و حسی محصول نهایی را بهبود بخشد. این ویژگی‌ها،

اهمیت تحقیق در زمینهٔ توسعه محصولات غذایی سالم‌تر و طبیعی‌تر مانند کلوچه‌های رژیمی را افزایش می‌دهد. (Ishimi et al, 2019). هدف از این طرح و نوآوری در این مقاله تولید یک محصول بومی، سالم و بازارپسند با مبنای شیرین‌سازی بر پایه جوشانده شیرین‌بیان بود که هم به بحث فرآوری و تکمیل زنجیره ارزش گیاهان دارویی توجه کند و هم محصولی سالم، طبیعی و کم‌خطر، از یکی از گیاهان دارویی ارزشمند خراسان شمالی، در اختیار مصرف‌کننده قرار دهد.

معرفی ایده

روش تهیه کلوچه به این شرح است: ابتدا تخم‌مرغ، روغن، شیر(یا ماست)، و بیکینگ‌پودر را باهم مخلوط کرده و سپس آرد را به‌تدریج اضافه کرده و ورز می‌دهیم تا خمیر نرم و لطیفی به دست آید. به مدت یک ساعت استراحت داده و سپس برای تهیه کلوچه از آن استفاده می‌کنیم. برای تهیه مواد داخل کلوچه، مغز گردو خردشده، رازیانه، زنجبیل، زیره و جوشانده ریشه شیرین‌بیان (که در آب جوش حل کردیم) را باهم مخلوط کرده و به مقدار نیاز شیره انگور به آن اضافه کرده تا خمیری چسبنده به دست آید. پس از ورز آمدن خمیر آن را بازکرده و مقدار لازم از مواد تهیه‌شده را لای خمیر گذاشته و روی آن را با خمیر می‌بندیم و به مدت ۲۵ دقیقه در دمای ۱۷۰ درجه، قرار داده تا آماده شود. روی کلوچه‌ها قبل از اینکه داخل فر بگذاریم، مقداری سیاه‌دانه برای طعم و تزیین بهتر می‌زنیم. مقادیر این ترکیب بعد از چند بار آزمایش برای ساخت حداقل محصول قابل‌ارائه (Minimum Viable Product) که دارای ارزش غذایی، طعم و بافت مطلوبی باشد، بررسی و امتحان شد. تمام حقوق این کلوچه رژیمی شامل مقادیر و درصد ترکیب‌ها برای نگارنده محفوظ است.

این طرح و ایده توسط هسته فناوری در دانشگاه پیام نور مرکز بجنورد در سومین رویداد امید، پویش ملی توان‌افزایی هسته‌های نوآور شمال شرق کشور، مطرح و به‌عنوان طرح برگزیده انتخاب شد. این ایده ترکیب سنت و سلامت است و برگرفته‌شده از مطالعات جامع انتوبوتانی در منطقه خراسان شمالی اقتباس‌شده است.

معرفی اندازه بازار و مشتریان

بازار هدف این محصول شامل بیماران دیابتی، افراد دارای رژیم‌های غذایی خاص، مصرف‌کنندگان دوستدار فرآورده‌ای سالم و طبیعی، و علاقه‌مندان به فرآورده‌های گیاهی است. با توجه به شیوع بالای بیماری‌های متابولیک خصوصاً بیماری دیابت (طبق آمار وزارت بهداشت، بیش از ۱۱ درصد جمعیت ایران مبتلابه دیابت هستند، و درصد بسیار بیشتری در معرض خطر یا دچار اضافه‌وزن‌اند) و رشد مصرف محصولات رژیمی، بازار بالقوه این کلوچه رژیمی بر پایه شیرین‌بیان می‌تواند رشد قابل‌توجهی داشته باشد.

معرفی رقبا

در حال حاضر بازار ایران فاقد محصولی مشابه با فرمولاسیون کلوچه رژیمی بر پایه عصاره ریشه شیرین‌بیان است. بیشتر رقبا از شیرین‌کننده‌های شیمیایی یا گیاهی متداول مانند سوربیتول، استویا یا مالتیتول استفاده می‌کنند، ولی استفاده از عصاره شیرین‌بیان با خواص دارویی و شیرین‌کنندگی بالا، نه‌تنها مزیتی منحصربه‌فرد برای سلامت مصرف‌کننده ایجاد می‌کند، بلکه بر پایه گیاه بومی و سنتی منطقه خراسان شمالی نیز طراحی‌شده که باعث متمایز شدن این محصول از سایر رقبا می‌شود.

معرفی مزیت خاص و رقابتی محصول

مزیت خاص و رقابتی این محصول در استفاده از عصاره طبیعی و دارویی شیرین‌بیان به‌عنوان شیرین‌کننده اصلی در فرمولاسیون کلوچه رژیمی است. این محصول به‌طور خاص بر پایه یک گیاه دارویی بومی باارزش افزوده بالا طراحی‌شده است که آن را در بازار ایران و منطقه منحصربه‌فرد می‌سازد.

نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش تقاضای جهانی و داخلی برای محصولات غذایی سالم، طبیعی و کم‌قند، استفاده از عصاره ریشه شیرین‌بیان در تولید کلوچه رژیمی، نوآوری‌ای ارزشمند است که علاوه بر بهره‌برداری از گیاه بومی خراسان شمالی، به‌سلامت جامعه نیز کمک می‌کند. این طرح با ترکیب دانش بومی، قابلیت تجاری‌سازی بالا، مواد اولیه سالم و قابل‌دسترس، و مزایای دارویی، می‌تواند به محصولی موفق در بازار داخلی و صادراتی تبدیل شود. توسعه این طرح می‌تواند منجر به ایجاد اشتغال محلی، جلوگیری از خام‌فروشی گیاهان دارویی و افزایش سهم استان خراسان شمالی در زنجیره ارزش گیاهان دارویی گردد.

منابع

Arvin, P., Firouzeh, R. (2022). Ethnobotany of medicinal plants in Razo-Jargalan district in North Khorasan province. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 35, 355645.

Amooee, A, M., Ghasem Poor, N., Kameli, M. (2015) .Entrepreneurship package Cultivation of Licorice. Asrar Elm Publisher. Tehran.Iran.

Mohammadi, H. Sayed Saghaian, S. (2022). Factors Affecting Consumption of Different Forms of Medicinal Plants: The Case of Licorice.*Journal of Agriculture*, 13, 12091453.

El-Lahot, M. S., Amal M., El-Razek, M., Massoud, M and Gomaa, E.G. (2017). Utilization of Glycyrrhizin and Licorice Extract as Natural Sweetener in Some Food Products and Biological Impacts. J*ournal Food and Dairy Science*, 9, 37143.

Ishimi Y., Takebayashi J., Tousen, Y., Yamauchi, J., Fuchino, H, Kawano, H , Inui , T., Yoshimatsu , K., Kawahara, N. (2019). Quality evaluation of health foods containing licorice in the Japanese Market. Journal of Toxicology Reports, 9, 08013.

Making dietary cookies based on licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) root extract in North Khorasan province

Pooya Arvin*
Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran
*Corresponding Author:pooya.arvin@pnu.ac.ir

Abstract

North Khorasan province is rich in medicinal plants due to its special geographical location, climatic diversity and favorable natural conditions. The existence of more than 300 species of medicinal plants identified in this province has made it one of the rich regions of the country in the field of medicinal plants. Licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) is a native and important medicinal plant in North Khorasan province. The root of the licorice plant (*Glycyrrhiza glabra* L.) has anti-inflammatory, anti-viral, anti-stomach ulcer, immune system booster and expectorant properties. Licorice root contains a substance called glycyrrhizin, which is 50 times sweeter than regular sugar. In this project, it was tried to use the high capacity of licorice plant root extract in the production of a native, innovative product, without using harmful sugars, and introduce it as a recombinant product. This innovation showed that replacing artificial sugars with licorice root extract in the production of cookies can improve the final taste of the product and at the same time increase its nutritional value. This approach is an effective way to produce healthy and low-sugar foods and can meet the needs of consumers in the field of natural and dietary products. It seems like this, the processing of medicinal plants has created opportunities and bright horizons in this field and is a missing link in the value chain of medicinal plants in the country and province.

keywords: North Khorasan, value chain, licorice, diet cookies, innovation

مقایسه عملکرد فلورسانس کلروفیل و متابولیسم فنلی اکوتیپ‌های گیاه دارویی گیاه کاکوتی (*Ziziphora clinopodioides*) تحت تنش پرتوفرابنفش

قادر حبیبی*
استاد، گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور،تهران، ایران
*نویسنده مسئول: ghabibi@pnu.ac.ir

چکیده

گیاهان مرتفع برای در مصون ماندن از آسیب‌های شدت بالای پرتو فرابنفش در ارتفاعات، سازگاری‌های ریختی، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی حاصل کرده‌اند. در این تحقیق، اکوتیپ‌های مناطق کم ارتفاع (۱۷۰۰ متر) و مرتفع (۲۶۰۰ متر) گیاه کاکوتی در معرض شدت پرتو فرابنفش B با دز ۱۵ و ۳۰ کیلوژول بر متر مربع در روز قرار گرفتند. نتایج نشان داد اکوتیپ‌های مناطق مرتفع، سازوکارهای حفاظت نوری بهتری در مقایسه با گیاهان ساکن ارتفاع پایین اتخاذ می‌کنند. گیاهان ساکن ارتفاع پایین، کاهش فعالیت فتوشیمیایی را بروز دادند که منجر به وقوع مهار نوری فتوسیستم‌ها شد. وقوع مهار نوری در این گیاهان با کاهش بیشینه عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m) همراه بود. دلیل مقاومت بالای اکوتیپ‌های مناطق مرتفع در معرض تنش، افزایش سازگاری با شرایط تنش پرتوفرابنفش از طریق تجمع متابولیت‌های آنتی‌اکسیدانی شامل کاروتنوئیدها بود و در نتیجه عملکرد فتوشیمیایی بهتر گردید. همچنین اکوتیپ‌های مناطق مرتفع در معرض دزهای بالای پرتوفرابنفش، افزایش سازگاری با شرایط نور بالا از طریق تجمع متابولیت‌های آنتی‌اکسیدانی شامل ترکیبات فنلیک را نشان دادند. به طور کلی تحت تنش پرتوفرابنفش در اکوتیپ‌های مرتفع مقادیر فنل کل و فعالیت آنزیم PAL به طور قابل توجهی بیشتر از اکوتیپ‌های کم ارتفاع بود. یافته‌های حاضر اطلاعات مهمی درباره سازوکارهای دخیل در حفاظت نوری گیاه کاکوتی در برابر تنش‌های نوری ارائه می‌کند که آسیب به گیاهان را به حداقل رسانده و منجر به انتخاب اکوتیپ‌های مقاوم به شرایط تنش با ترکیبات مؤثره بیشتر می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اکوتیپ‌های کوهستانی، پرتو فرابنفش، فلورسانس کلروفیل، فنل کل، *Ziziphora clinopodioides*

مقدمه

قرار گرفتن طولانی مدت گیاهان در معرض شدت نور بالا و شدت بالای پرتوفرابنفش، مکانیسم‌های محافظت‌کننده نوری طولانی مدت را فعال می‌کند که منجر به پاسخ‌های سازگاری (بوم پذیری) می‌شود (Pinnola and Bassi, 2018). در این شرایط، گیاهان برای جلوگیری از اثرات مضر شدت‌های بالاتر تابش نور و دز بالای پرتوفرابنفش، با تجمع آنتی اکسیدان‌ها و رنگیزه‌های غیر فتوسنتزی مانند ترکیبات فنلی در برگ‌ها باعث کاهش آسیب نوری می‌شوند (Shi et al., 2022). همچنین، فلورسانس گذرای کلروفیل a، اطلاعات دقیقی راجع به مکانیسم‌های حفاظت نوری مرتبط با وضعیت و عملکرد مراکز واکنش فتوسیستم II تحت تنش‌های محیطی فراهم می‌آورد (Habibi, 2017). تست JIP، اطلاعاتی درباره ی جریان انرژی در غشای تیلاکوئیدی، ساختار و عملکرد دستگاه فتوسنتزی و به دام انداختن انرژی برانگیختگی و انتقال الکترون فراهم می‌کند تا شرایط حاکم بر گیاه در پاسخ به تنش را تعیین کند (Habibi, 2021). بنابراین

مکانیسم‌های دخیل در حفاظت نوری که گیاهان طی سال‌ها برای رویش و زندگی در زیستگاه طبیعی با ارتفاعات بالا ایجاد کرده اند تا تحت تنش‌های نور بالا و پرتو فرابنفش، بقای خود را تضمین کنند، از اهمیت زیادی برخوردار است.

تابش UV-B به میزان معینی بر گیاهان دارویی می‌تواند راهی مناسب برای بدست آوردن مقدار قابل توجهی از متابولیت‌های ثانویه و در نتیجه افزایش ارزش دارویی و اقتصادی آنها، باشد (Lingwan et al., 2023). هم اکنون، هیچ اطلاعاتی درمورد نقش تابش UVB بر تغییرات محتمل در گیاهان دارویی کاکوتی در ارتفاعات زیاد و کم وجود ندارد. در این تحقیق فرض شده است که تنوع قابل توجهی در مکانیسم‌های حفاظت نوری و وضعیت فلورسانس کلروفیل و متابولیسم فنلی بین گیاهان مناطق مرتفع و کم ارتفاع متناسب با ارتفاعی که در آن زیست می‌کنند، وجود دارد. بنابراین هدف این تحقیق، معرفی سازوکارهای حفاظت نوری در اکوتیپ‌های مختلف گیاه کاکوتی (*Ziziphora clinopodioides*) است.

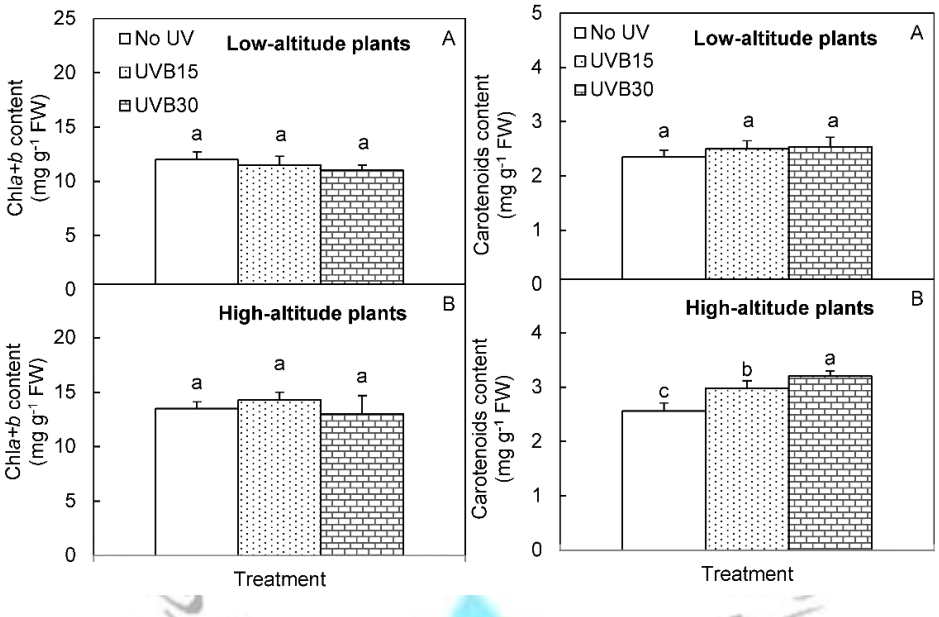
مواد و روش‌ها

بذرهای اکوتیپ‌های مناطق کم ارتفاع (۱۷۰۰ متر) و مرتفع (۲۶۰۰ متر) گیاه کاکوتی در گلدان‌های پلاستیکی به عمق ۴۰ سانتی‌متر و قطر ۳۰ سانتی‌متر و حاوی خاک ماسه‌ای پرلیت‌دار به مدت ۱۲ هفته کشت شدند و هر ۷ روز یک بار با آب مقطر آبیاری شدند. گیاهان به شرایط نرمال اتاق رشد شامل فتوپریود ۱۴ ساعت روشنائی و ۱۰ ساعت تاریکی و دمای روز ۲۵ و شب ۱۸ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند.گیاهان انتخاب شده به مدت ۱۰ روز با شدت پرتو فرابنفش B با دز ۱۵ و ۳۰ کیلوژول بر مترمربع در روز تیمار شدند. جهت تعیین فلورسانس کلروفیل، از دستگاه فلورسانس‌سنج (دستگاه فلوریمتر Pocket PEA، شرکت Hansatech، انگلستان) استفاده شد. جهت سنجش مقدار رنگیزه‌ها، نمونه‌های گیاهی با آب دوبار تقطیر شستشو شده و بر روی کاغذ صافی خشک شدند و غلظت کلروفیل *a*، *b* و کل و کاروتنوئیدها طبق فرمول‌های مربوطه محاسبه شد (Lichtentaler and Wellburn, 1985). فعالیت فنیل‌آلانین آمونیالیاز (PAL) مطابق روش (Zucker, 1965) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. از آنجایی که بیشترین ترکیبات فنلی گیاهان از نوع پلی‌فنل‌ها می‌باشد، برای سنجش فنل کل از روش معرف فنلی فولین‌سیوکالتو (Mavi et al., 2004)، استفاده شد. آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با کمک نرم افزار سیگما استات (نسخه ۳/۵) با استفاده از تست توکی در سطح پنج درصد انجام گردید.

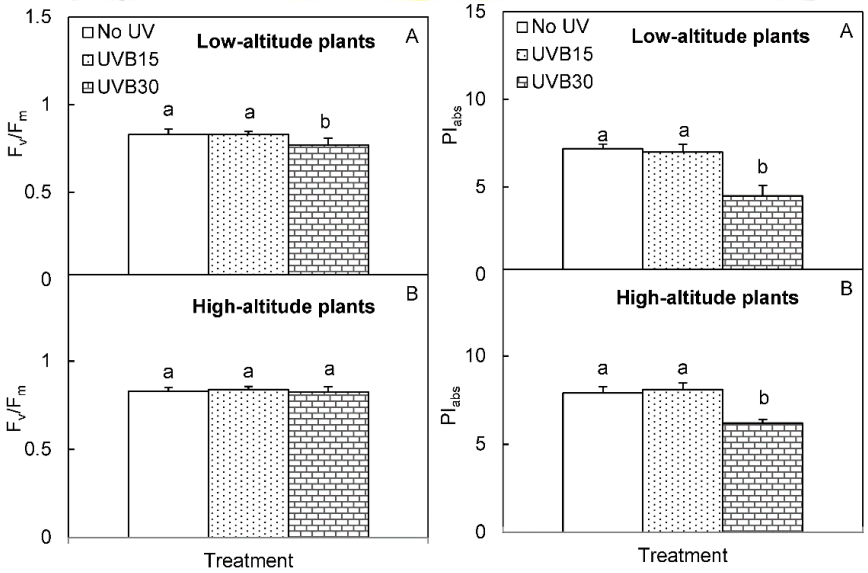
نتایج و بحث

در اکوتیپ‌های مناطق مرتفع کم ارتفاع و پر ارتفاع، محتوای کلروفیل a و b تحت تأثیر تنش UVB با دز ۱۵ و ۳۰ کیلوژول تغییر معنی‌داری پیدا نکردند (شکل ۱). الگوی تجمع کاروتنوئیدها در گیاهان مناطق مرتفع و کم ارتفاع، در پاسخ به تنش‌ها، مشابه عمل نکرد، به این صورت که در اکوتیپ کم ارتفاع، در حضور هر دو دز پرتوفرابنفش، تجمع کاروتنوئیدها تغییر معناداری نشان نداد ولی در گیاهان مناطق مرتفع مقدار این رنگیزه در پاسخ به هر دو دز پرتوفرابنفش افزایش پیدا کرد. در این مطالعه، بیشینه عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m) در گیاهان مناطق کم ارتفاع تحت تنش UVB30، کاهش پیدا کرد، در حالی که F_v/F_m در گیاهان مناطق مرتفع تحت تنش‌ها در قیاس با گیاهان شاهد تغییری نداشت (شکل ۲). شاخص کارایی فتوسیستم‌ها (PI_{abs}) در گیاهان مناطق کم ارتفاع و مرتفع تحت UVB30 کاهش قابل توجهی نشان داد (شکل ۲). مقدار فنل در گیاهان مناطق کم ارتفاع تحت تأثیر اعمال تنش پرتوفرابنفش تغییر معنی‌داری پیدا نکرد ولی مقدار فنل در گیاهان مناطق مرتفع تحت تأثیر اعمال تنش دز پایین و دز بالای پرتوفرابنفش افزایش معنی‌داری پیدا کرد (شکل ۳). فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL)، در گیاهان کم

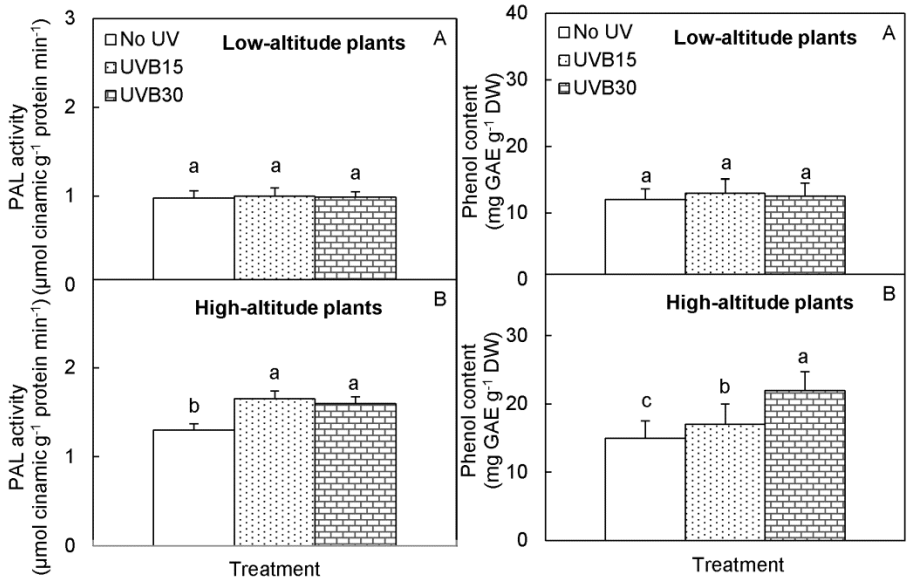
ارتفاع تحت تأثیر اعمال دز پایین و بالای پرتوفرابنفش قرار نگرفت، اما فعالیت این آنزیم در گیاهان مناطق مرتفع تحت تاثیر تنش دز پایین (UVB15) و دز بالای (UVB30) پرتوفرابنفش افزایش یافت (شکل ۳).



شکل ۱. تأثیر تیمارهای پرتو فرابنفش (UVB) بر مقدار کلروفیل و کاروتنوئید در برگ‌های اکوتیپ‌های مناطق مرتفع و کم ارتفاع *Ziziphora clinopodioides*. میانگین داخل هر ارتفاع که حداقل یک حرف مشترک داشته باشند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون توکی: Tukey test در سطح ۹۵ درصد). داده‌ها میانگین ۴ تکرار هستند.



شکل ۲. تأثیر تیمارهای پرتو فرابنفش(UVB) بر بیشینه عملکرد کوانتومی فتوسیستم II و شاخص کارآیی فتوسیستم‌ها در برگ‌های اکوتیپ‌های مناطق مرتفع و کم ارتفاع *Ziziphora clinopodioides*. میانگین داخل هر ارتفاع که حداقل یک حرف مشترک داشته باشند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون توکی: Tukey test در سطح ۹۵ درصد). داده‌ها میانگین ۴ تکرار هستند.



شکل ۳. تأثیر تیمارهای پرتو فرابنفش(UVB) بر مقدار فنل کل و فعالیت آنزیم PAL در برگ‌های اکوتیپ‌های مناطق مرتفع و کم ارتفاع *Ziziphora clinopodioides*. میانگین داخل هر ارتفاع که حداقل یک حرف مشترک داشته باشند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون توکی: Tukey test در سطح ۹۵ درصد). داده‌ها میانگین ۴ تکرار هستند.

نتایج ما نشان داد که تیمار گیاهان مرتفع تحت تنش دوزهای بالای پرتو فرابنفش منجر به افزایش چشم گیر محتوای کاروتنوئید در مقایسه با افزایش آن در اکوتیپ کم ارتفاع شد. در گیاه *Capsicum annuum* نیز افزایش محتوای کاروتنوئید تحت تنش UVB توسط Castillejo و همکاران (۲۰۲۲) مشاهده شد. افزایش مقدار کاروتنوئیدها با افزایش فرآیندهای مهاری تنش و محافظت نوری چرخه گزانتوفیل ارتباط دارد (Habibi, 2021). در گیاهان مناطق کم ارتفاع در دوزهای بالای پرتو فرابنفش، F_v/F_m کاهش پیدا کرد که نشان دهنده ایجاد اختلال در کارایی PSII و کمپلکس فتولیز آب و در نتیجه بروز مهار نوری PSII (Chen et al., 2023) بود. همچنین در گیاهان کم ارتفاع، شاخص کارایی فتوسیستم‌ها (PI_{abs}) که عملکرد PSII را بهتر نشان می‌دهد، در تیمارهای دوزهای بالای پرتو فرابنفش کاهش یافت. نتایج نشان دادند که افزایش میزان کاروتنوئید در دوزهای بالای پرتو فرابنفش در گیاه مرتفع مطابق با شرایط گیاه، به منظور راهی برای مقابله با مهار نوری حین احساس تنش توسط گیاه می‌باشد. در واقع، مقدار بیشتر کاروتنوئیدها می‌تواند از کلروپلاست‌ها در شرایط تنش نوری بالا محافظت کند (Han et al., 2023). متابولیت‌های ثانویه مانند فلاونوئیدها، اسیدهای فنلیک، تانن‌ها و آنتوسیانین‌ها پتانسیل فوق‌العاده‌ای در مهار ROS و کاهش تنش اکسیداتیو در گیاهان نشان داده‌اند (Pandeya et al., 2020). در این مطالعه، مقدار فنل برگ‌های گیاهان مناطق مرتفع، تقریباً در همه تیمارها افزایش معناداری داشت که با سطوح بالای فعالیت آنزیم PAL در برگ تیمارهای شده همراه بود. Pandey و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که UVB باعث افزایش قابل توجه تولید فلاونوئیدها از طریق افزایش بیان ژن PAL می‌شود. در این تحقیق، نتایج نشان دادند که افزایش میزان کاروتنوئید و ترکیبات فنلی در برابر پرتو فرابنفش در گیاه ساکن ارتفاع بالا، به منظور راهی برای مقابله با مهار نوری حین احساس تنش توسط گیاه می‌باشد.

منابع

Chen, C. I., Lin, K. H., Lin, T. C., Huang, M. Y., Chen, Y. C., Huang, C. C., Wang, C. W. (2023). Responses of photosynthesis and chlorophyll fluorescence during light induction in different seedling ages of *Mahonia oiwakensis*. *Botanical Studies, 64(1),* 1-11.

Habibi, G. (2017). Physiological, photochemical and ionic responses of sunflower seedlings to exogenous selenium supply under salt stress. *Acta Physiologiae Plantarum, 39(10),* 213.

Habibi, G. (2021). Changes in crassulacean acid metabolism expression, chloroplast ultrastructure, photochemical and antioxidant activity in the *Aloe vera* during acclimation to combined drought and salt stress. *Funcional Plant Biology, 49(1),* 40-53.

Lichtenthaler, H. K., Wellburn, A. R. (1983). Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions, 11,* 591-592.

Mavi, A., Terzi, Z. and Ozgen, U. (2004). Antioxidant properties of some medicinal plants: *Prangos ferulacea* (Apiaceae), *Sedum sempervivoides* (Crassulaceae), *Malva neglecta* (Malvaceae), *Cruciata taurica* (Rubiaceae), *Rosa pimpinellifolia* (Rosaceae), *Galium verum* subsp. Verum (Rubiaceae), *Urtica dioica* (Urticaceae). *Biological and Pharmaceutical Bulletin 27,* 702-705.

Pinnola, A., Bassi, R. (2018). Molecular mechanisms involved in plant photoprotection. *Biochemical Society Transactions, 46(2),* 467-482.

Shomali, A., Aliniaeifard, S., Mohammadian, M., Lotfi, M., & Kalaji, H. M. (2023). Genotype-dependent Strategies to "Overcome" Excessive Light: Insights into Non-Photochemical Quenching under High Light Intensity. *Physiologia Plantarum, 175(6),* e14077.

Singh, P., Singh, A., Choudhary, K. K. (2023). Revisiting the role of phenylpropanoids in plant defense against UV-B stress. *Plant Stress, 7,* 100143.

Zucker, M. (1965). Induction of phenylalanine deaminase by light, its relation to chlorogenic acid synthesis in potato tuber tissue. *Physiologia Plantarum, 40,* 779-784.

Comparison of chlorophyll fluorescence performance and phenolic metabolism in *Ziziphora clinopodioides* ecotypes under UVB radiation stress

Ghader Habibi*
Department of Biology, Payame Noor University (PNU), PO BOX 19395-3697 Tehran, Iran
*Corresponding Author: ghabibi@pnu.ac.ir

Abstract

High-altitude plants have developed diverse morpho-physiological and biochemical adaptations to avoid the inhibitory effects of the higher intensities of UV radiation. In this study, the role UVB doses (15 and 30 Kj m^{-2} d^{-1}) on the regulation of photoprotection mechanisms in the medicinal *Ziziphora clinopodioides* plants growing at low (1700 m) and high (2600 m) altitudes was investigated. After exposure to UVB30 stress, high altitude *Ziziphora clinopodioides* plants exhibited more resistance to photoinhibition as compared to low-altitude plants. Under stress conditions, low-altitude plants exhibited lower photochemical activity, which was associated with the down-regulation of maximal quantum yield of photosystem II (F_v/F_m), and consequently the occurrence of photoinhibition. Increased tolerance in high altitude plants was accomplished by higher levels of carotenoids content under UVB30 stress coupled with higher photochemical functioning. Also, exposure of high altitude plants to UVB radiation caused further increases in the activity of phenylalanine ammonia lyase (PAL) enzyme as well as the accumulation of phenolics, which play a key role in enhancing resistance to stresses at the physiological level. The present findings provide important information about mechanisms involved in the photoprotection of plants, *Ziziphora clinopodioides*, against UVB stress, which minimizes the damage to plants and leads to the selection of resistant ecotypes to stress conditions with more valuable compounds.

Keywords: Mountain ecotypes, ultraviolet light, chlorophyll fluorescence, total phenol, *Ziziphora clinopodioides*

تأثیر پرایمینگ نانوذرات اکسید روی بر عملکرد سیستم آنتی اکسیدانت و متابولیسم فنلی گیاه چای کوهی (*Stachys lavandulifolia*)

قادر حبیبی*
استاد، گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور،تهران، ایران
*نویسنده مسئول: ghabibi@pnu.ac.ir

چکیده

هدف این پژوهش، تعیین آستانه سمیت نانوذرات اکسید روی (ZnONPs) در گیاه چای کوهی (*Stachys lavandulifolia*)، بود. در غلظت‌های پرایمینگ ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش انباشت پراکسید هیدروژن (H_2O_2) در برگ‌ها همزمان با افزایش مقدار نیتریک اکسید (NO) و ارتقاء فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیس موتاز (SOD) و کاتالاز (CAT) ملاحضه گردید، هرچند با افزایش غلظت پرایمینگ به ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ مقدار نیتریک اکسید و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیس موتاز و کاتالاز نسبت به شاهد کاهش یافتند. نتایج حاصل از پارامترهای رشد و اندازه‌گیری مالون دی‌آلدئید (MDA) نشان دادند که هر دو غلظت ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث بروز سمیت در گیاه چای کوهی شدند. مقادیر فلاوونوئید و فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز (PAL) به طور قابل توجهی در غلظت‌های پرایمینگ ۵۰ و ۱۰۰ افزایش یافت. بنابراین تیمارهایی با غلظت کم نانوذره (تیمار ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) می‌توانند برای تولید ترکیبات مؤثره دارویی و تغذیه‌ای (فلاوونوئیدها) در این گیاه مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: چای کوهی، نیتریک اکسید، مالون دی آلدئید، فلاوونوئید، نانوذرات اکسید روی

مقدمه

در میان نانوذرات اکسید فلز، نانوذرات اکسیدروی به دلیل ظرفیت فوتوکاتالیستی و فتواکسیدانی خود در برابر سایر ترکیبات شیمیایی و زیستی، توجه محققان را به خود جلب کرده است (Zulfiqar et al., 2019). چندین مطالعه نشان داده‌اند که نانوذرات اکسید روی اثرات مثبت و منفی بر تنظیم رشد گیاهان دارد (Kang et al., 2024)، از اینرو توجه به سمیت این نانوذرات فلزی بر گیاهان بیش از پیش ضروری است. اعمال نانوذرات اکسید روی در گندم سیاه (*Fagopyrum esculentum*) در غلظت‌های بالا (۱۰ تا۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) موجب کاهش زیست توده، آسیب سلولی ریشه و فعالیت بالاتر سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی ناشی از تجمع گونه‌های فعال اکسیژن، می‌شود (Lee et al., 2013). غلظت بالای روی در بافت‌های گیاهی می‌تواند بر تولید رادیکال‌های آزاد و سطوح مالون دی آلدهید، تأثیر بگذارد (Kang et al., 2024). البته نوع گونه گیاهی، نحوه کاربرد نانوذرات (کاربرد برگی یا ریشه‌ای)، مرحله نموی گیاه، خصوصیت فیزیکوشیمیایی خود نانوذره، اندازه نانوذره و غلظت نانوذره بر نحوه اثر نانوذرات بر گیاهان اثر دارند (Kang et al., 2024). در نتیجه، در این تحقیق برای اولین بار، علاوه بر سنجش پرولین، نیتریک اکسید، مقدار اکسیدانت‌ها و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، سنجش پارامترهای مرتبط با فنل در چای کوهی نیز انجام شد تا اثرات سطوح مختلف نانو

ذره بر سیستم آنتی‌اکسیدانت و متابولیسم فنلی و همچنین میزان انباشت مواد موثره دارویی (ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی) در این گیاه دارویی مشخص و تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

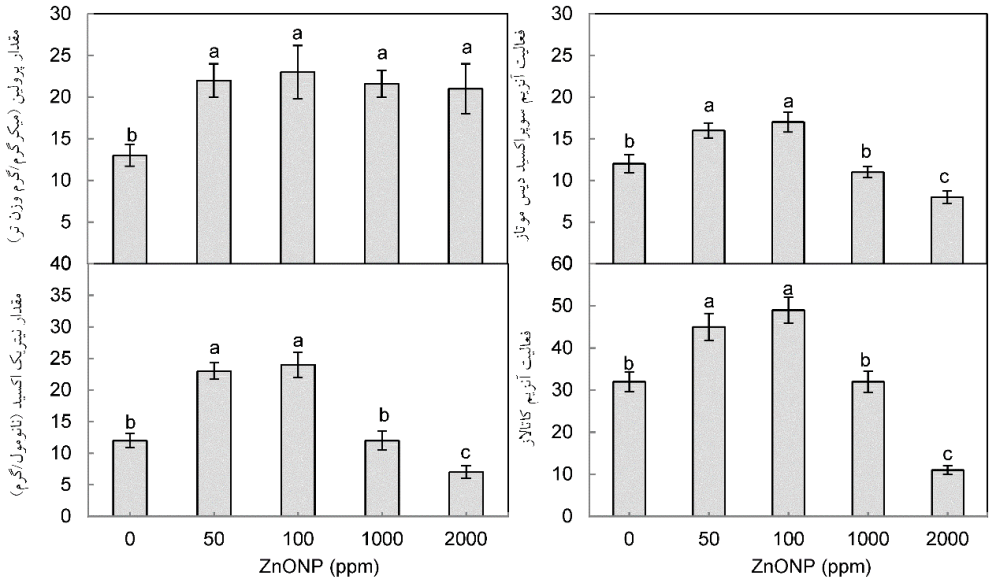
این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر پرایمینگ نانوذرات اکسید روی بر عملکرد سیستم آنتی اکسیدانت و متابولیسم فنلی گیاه چای کوهی (*Stachys lavandulifolia*)، بصورت طرح کامل تصادفی با چهار تکرار در دانشگاه پیام نور تبریز در سال ۱۴۰۳ اجرا شد. بذرهای گیاه دارویی چای کوهی (*Stachys lavandulifolia*) در گلدان‌های پلاستیکی استوانه‌ای شکل حاوی پرلیت کاشته شد و سپس با ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول هوگلند آبیاری شد. قطر گلدان‌ها ۱۸ سانتی‌متر و عمق ۴۵ سانتی‌متر بود. برای تیمارهای پرایمینگ، بذرها در محلول‌های نانوذرات اکسید روی (ZnONPs) با غلظت‌های ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ ppm به مدت ۲۴ ساعت خیسانده شدند. محصول نانوذرات اکسیدروی از شرکت معتبر «پیشگامان نانومواد ایران، مشهد، ایران» تهیه شده بود. خصوصیات فیزیکوشیمیایی این نانو محصول به شرح زیر است: خلوص: ۹۹ درصد؛ APS ۳۰-۱۰نانومتر. SSA 20-60m^2/g. رنگ سفید؛ مورفولوژی: کروی؛ چگالی واقعی: ۵/۶۰۶گرم بر سانتی‌متر مکعب. گیاهان شاهد با محلول غذایی بدون روی آبیاری شدند. گیاهان در گلخانه با شرایط دمای روز و شب به ترتیب ۲۵ و ۲۱ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۶۵-۶۰ درصد و تراکم جریان نوری روزانه حدود ۳۵۰-۴۰۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه در طول دوره آزمایش نگهداری شدند. ۶ هفته پس از کاشت، سنجش پارامترها با استفاده از دانه رست‌های حاصل انجام گرفت. برای سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) از روش Giannapolitis و Ries (۱۹۷۷) استفاده شد. برای سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) از روش Simon و همکاران (۱۹۷۴) و بر اساس کاهش جذب پراکسید هیدروژن (H_2O_2) در ۲۴۰ nm، استفاده شد. برای تعیین غلظت پراکسید هیدروژن (H_2O_2) بر اساس روش Velikova و همکاران (۲۰۰۰)، ابتدا عصاره برگ‌ها با استفاده از محلول ۰/۱٪ (w/v) تری‌کلرواستیک اسید (TCA) استخراج گردید. به منظور تعیین مقدار مالون دی‌آلدئید (MDA)، عصاره گیاهی در محلول ۰/۱٪ (w/v) تری‌کلرواستیک اسید (TCA) استخراج و مطابق روش Boominathan و Doran (۲۰۰۲) به مدت پنج دقیقه در ۱۰۰۰۰g سانتریفوژ گردید. برای اندازه‌گیری پروتئین کل، عصارهٔ پروتئینی در بافر فسفات سدیم با غلظت ۵۰ mM و pH = ۶/۸ استخراج شده و به مدت ۲۰ دقیقه در ۱۵۰۰۰g سانتریفوژ شد. پرولین بر اساس روش Bates و همکارانش (۱۹۷۳) محاسبه شد. برای تعیین مقدار نیتریک اکسید در برگ دانه رست‌ها از روش Wu و همکاران (۲۰۱۶) استفاده شد. فعالیت فنیل‌آلانین آمونیالیاز (PAL) مطابق روش Zucker (1965) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای سنجش غلظت فلاونوئیدها، از روش Simon و همکاران (۱۹۷۴) استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با کمک نرم‌افزار سیگما استات (نسخه ۳/۵) با استفاده از تست توکی در سطح پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

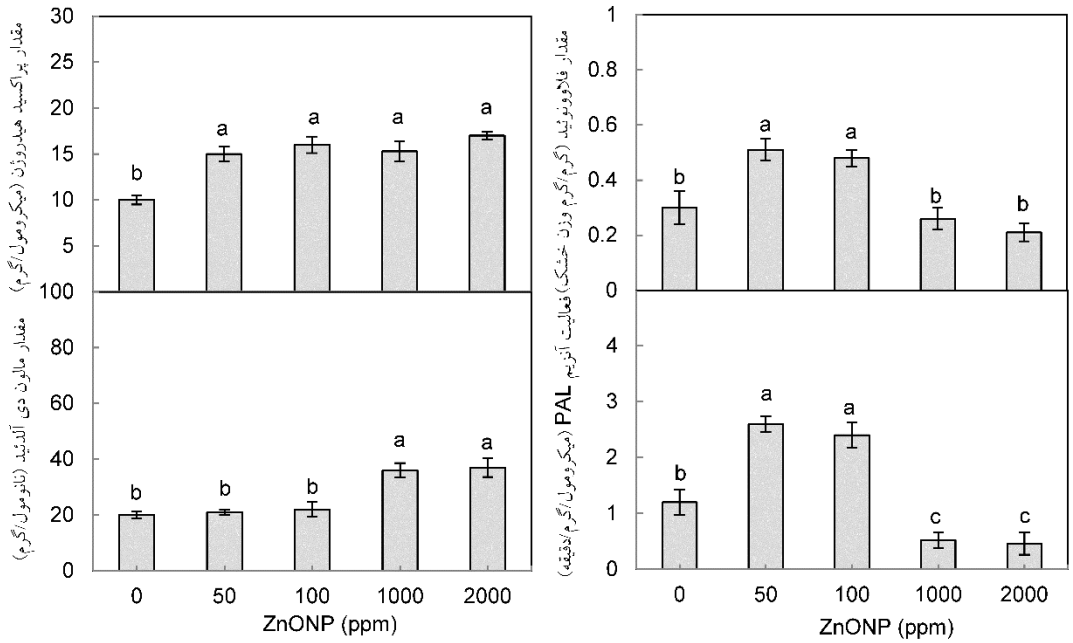
مقدار پرولین برگ‌ها تحت تاثیر اعمال غلظت‌های مختلف نانوذره اکسیدروی نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد (شکل ۱). پرولین به‌عنوان یک جاروب‌کننده گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و تنظیم‌کننده اسمزی در بسیاری از گیاهانی در معرض تنش سمیت عمل می‌کند (Chun et al., 2018). مطابق با نتایج Faraz و همکاران (۲۰۲۰) در خصوص افزایش سطح پرولین تحت تنش فلزات سنگین، در این مطالعه پرایمینگ موجب افزایش مقدار پرولین گردید. در این تحقیق، الگوی افزایش مقدار نیتریک اکسید در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با الگوی افزایش مقدار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در این غلظت‌ها مطابقت داشت.

در این پژوهش، فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز و آنزیم کاتالاز تحت تاثیر اعمال نانوذرات اکسیدروی با غلظت ۵۰ و ۱۰۰ افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد نشان دادند (شکل ۱). ولی با افزایش غلظت پرایمینگ به ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰، فعالیت آنزیم‌ها به شدت کاهش یافت و در غلظت ۲۰۰۰ به پایین‌تر از سطح شاهد رسید. مقدار انباشت فلاوونوئید همزمان با فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) تحت تأثیر اعمال نانوذرات اکسیدروی با غلظت ۵۰ و ۱۰۰ افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد نشان داد ولی با افزایش غلظت پرایمینگ به ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰، مقدار فلاوونوئید و فعالیت آنزیم به شدت کاهش یافت (شکل ۲). هر چند افزایش مقدار انباشت H_2O_2 حتی در غلظت‌های اندک نانوذرات (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) نیز ثبت گردید، افزایش مقدار MDA تنها با اعمال غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ مشاهده گردید (شکل ۲).

در تطابق با یافته‌های این تحقیق، نشان داده شده است که پرایمینگ بذور با نانوذرات روی در غلظت‌های سمی باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های SOD و CAT در گندم می‌شود (Rai-Kalal and Jajoo, 2021). کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت پس از اعمال نانوذرات روی در غلظت بالا در گیاه *Raphanus sativus* نیز گزارش شده است (Mahawar *et al.*, 2024) که شاید بدلیل تخریب پروتئین آنزیم‌ها در شرایط تنش شدید حاصل از سمیت عناصر سنگین می‌باشد. افزایش انباشت فنل و فلاوونوئید همزمان با افزایش فعالیت آنزیم PAL در این تحقیق با یافته‌های Inam و همکاران (۲۰۲۳) همخوانی داشت آنها گزارش کردند کاربرد نانوذرات اکسید فلزی باعث تحریک سیستم دفاعی گیاه و افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه می‌گردد. البته کاربرد مقادیر سمی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ با افزایش رادیکال‌های آزاد و تخریب سلولی و آنزیمی باعث مهار فعالیت آنزیم PAL شده است. در این مطالعه، مقدار پراکسید هیدروژن تحت تاثیر نانوذرات روی افزایش معنی‌داری نشان داد. افزایش شاخص پراکسیداسیون لیپیدها در غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ نشان داد که غلظت‌های بالای اعمال شده در این تحقیق باعث تنش اکسیداتیو در برگ‌های دانه رست‌ها شده است.



شکل ۱. تأثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسیدروی بر مقدار پرولین و نیتریک اکسید و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت سوپر اکسید دیس موتاز و کاتالاز در گیاه چای کوهی. میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک داشته باشند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون توکی: Tukey test در سطح ۹۵ درصد). داده‌ها میانگین ۴ تکرار هستند.



شکل ۲. تأثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسیدروی بر مقدار فلاوونوئید و فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) و مقدار پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و مالون دی آلدئید (MDA) برگ‌های گیاه چای کوهی. میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک داشته باشند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون توکی: Tukey test در سطح ۹۵ درصد). داده‌ها میانگین ۴ تکرار هستند.

نتایج اندازه‌گیری مقدار مالون دی‌آلدئید نشان داد که پرایمینگ با هر دو غلظت ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث بروز سمیت در دانه رست‌های گیاه چای کوهی گردید. در غلظت‌های پایین پرایمینگ (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) شاخص سیستم آنتی‌اکسیدانت گیاهان از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیس موتاز، کاتالاز، فنیل آلانین آمونیالیاز و فلاوونوئیدها بهبود یافت. در غلظت بالا (۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) مقدار نیتریک اکسید و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیس موتاز و کاتالاز نسبت به شاهد کاهش یافتند. به نظر می‌رسد همبستگی بین الگوی تغییرات نیتریک اکسید با الگوی تغییرات فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نشان دهنده نقش نیتریک اکسید بعنوان علامت ثانویه در شروع پاسخ‌های گیاه به تنش و در نتیجه افزایش مقاومت به شرایط تنش باشد.

منابع

Boominathan, R., & Doran, P. M. (2002). Ni-induced oxidative stress in roots of the Ni hyperaccumulator, Alyssum bertolonii. *New Phytologist*, *156*(2), 205-215.

Bates LS, Waldren RP, Teare ID (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil 39(1):205-7.

Chun, S. C., Paramasivan, M., & Chandrasekaran, M. (2018). Proline accumulation influenced by osmotic stress in arbuscular mycorrhizal symbiotic plants. *Frontiers in Microbiology*, *9*, 2525.

Faraz, A., Faizan, M., Sami, F., Siddiqui, H., & Hayat, S. (2020). Supplementation of salicylic acid and citric acid for alleviation of cadmium toxicity to Brassica juncea. *Journal of Plant Growth Regulation*, *39*, 641-655.

Giannopolitis, C. N., & Ries, S. K. (1977). Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. *Plant Physiology*, *59*(2), 309-314.

Inam, M., Attique, I., Zahra, M., Khan, A. K., Hahim, M., Hano, C., & Anjum, S. (2023). Metal oxide nanoparticles and plant secondary metabolism: unraveling the game-changer nano-elicitors. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, *155*(2), 327-344.

Rai-Kalal, P., & Jajoo, A. (2021). Priming with zinc oxide nanoparticles improve germination and photosynthetic performance in wheat. *Plant Physiology and Biochemistry*, *160*, 341-351.

Kang, M., Liu, Y., Weng, Y., Wang, H., & Bai, X. (2024). A critical review on the toxicity regulation and ecological risks of zinc oxide nanoparticles to plants. *Environmental Science: Nano*, *11*(1), 14-35.

Lee, S., Kim, S., Kim, S., & Lee, I. (2013). Assessment of phytotoxicity of ZnO NPs on a medicinal plant, Fagopyrum esculentum. *Environmental Science and Pollution Research*, *20*, 848-854.

Li, C. C., Dang, F., Li, M., Zhu, M., Zhong, H., Hintelmann, H., & Zhou, D. M. (2017). Effects of exposure pathways on the accumulation and phytotoxicity of silver nanoparticles in soybean and rice. *Nanotoxicology*, *11*(5), 699-709.

Mahawar, L., Živčák, M., Barboricova, M., Kovár, M., Filaček, A., Ferencova, J., ... & Brestič, M. (2024). Effect of copper oxide and zinc oxide nanoparticles on photosynthesis and physiology of Raphanus sativus L. under salinity stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, *206*, 108281.

Simon, L. M., Fatrai, Z., Jonas, D. E., & Matkovics, B. (1974). Study of peroxide metabolism enzymes during the development of Phaseolus vulgaris. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen*, *166*(5-6), 387-392.

Wu, Q., Su, N., Zhang, X., Liu, Y., Cui, J., & Liang, Y. (2016). Hydrogen peroxide, nitric oxide and UV RESISTANCE LOCUS8 interact to mediate UV-B-induced anthocyanin biosynthesis in radish sprouts. *Scientific Reports*, *6*(1), 29164.

Zucker, M. (1965). Induction of phenylalanine deaminase by light and its relation to chlorogenic acid synthesis in potato tuber tissue. *Plant Physiology*, *40*(5), 779.

Zulfiqar, F., Navarro, M., Ashraf, M., Akram, N. A., & Munné-Bosch, S. (2019). Nanofertilizer use for sustainable agriculture: Advantages and limitations. *Plant science*, *289*, 110270.

Effect of zinc oxide nanoparticles priming on antioxidant system activity and phenolic metabolism in *Stachys lavandulifolia* plants

Ghader Habibi*
Department of Biology, Payame Noor University (PNU), PO BOX 19395-3697 Tehran, Iran
*Corresponding Author: ghabibi@pnu.ac.ir

Abstract

The purpose of this research was to investigate the tolerance threshold of *Stachys lavandulifolia* plantlets under the influence of zinc oxide nanoparticles (ZnONPs) toxicity. A further increase in H_2O_2 content was detected in primed plants with 50 and 100 mg/l, which was attendant with the high level of NO content as well as SOD and CAT activity. Under ZnONPs stress at both 1000 and 2000 mg/l, the activity of antioxidative enzymes as well as NO content exhibited a significant decrease compared to the control group. The results of measurement of malondialdehyde (MDA) indicated that exposure to 1000 and 2000 mg/l ZnONPs exerted more toxicity. In this study, results revealed that the flavonoids and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity increased under 50 and 100 mg/l treatments. Thus, ZnONPs priming at 50 and 100 mg/l could be a promising way to obtain considerable flavonoids production in *Stachys lavandulifolia* plants, which making them valuable in both nutritional and medicinal application.

Key words: *Stachys lavandulifolia*, malondialdehyde, nitric oxide, flavonoids, zinc oxide nanoparticles

تأثیر پرایمینگ نانو ذرات اکسید روی بر جوانه‌زنی، رشد و عملکرد فتوسنتزی گیاه چای کوهی (*Stachys lavandulifolia*)

قادر حبیبی*
استاد، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: ghabibi@pnu.ac.ir

چکیده

در این پژوهش، اثر سمیت نانوذرات اکسید روی (ZnONPs) بر سازوکارهای فیزیولوژیکی گیاه چای کوهی (*Stachys lavandulifolia*)، سنجش شد. انجام پرایمینگ در آزمایشگاه (سال ۱۴۰۳) با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذره اکسید روی باعث کاهش درصد جوانه زنی و مقدار کلروفیل شد. اعمال غلظت ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذره باعث افزایش میزان انباشت کاروتنوئید در برگ‌ها شد. در هر دو غلظت ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، شدت فلورسانس در فاز IP و همچنین بیشینه عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m) نسبت به شاهد کاهش معنی دار نشان دادند. آنالیز نتایج حاکی از وجود همبستگی بین درصد جوانه زنی با پارامترهای فلورسانس کلروفیل بود. بطور کلی در بین پارامترهای فلورسانس کلروفیل، مقدار فلورسانس بیشینه (F_m) (تغییرات فاز IP) برگ‌ها بیشترین همبستگی منفی را با درصد جوانه زنی بذور داشت و در نتیجه میتوان از این پارامتر بعنوان نشانگر فتوشیمیایی سمیت نانوذرات روی در گیاه چای کوهی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: فلورسانس کلروفیل، چای کوهی، درصد جوانه زنی، نانوذرات اکسید روی

مقدمه

استفاده روزافزون از نانوذرات اکسیدروی (ZnONPs) در کشاورزی باعث ورود این نانوذرات در محیط زیست و محصولات کشاورزی می‌شود و در نتیجه می‌بایست اثرات این نانوذرات بر محصولات زراعی و سلامت انسان بصورت دقیق بررسی شود. مطالعه دقیق اثرات افزودن کودهای نانو به منظور حاصلخیزی خاک برای تولید محصول و مدیریت دقیق مواد غذایی در کشاورزی پایدار ضروری است (Rossi et al., 2019). از طرف دیگر، نانوتکنولوژی در کشاورزی با استفاده از نانوذرات فلزی در تغذیه گیاهی، سیستم‌های تولید محصول را بهبود بخشیده است (Faizan et al., 2017). از این رو توجه به سمیت نانوذرات فلزی بر گیاهان بیش از پیش ضروری است. در چندین گونه گیاهی مختلف از جمله گندم (Du et al., 2011) و نخودفرنگی (Wang et al., 2013) اثرات سمیت نانوذرات اکسید روی نشان داده شده است. در *Arabidopsis thaliana* ، نانوذرات اکسید روی بیوسنتز کلروفیل و کارایی فتوسنتز را با مهار بیان ژن‌های مرتبط با سنتز کلروفیل تحت تاثیر قرار می‌دهد (Wang et al., 2016). البته نوع گونه گیاهی، نحوه کاربرد نانوذرات (کاربرد برگی یا ریشه‌ای)، مرحله نموی گیاه، خصوصیالت فیزیکوشیمیایی خود نانوذره، اندازه نانوذره و غلظت نانوذره بر نحوه اثر نانوذرات بر گیاهان اثر دارند (Shekhawat et al., 2021). چای کوهی گیاهی چندساله و مقاوم از خانواده نعناعیان است که در ایران با نام‌های محلی دیگری مانند توکلیجه، کلکنه یا پشمینه نیز شناخته می‌شود. این گیاه معمولاً در ارتفاعات و مناطق صخره‌ای رشد می‌کند و به همین دلیل نام "کوهی" را یدک می‌کشد. در این تحقیق، علاوه بر

سنجش پارامترهای رشد، سنجش پارامترهای مختلف فلورسانس کلروفیل برگ‌های چای کوهی نیز انجام شد تا پارامتر مناسب که اولین اثرات سمیت نانو ذره را نشان می‌دهد مشخص و تعیین گردد. از طرف دیگر همبستگی بین تمامی پارامترهای سنجش شده در همه تیمارها، تعیین گردید تا مهمترین عامل اثرگذار بر درصد جوانه زنی بذور در شرایط تنش نانوذرات اکسید روی تعیین و حساس ترین ابزار برای ارزیابی سریع تنش نانوذرات، مشخص گردد.

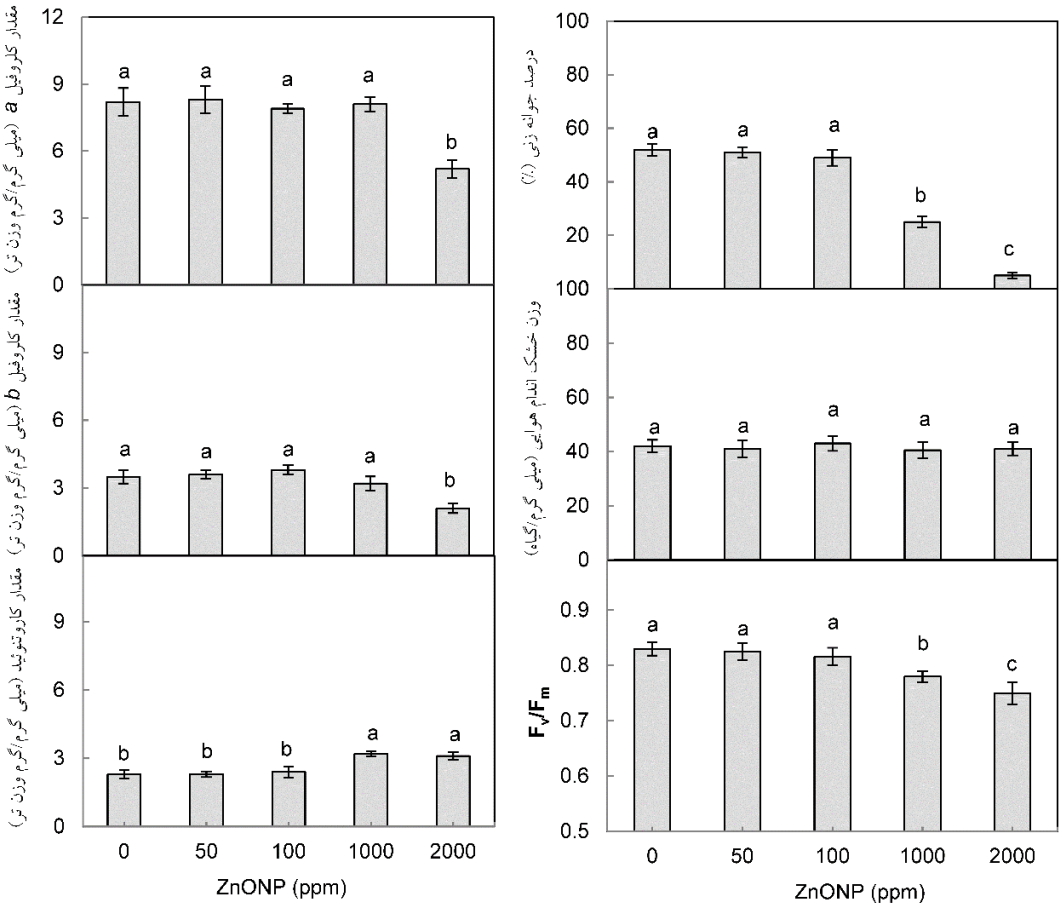
مواد و روش‌ها

بذرهای گیاه دارویی چای کوهی (*Stachys lavandulifolia*) در گلدان‌های پلاستیکی استوانه‌ای شکل حاوی پرلیت کاشته شد و سپس با ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول هوگلند آبیاری شد. قطر گلدان‌ها ۱۸ سانتی‌متر و عمق ۴۵ سانتی‌متر بود. انجام پرایمینگ در آزمایشگاه (سال ۱۴۰۳) در محلول‌های نانوذرات اکسید روی (ZnONPs) با غلظت‌های ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ ppm به مدت ۲۴ ساعت خیسانده شدند. ۶ هفته پس از کاشت، سنجش پارامترها با استفاده از دانه رست‌های حاصل انجام گرفت. محصول نانوذرات اکسیدروی از شرکت معتبر «پیشگامان نانو مواد ایران، مشهد، ایران» تهیه شده بود. گیاهان در گلخانه با شرایط دمای روز و شب به ترتیب ۲۵ و ۲۱ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۶۵-۶۰ درصد و تراکم جریان نوری روزانه حدود ۳۵۰-۴۰۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه در طول دوره آزمایش نگهداری شدند. پس از تعیین وزن تر (FW)، برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد برای تعیین وزن خشک (DW) خشک شدند. از دستگاه فلورسانس‌سنج (PEA, Hansatech Instruments & Ltd., King's Lynn, Norfolk, PE 32 1JL, Engl) برای تعیین فلورسانس کلروفیل استفاده شد (Kalaji et al., 2011). جهت سنجش مقدار رنگیزه‌ها، استخراج رنگیزه از وزن تر (تقریباً ۲۰۰ میلی‌گرم) با استفاده از حلال استن روی یخ و با هاون چینی سرد انجام شد (Lichtenthaler and Wellburn, 1985). آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با کمک نرم افزار سیگما استات (نسخه ۳/۵) با استفاده از تست توکی در سطح پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

پرایمینگ بذور چای کوهی با ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، تغییری در درصد جوانه زنی ایجاد نکرد (شکل ۱). با افزایش غلظت نانوذرات اکسیدروی به ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، درصد جوانه زنی بصورت معنی دار کاهش یافت. وزن خشک اندام‌های هوایی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسیدروی قرار نگرفت (شکل ۱). بررسی یافته‌های پیشین نشان می‌دهد که کاهش درصد جوانه زنی پس از اعمال نانوذرات فقط در سطوح غلظتی بالا رخ می‌دهد (Roy et al., 2025). این یافته بار دیگر نشان داد زمان اعمال تیمار نانوذره در نحوه اثر آن دخالت دارد و در این تحقیق که نانوذره به شکل پرایمینگ بذر اعمال گردید، افت رشد دانه رست ملاحظه نگردید. نتایج این تحقیق نشان داد که نانوذرات اکسیدروی فقط در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب کاهش معنی‌دار مقدار کلروفیل a و b در برگ‌ها شد (شکل ۲)، دانه رست‌های حاصل از بذور پرایمینگ شده با غلظت ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو اکسیدروی بیشترین افزایش کاروتنوئید را در برگ‌های خود نشان دادند (شکل ۲). یافته‌های مشابه با نتایج این تحقیق، توسط Zoufan و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه بر روی گیاه *Chenopodium murale* گزارش شده است، نانوذرات اکسیدروی رشد گیاه و مقدار کلروفیل را کاهش می‌دهد. افزایش کاروتنوئید برگ‌های دانه رست‌های حاصل از بذور پرایمینگ شده با نانو اکسیدروی با کاهش شاخص‌های فلورسانس کلروفیل در این تیمار همخوانی داشت. بررسی

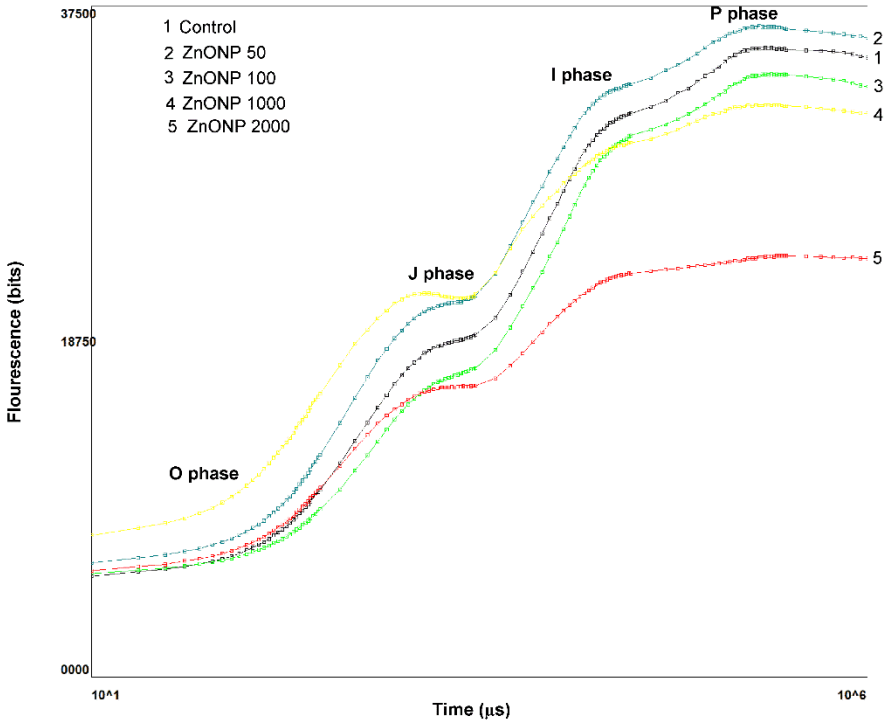
تغییرات منحنی فلورسانس نشان داد که تیمار ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث افزایش شدت فلورسانس در فاز IP نسبت به شاهد شده است در حالیکه در تیمارهای پرایمینگ ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر شدت فلورسانس در فاز IP کاهش چشمگیری یافته و منحنی فلورسانس نسبت به حالت شاهد شکل مسطحی پیدا کرده است (شکل ۴). کاهش شدت فلورسانس در فاز IP با کاهش بیشینه فلورسانس (F_m) همراه بود (شکل ۳). کاهش بیشینه فلورسانس و افزایش جزیی فلورسانس پایه (F_0) در تیمار ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث افت معنی‌دار بیشینه عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m) گردید (شکل ۳).



شکل ۱. تأثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسیدروی بر بر درصد جوانه زنی و وزن خشک ساقه، محتوی کلروفیل و کاروتنوئید و بیشینه عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m) گیاه چای کوهی. میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک داشته باشند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون توکی: Tukey test در سطح ۹۵ درصد). داده‌ها میانگین ۴ تکرار هستند.

افزایش فلورسانس پایه (F_0) (بصورت افزایش در فاز OJ) در برگ‌های تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نشان داد که اعمال نانوذرات اکسید روی با کاهش ذخایر کوئینونA احیاء (QAH_2) و پلاستوکوئینون احیاء (PQH_2) مرتبط می‌باشد (Habibi, 2017). کاهش ذخایر QAH_2 و PQH_2 احتمالا نشان می‌دهد که جریان انتقال الکترون در ناقل‌های پایین دست در برگ‌های زمستانه بلوکه شده است (Strasser et al., 2004). با اعمال غلظت‌های بالا، منحنی فلورسانس برگ‌ها شکل مسطحی را نشان دادند و شدت فلورسانس در فاز IP کاهش شدیدی را نشان داد.کاهش فاز IP که با

کاهش شدت فلورسانس بیشینه (F_m) در ارتباط می‌باشد نشان دهنده غیر فعال شدن پروتئین‌ها در ساختار فتوسیستم II می‌باشد (Habibi, 2017) که در همه برگ‌های گیاه چای کوهی در پاسخ به غلظت‌های بالای نانوذره مشاهده شد. شاخص F_v/F_m یکی از شاخص‌های مهم جهت تعیین مقاومت به انواع تنش‌ها می‌باشد (Rousseau et al., 2013). سنجش F_v/F_m برگ‌های گیاه چای کوهی نشان داد که این پارامتر در پاسخ به ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر افت معنی‌دار نشان داده است. بنابراین می‌توان از این پارامتر بعنوان یک پارامتر مناسب جهت تعیین سطوح سمیت نانوذرات روی در این گونه بهره برد.



شکل ۲. تأثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسیدروی بر تغییرات منحنی فلورسانس OJIP (محور عمودی شدت فلورسانس و محور افقی زمان بر اساس میکروثانیه است) برگ‌های گیاه چای کوهی.

نتایج پارامترهای رشد و درصد جوانه زنی نشان دادند که پرایمینگ با هر دو غلظت ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث بروز سمیت در دانه رست‌های گیاه چای کوهی شده است. در غلظت‌های پایین پرایمینگ، شاخص فعالیت فتوشیمیایی فتوسنتز برگ‌ها از طریق افزایش انباشت کاروتنوئید بهبود یافت. در غلظت بالا (۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) شدت فلورسانس در فاز IP و همچنین بیشینه عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m) نسبت به شاهد کاهش معنی دار نشان دادند. در بین پارامترهای فلورسانس کلروفیل، فلورسانس بیشینه (مرتبط با فاز IP) بیشترین همبستگی را با درصد جوانه زنی داشتند و در نتیجه می‌توان از این پارامتر برای تعیین دقیق سازوکارهای سمیت نانوذرات روی در گیاه چای کوهی بهره برد.

منابع

Faizan, M., Faraz, A., Yusuf, M., Khan, S.T.and Hayat, S.(2017). Zinc oxide nanoparticle-mediated changes in photosynthetic efficiency and antioxidant system of tomato plants. *Photosynthetica*. 56, 678–686.

Habibi, G., Servataian, N., & Abedini, M. (2017). Photoprotection mechanisms in wheat plants under high light and cold temperature conditions. *Journal of Plant Biological Sciences*, *9*(1), 59-72.

Du, W.C., Sun, Y.Y, Ji, R., Zhu, J.G., Wu, J.C. and Guo, H.Y. (2011). TiO_2 and ZnO nanoparticles negatively affect wheat growth and soil enzyme activities in agricultural soil. *J Environ Monit* 13:822–828.

Kalaji, H. M., Bosa, K., Kościelniak, J., & Żuk-Gołaszewska, K. (2011). Effects of salt stress on photosystem II efficiency and CO_2 assimilation of two Syrian barley landraces. *Environmental and Experimental Botany*, *73*, 64-72.

Kohli, S. K., Handa, N., Bali, S., Arora, S., Sharma, A., Kaur, R., & Bhardwaj, R. (2018). Modulation of antioxidative defense expression and osmolyte content by co-application of 24-epibrassinolide and salicylic acid in Pb exposed Indian mustard plants. *Ecotoxicology and environmental safety*, *147*, 382-393.

Lichtenthaler, H. K., & Wellburn, A. R. (1983). Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents.

Lu, Q., Zhang, T., Zhang, W., Su, C., Yang, Y., Hu, D., & Xu, Q. (2018). Alleviation of cadmium toxicity in Lemna minor by exogenous salicylic acid. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *147*, 500-508.

Rossi, L., Fedenia, L. N., Sharifan, H., Ma, X., & Lombardini, L. (2019). Effects of foliar application of zinc sulfate and zinc nanoparticles in coffee (Coffea arabica L.) plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, *135*, 160-166.

Rousseau, C., Belin, E., Bove, E., Rousseau, D., Fabre, F., Berruyer, R., ... & Boureau, T. (2013). High throughput quantitative phenotyping of plant resistance using chlorophyll fluorescence image analysis. *Plant Methods*, *9*, 1-13.

Strasser, R. J., Tsimilli-Michael, M., & Srivastava, A. (2004). Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In *Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis* (pp. 321-362). Dordrecht: Springer Netherlands.

Wang, J., Koo, Y., Alexander, A., Yang, Y., Westerhof, S., Zhang, Q., ... & Alvarez, P. J. (2013). Phytostimulation of poplars and Arabidopsis exposed to silver nanoparticles and Ag+ at sublethal concentrations. *Environmental Science & Technology*, *47*(10), 5442-5449.

Wang, S., Wu, B. D., Wei, M., Zhou, J. W., Jiang, K., & Wang, C. Y. (2020). Silver nanoparticles with different concentrations and particle sizes affect the functional traits of wheat. *Biologia Plantarum*, *64*(1).

Zoufan, P., Baroonian, M .and Zargar, B. (2020). ZnO nanoparticles-induced oxidative stress in *Chenopodium murale* L, Zn uptake, and accumulation under hydroponic culture. Environ Sci Pollut Res 27(10): 11066–11078.

Effect of zinc oxide nanoparticles priming on seed germination, growth and photosynthetic function in *Stachys lavandulifolia* plants

Ghader Habibi*
1. Department of Biology, Payame Noor University (PNU), PO BOX 19395-3697 Tehran, Iran
*Corresponding Author: ghabibi@pnu.ac.ir

Abstract

In this study, the impact of zinc oxide nanoparticles (ZnONPs) stress on the physiological mechanism of *Stachys lavandulifolia* was determined. The results (2024) showed that ZnONPs priming at 2000 mg/l had an inhibitory effect on seed germination percentage (SG) and chlorophyll content of seedlings. *Stachys lavandulifolia* plants primed with 1000 and 2000 mg/l ZnONPs showed higher synthesis of carotenoid pigments. Under ZnONPs stress at both 1000 and 2000 mg/l, the fluorescence intensity at the IP phase and the maximum PSII photochemical efficiency (F_v/F_m) of leaves exhibited a significant decrease compared to the control group. Results analysis showed that there is a high correlation between SG and chlorophyll fluorescence parameters. Among the chlorophyll fluorescence parameters, maximal flourencense (F_m) (determined by IP phase) exhibited a strong negative correlation with SG values, which indicated that this chlorophyll fluorescence technique has a potential, as a photochemical indicator, in interpreting the toxicity of ZnONPs stress in *Stachys lavandulifolia*.

Keywords: Chlorophyll fluorescence, *Stachys lavandulifolia*, seed germination percentage, zinc oxide nanoparticles

اثر هم‌افزایی گیاهان دارویی بعنوان مواد پری‌بیوتیک و باکتری‌های پروبیوتیک

مریم خوش‌منظر*[۱]، رضا تیموری[۱]، ناصر فردینی[۱]

۱- گروه صنایع غذایی، مرکز آموزش علمی کاربردی گروه صنایع غذایی شیرین عسل، واحد استان آذربایجانشرقی، تبریز

*نویسنده مسئول: pazhouhesh@uast-sha.ir

چکیده

امروزه، غذا دیگر فقط برای تغذیه نیست. مصرف‌کنندگان انتظار دارند از وعده‌های غذایی روزانه خود مزایای سلامتی دریافت کنند. پروبیوتیک‌ها، مانند باکتری‌های اسید لاکتیک، میکروب‌های غیربیماری‌زا می‌باشند که در صورت مصرف به مقدار کافی، فواید سلامتی برای میزبان دارند. پروبیوتیک‌ها از طریق مکانیسم‌های حذف رقابتی پاتوژن‌ها برای محل‌های چسبندگی، بهبود سد مخاطی روده، تعدیل سیستم ایمنی روده و سنتز انتقال‌دهنده‌های عصبی بر سلامی افراد تاثیر می‌گذارند. این بررسی ضمن معرفی گیاهان دارویی به عنوان مواد پری‌بیوتیک به اثر هم‌افزایی پری‌بیوتیک‌ها بر باکتری‌های پروبیوتیک تأکید دارد. با توجه به توانایی پروبیوتیک‌ها در تعدیل میکروبیوتای روده و تضعیف سیستم ایمنی، پروبیوتیک‌ها می‌توانند به عنوان یک ماده کمکی در فشار خون بالا، کلسترول بالا، سرطان و بیماری‌های دستگاه گوارش استفاده شده و در صنایع لبنی، نوشیدنی و پخت و پز مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای بهبود بازدهی پروبیوتیک‌ها در حوزه سلامتی، استفاده از پری‌بیوتیک‌های گیاهی مانند کاسنی، دانه چیا، دانه کتان وغیره توصیه شده است. بدین‌ترتیب، پتانسیل پروبیوتیک‌ها با هم‌افزایی پری‌بیوتیک‌ها می‌تواند به طور مؤثر در مقیاس تجاری در صنایع فرآوری مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: پروبیوتیک، پری‌بیوتیک، سلامتی، گیاه دارویی، میکروارگانیسم

مقدمه

امروزه، غذا دیگر به عنوان یک بخش تغذیه‌ای در نظر گرفته نمی‌شود. تصور عمومی این است که غذا تأثیر مستقیمی بر سلامت فرد دارد. ماده‌ی کاربردی در غذاها می‌تواند از افزودن مواد شیمیایی گیاهی مختلف مانند آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها، فیبرها به عنوان مواد پری‌بیوتیک حاصل شود، همچنین می‌تواند سلول‌های زنده‌ی میکروارگانیسم‌های مفید تحت عنوان پروبیوتیک باشد. پروبیوتیک‌ها به طور دقیق به عنوان باکتری‌های زنده‌ای توصیف شده‌اند که در صورت عرضه به نسبت کافی، می‌توانند با حفظ تعادل میکروارگانیسم‌ها در دستگاه گوارش انسان (GIT)، جلوگیری از بیماری‌های مختلف و تقویت سیستم ایمنی میزبان، مزایای سلامتی را فراهم کنند (Palanivelu et al., 2022). شواهد حاصل از مطالعات علمی نشان داده‌اند که سویه‌های پروبیوتیک تأثیر مفیدی در برابر اختلالات مختلف مانند بیماری‌های دستگاه گوارش، واژینوز باکتریایی و عفونت‌های دستگاه ادراری دارند. پروبیوتیک‌ها در مهار پاتوژن‌های روده‌ای، حفظ نفوذپذیری روده، تعدیل سیستم ایمنی، کاهش التهاب، کاهش عدم تحمل لاکتوز، افزایش تحرک روده و کاهش غلظت کلسترول نقش دارند. زنده ماندن و میزان دوز پروبیوتیک‌ها در طول ذخیره‌سازی و رساندن، پارامترهای مهمی برای اثربخشی پروبیوتیک بوده و مواد پری‌بیوتیک تاثیر قابل توجهی در این امر دارد (Wang et al., 2022).

پروبیوتیک‌ها سموم بیگانه‌زیست‌زا و آلاینده‌های محیطی را سم‌زدایی می‌کنند، مایکوتوکسین‌های موجود در غذاها را زیست‌تبدیل می‌کنند، ویتامین K، ریبوفلاوین و فولات را سنتز می‌کنند و فیبر هضم نشده به عنوان ماده پری‌بیوتیک را در روده بزرگ تخمیر می‌کنند (Latif et al., 2023). علاوه بر این، جزء پری‌بیوتیک به عنوان یک منبع انرژی درجا می‌تواند رشد باکتری‌های پروبیوتیک را در روده حفظ کند، که باعث افزایش میزان کلونیزاسیون پروبیوتیک‌ها می‌شود (Khanjani et al., 2024). با توجه به فواید پری‌بیوتیک‌ها در بهبود عملکرد پروبیوتیک‌ها، توجه فزاینده‌ای به کاربرد گیاهان دارویی به عنوان ماده پری‌بیوتیک در صنایع غذایی و دارویی معطوف شده است. برخی از این محصولات غذایی در واقع به عنوان مکمل‌های غذایی نیز استفاده می‌شوند. مشاهده شده است که غذاهای تخمیری با تبدیل سوبستراها و تولید محصولات نهایی زیست فعال و زیست فراهم، جنبه‌های عملکردی و تغذیه‌ای را افزایش داده‌اند. مصرف تقریبی 10^9 واحد تشکیل دهنده کلونی (CFU) در روز به عنوان دوز مؤثر پروبیوتیک‌ها مشخص شده است. با در نظر گرفتن دوز مؤثر، پری‌بیوتیک‌ها و پروبیوتیک‌ها توسط صنایع غذایی در بسیاری از غذاها مانند نوشیدنی‌ها، بستنی، ماست، نان و بسیاری دیگر گنجانده شده‌اند (Latif et al., 2023).

مواد و روش‌ها

این مقاله مروری، با مطالعه منابع معتبر، عملکرد و خواص سلامتی‌بخشی پری‌بیوتیک‌ها و پروبیوتیک‌ها و ارتباط آن‌ها با صنعت غذا مورد بررسی قرار گرفته است.

مکانیسم‌های عمل پروبیوتیک‌ها بر سلامتی

پروبیوتیک‌ها از طریق مکانیسم‌های اصلی مانند حذف رقابتی عوامل بیماری‌زا، بهبود عملکرد سد روده، تعدیل سیستم ایمنی در بدن میزبان و تولید انتقال‌دهنده‌های عصبی پتانسیل مثبتی بر بدن انسان اعمال کرده‌اند. همچنین با تولید موادی مانند اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه (SCFA)، اسیدهای آلی، پراکسید هیدروژن و باکتریوسین‌ها به عنوان عوامل ضد میکروبی عمل کرده و در نتیجه باکتری‌های بیماری‌زا را در روده کاهش داده‌اند. علاوه بر این، پروبیوتیک‌ها با تحریک تولید پروتئین‌های موسین، تنظیم بیان پروتئین‌های اتصال محکم، از جمله مسدودکننده و کلودین، تنظیم پاسخ ایمنی در روده، عملکرد سد روده را بهبود بخشیده‌اند. این مواد پاسخ ایمنی ذاتی و اکتسابی را تنظیم کرده و سلول‌های دندریتیک (DC)، ماکروفاژهای B و لنفوسیت‌های T را تعدیل کرده و تولید سیتوکین‌های ضدالتهابی را در حین تعامل با سلول‌های اپیتلیال روده و جذب ماکروفاژها و سلول‌های تک‌هسته‌ای افزایش داده‌اند. علاوه بر این، پروبیوتیک‌ها می‌توانند از طریق محور روده-مغز، انتقال‌دهنده‌های عصبی را در روده تولید کنند. گونه‌های خاص پروبیوتیک سطح سروتونین، گاما آمینوبوتیریک اسید (GABA) و دوپامین را تعدیل کرده و بر خلق و خو، رفتار، تحرک روده و مسیرهای مرتبط با استرس تأثیر گذاشته‌اند. بنابراین پروبیوتیک‌ها می‌توانند در درمان برخی بیماری‌ها را تاثیرگذار باشند.

پروبیوتیک‌ها به عنوان یک ماده کمکی برای انواع مختلف سرطان‌ها براساس پتانسیل آن‌ها در تعدیل فلور روده و افزایش ایمنی موضعی و سیستماتیک مورد استفاده قرار گرفته‌اند تا از شروع، پیشرفت و متاستاز تومورهای قابل پیوند یا القا شده توسط مواد شیمیایی جلوگیری کنند. این باکتری‌ها می‌توانند به عنوان ابزاری مؤثر برای کاهش سطح کلسترول خون مورد استفاده قرار گیرند. مکانیسم مستقیم شامل مهار سنتز مجدد کلسترول توسط عوامل هیپوکلسترولمی مانند اسید اوریک، لاکتوز، اسید اوروتیک و پروتئین آب پنیر و همچنین کاهش جذب روده‌ای کلسترول غذایی به سه

روش جذب، اتصال و تجزیه است. مکانیسم غیرمستقیم برای کاهش کلسترول توسط پروبیوتیک‌ها، دکونژوگه کردن نمک‌های صفراوی از طریق تولید هیدرولاز نمک صفراوی (BSH) است. شناخته شده‌ترین تاثیر پروبیوتیک‌ها بر روده است. اصلاح میکروفلور روده را می‌توان با تجویز آنتی‌بیوتیک‌ها، پروبیوتیک‌ها، پری‌بیوتیک‌ها انجام داد. اختلال در تعادل دقیق میکروفلور (Eubiosis)، منجر به اختلالات بالینی حاد و مزمن مانند اسهال مرتبط با آنتی‌بیوتیک (AAD)، زخم معده، بیماری التهابی روده (IBD) و سندرم روده تحریک‌پذیر (IBS) می‌شود (Latif et al., 2023).

کاربرد پروبیوتیک‌ها در صنایع غذایی

آگاهی عمومی از مسائل مربوط به رژیم غذایی و شواهد روزافزون در مورد فواید پروبیوتیک‌ها برای سلامتی، علاقه مصرف‌کنندگان به غذاهای پروبیوتیک را افزایش داده است. باکتری‌های اسید لاکتیک در محصولات لبنی به افزایش ماندگاری محصولات تخمیری کمک کرده است. این باکتری‌ها به عنوان عوامل ضد میکروبی در برابر بسیاری از عوامل بیماری‌زای موجود در بدن انسان عمل کرده و در نتیجه سلامت انسان را بهبود داده‌اند. امروزه، محصولات لبنی مبتنی بر پروبیوتیک به دلیل اثرات مفید بر سلامتی، مانند کمک به جذب مواد معدنی در بدن، موثر بودن در برابر عفونت هلیکوباکتر پیلوری و جلوگیری از اسهال و یبوست، به عنوان محصولات ایمن و سالم توصیه شده‌اند (Fantinanto et al., 2019). آب‌میوه‌های غنی‌شده با پروبیوتیک‌ها به عنوان روشی منحصر به فرد و مناسب در صنعت نوشیدنی‌های پروبیوتیک گزارش شده است. به دلیل محیط‌های نامطلوب که پروبیوتیک‌ها در نوشیدنی‌ها با آن مواجه می‌باشند، ماندگاری پروبیوتیک‌ها در غذاهای غیرلبنی در مقایسه با مکمل‌های غذایی کوتاه‌تر است. تولیدکنندگان باید عوامل زیادی را در تولید آب‌میوه‌های پروبیوتیک، مانند pH، دما، آنتوسیانین‌ها و از همه مهم‌تر، شکل رویشی پروبیوتیک‌ها در نظر بگیرند. طی یک تحقیق، از دانه‌های کفیر آب برای تخمیر آب پنیر سویا (یک محصول جانبی توفو) جهت تهیه یک نوشیدنی کاربردی استفاده شد؛ که پس از ۲ روز تخمیر، محتوای پلی‌فنول و خواص آنتی‌اکسیدانی به طور قابل توجهی افزایش و خواص ضد فشار خون، آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی نوشیدنی نیز بهبود یافت. نوشیدنی تهیه شده از آرد ارزن جوانه زده و عصاره جو در مطالعه دیگری با *L. acidophilus* تیمار شد و مشخص شد که در کنترل بیماری‌زایی ناشی از شیگلا در مدل‌های موش مؤثر است (Latif et al., 2023).

گیاهان دارویی به عنوان ماده پری‌بیوتیک

پری‌بیوتیک‌ها مواد غذایی غیرقابل هضم می‌باشند که به عنوان مکمل‌های ایمن و سازگار با محیط زیست طبقه‌بندی شده‌اند و از مواد طبیعی مانند گیاهان، جلبک‌ها یا مخمرها مشتق می‌شوند. پری‌بیوتیک‌ها، با تحریک انتخابی رشد و کلونیزاسیون یک یا تعداد محدودی از باکتری‌ها در روده، موجب بهبود وضعیت و سلامت میزبان می‌شوند. در میان تعداد زیادی از پری‌بیوتیک‌های مورد استفاده در تغذیه حیوانات، اینولین، فروکتوالیگوساکارید (FOS)، مانان الیگوساکارید (MOS) و ایزومالتوالیگوساکارید (IMO) اثرات مفیدی را در چندین گونه آبزی پرورشی نشان داده‌اند. این ترکیبات همچنین به عنوان بخشی از سین‌بیوتیک‌ها برای بهبود رشد و وضعیت میگوهای پرورشی استفاده شده‌اند (Khanjani et al., 2024). اگرچه اکنون محصولات غذایی مختلفی به عنوان محصول دارای خواص پری‌بیوتیک شناخته شده‌اند، اما چندین مورد دیگر، مانند بادام، کنگر فرنگی، جو، دانه‌های چیا، کاسنی، سبزی قاصدک، دانه‌های کتان، سیر و جو دوسر، به عنوان غذاهای کاربردی مورد بررسی و استفاده قرار گرفته‌اند. با توجه به فواید این پری‌بیوتیک‌ها در جذب مواد معدنی، تولید متابولیت‌ها، تعدیل میکروبیوتای روده و در بیماری‌های مختلف مانند دیابت، آلرژی، اختلالات متابولیک و انتروکولیت نکروزان، افزایش بازدهی باکتری‌های پروبیوتیک، توجه فزاینده‌ای

به کاربردهای پری‌بیوتیک‌ها در صنایع غذایی و دارویی معطوف شده است (Hui Goh et al., 2022). جالب توجه است، طی یک تحقیق، یک پری‌بیوتیک استخراج شده از قارچ شاه صدفی، تکثیر *L. plantarum* را افزایش داده اما رشد باکتری‌های بیماری‌زا مانند *V. parahaemolyticus*، *V. harveyi* و *V. alginolyticus* را تحریک نکرده است (Khanjani et al., 2024). بنابراین، پری‌بیوتیک‌ها می‌توانند تکثیر میکروب‌های همزیست را که می‌توانند مانع از کلونیزاسیون باکتری‌های بیماری‌زا شوند، تقویت کنند. مطالعات اثبات کرده‌اند که ایزومالتوالیگوساکاریدها می‌توانند تکثیر بیفید و باکتری‌ها را تحریک کنند و از این بعد قابلیت لازم برای تحقیقات بیشتر را دارا می‌باشند (Khanjani et al., 2024).

نتایج و بحث

پروبیوتیک‌ها برای بهبود تعادل میکرواکولوژیکی در قسمت‌های مختلف بدن، به ویژه در دستگاه گوارش، استفاده شده‌اند. برای بهبود عملکرد پروبیوتیک‌ها حضور مواد پری‌بیوتیک الزامی است. چراکه مواد پری‌بیوتیک انرژی لازم برا فعالیت پروبیوتیک‌ها را تامین می‌کنند. با توجه به خواص برجسته پری‌بیوتیک‌ها و پروبیوتیک‌ها، در حال حاضر این مواد به عنوان مکمل‌های غذایی تجویز می‌شوند. شواهد حاصل از کارآزمایی‌های بالینی مستند نشان داده است که پری‌بیوتیک‌ها و پروبیوتیک‌ها می‌توانند به طور بالقوه اختلالات مختلف دستگاه گوارش و سایر اختلالات را تسکین دهند. برای آشکار کردن اثر هم افزایی پری‌بیوتیک‌ها بر پروبیوتیک‌ها و تعیین اثرات آن‌ها بر سیستم ایمنی انسان، به آزمایش‌های بالینی مداوم و تکرارپذیر نیاز است تا برای تولید غذاهای کاربردی جدید جهت ارتقاء سلامت انسان به طور گسترده به کار گرفته شوند. بررسی حاضر، کارایی و پتانسیل استفاده پری‌بیوتیک‌ها را به عنوان محرک‌های رشد پروبیوتیک‌ها، تاثیر عملکرد این مواد برای افزایش فواید سلامت‌بخشی مواد غذایی برجسته کرده است.

منابع

Fantinato, V., Camargo, H. R., & Sousa, A. L. O. P. D. (2019). Probiotics study with Streptococcus salivarius and its ability to produce bacteriocins and adherence to KB cells. *Revista de Odontologia da UNESP, 48, e20190029.*

Goh, J. X. H., Tan, L. T. H., Law, J. W. F., Ser, H. L., Khaw, K. Y., Letchumanan, V., ... & Goh, B. H. (2022). Harnessing the potentialities of probiotics, prebiotics, synbiotics, paraprobiotics, and postbiotics for shrimp farming. *Reviews in Aquaculture, 14(3), 1478-1557.*

Latif, A., Shehzad, A., Niazi, S., Zahid, A., Ashraf, W., Iqbal, M. W., ... & Korma, S. A. (2023). Probiotics: mechanism of action, health benefits and their application in food industries. *Frontiers in microbiology, 14, 1216674.*

Khanjani, M. H., Mozanzadeh, M. T., Gisbert, E., & Hoseinifar, S. H. (2024). Probiotics, prebiotics, and synbiotics in shrimp aquaculture: Their effects on growth performance, immune responses, and gut microbiome. *Aquaculture Reports, 38, 102362.*

Palanivelu, J., Thanigaivel, S., Vickram, S., Dey, N., Mihaylova, D., & Desseva, I. (2022). Probiotics in functional foods: survival assessment and approaches for improved viability. *Applied Sciences, 12(1), 455.*

Wang, G., Chen, Y., Xia, Y., Song, X., & Ai, L. (2022). Characteristics of probiotic preparations and their applications. *Foods, 11(16), 2472.*

Synergistic effect of medicinal plants, prebiotics and probiotic bacteria

Maryam Khosh Manzar[1]*, Reza Teymuri[1], Naser Fardini[1]
1. Food Industry Department, Applied Scientific Training Center, Shirin Asal Food Industry Department, East Azerbaijan Province, Tabriz
*Corresponding Author: pazhouhesh@uast-sha.ir

Abstract

Food is no longer just for nutrition. Consumers expect to receive health benefits from their daily meals. Probiotics, such as lactic acid bacteria, are non-pathogenic microbes that, when consumed in sufficient quantities, provide health benefits to the host. Probiotics affect human health through mechanisms of competitive elimination of pathogens for adhesion sites, improvement of the intestinal mucosa, intestinal immunity, and synthesis of neurotransmitters. This review introduces medicinal plants as prebiotics and is rooted in the effect of homobiotics on probiotic bacteria. Given the use of probiotics in modulating the intestinal microbiota and weakening the immune system, probiotics can be used as an adjuvant in hypertension, high cholesterol, cancer, and diseases of the digestive system and are used in the dairy, beverage, and cooking industries. To improve the efficiency of probiotics in the health field, plant prebiotics such as chicory, chia seeds, flax seeds and are recommended. Thus, probiotics can be used directly in the food processing industry in synergy with prebiotics.

Keywords: Probiotics, Prebiotics, Health, Medicinal Plants, Microorganisms

پتانسیل تغذیه‌ای، درمانی و دارویی صمغ‌های گیاهی

مریم خوش‌منظر*[۱]، محمدحسن فرجی[۱]، وحید مددی‌سرای[۱]

۱- گروه صنایع غذایی، مرکز آموزش علمی کاربردی گروه صنایع غذایی شیرین عسل، واحد استان آذربایجانشرقی، تبریز

*نویسنده مسئول: pazhouhesh@uast-sha.ir

چکیده

در سال‌های اخیر، استخراج، فرآوری و کاربرد صمغ‌های خوراکی در بخش غذا و مراقبت‌های بهداشتی به شدت افزایش یافته است. صمغ‌ها گروه بزرگی از پلی‌ساکاریدها و مشتقات آن‌ها بوده که قادرند با جذب آب، محلول‌هایی با ویسکوزیته بالا در غلظت‌های پایین تولید کنند. صمغ‌ها از منابع مختلفی مانند گیاهان، درختان، حیوانات، میکروارگانیسم‌ها و جلبک‌های دریایی مشتق شده‌اند و معمولاً برای انجام عملکردهای خاصی از جمله اصلاح رئولوژی، تشکیل ژل، پایداری، کپسوله‌سازی و جایگزینی چربی کاربرد دارند. تعامل منحصر به فرد صمغ‌های خوراکی با مولکول‌های غذایی، دستیابی به ویژگی‌های مطلوب محصولات غذایی خاص متعلق به بخش‌های مختلف را ممکن ساخته است. این بررسی درک جامعی از طبقه‌بندی و توصیف صمغ‌های گیاهی به عنوان گیاه دارویی و کاربردهای آن‌ها در صنعت غذا و تاثیر این صمغ‌ها بر سلامتی را ارائه داده است.

واژه‌های کلیدی: صمغ، صنعت غذا، گیاهان دارویی، ویسکوزیته

مقدمه

بررسی مواد اولیه غذایی پایدار و ارتقای سلامت انسان دو چالش اصلی بوده که جهان در حال حاضر با آن مواجه است. بنابراین، نه تنها تغذیه جمعیت رو به رشد بشر، بلکه حفظ یا بهبود شرایط سلامتی آن‌ها نیز بسیار مهم است. هیدروکلوئیدهای طبیعی که با عنوان صمغ نیز شناخته شده‌اند؛ دسته بزرگی از پلیمرهای آبدوست می‌باشند که از دو گروه اصلی، پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها، تشکیل شده‌اند. یکی از ویژگی‌های مشترک این ترکیبات، توانایی آن‌ها در تشکیل محلول‌های آبی کلوئیدی با افزایش ویسکوزیته بوده که ناشی از درهم‌تنیدگی زنجیره‌های نامنظم پلیمری با افزایش غلظت صمغ‌های خوراکی در محلول است. توانایی حاصل از تغییر بافت و ویسکوزیته، دلیل استفاده طولانی مدت از صمغ‌ها در صنایع غذایی برای عملکردهای مختلف، از جمله ژل‌سازی، غلیظ‌سازی، تثبیت کف‌ها، امولسیون‌ها، پراکندگی‌ها و همچنین تسهیل آزادسازی کنترل‌شده طعم است. در واقع، کاربرد معمول صمغ‌ها عمدتاً به توانایی آن‌ها در تنظیم رئولوژی و بافت سیستم‌های غذایی متکی است (Pak et al., 2023). به عنوان مثال، نشاسته در سوپ‌ها و سس‌ها برای تغییر ویسکوزیته و افزایش غلظت و پکتین به دلیل توانایی آن در تشکیل ژل با بافت دلخواه، به طور گسترده در تولید مربا و ژله کاربرد دارد (Liao et al., 2021). با این حال، صمغ‌های طبیعی نه تنها موجب بهبود خواص فیزیکوشیمیایی مواد غذایی را شده است، بلکه به طور قابل توجهی بر ارزش غذایی کل سیستم تأثیر گذاشته و به طور گسترده در رساندن مواد زیست فعال، جایگزینی چربی، کاهش نمک، کاهش گلیسمی و مهار خطرات ایمنی در مواد غذایی مورد استفاده قرار گرفته است. علاوه بر این، صمغ‌های خوراکی سیری را افزایش داده، شاخص گلیسمی را

تعدیل کرده و سلامت روده بزرگ را تنظیم و حفظ کرده‌اند. همچنین، به دلیل خواص ضد سرطانی، ضد التهابی، آنتی‌اکسیدانی و تعدیل‌کننده سیستم ایمنی، در کاربردهای پزشکی نیز به کار گرفته شده‌اند (Kadirvel et al., 2023).

مواد و روش‌ها

این مقاله با مطالعه منابع معتبر، به بررسی انواع صمغ‌های خوراکی با منشا گیاهی پرداخته و کاربرد صمغ‌های طبیعی در صنعت غذا و تاثیر آن‌ها بر سلامتی را مورد مطالعه قرار داده است.

انواع صمغ خوراکی با منشا گیاهی

صمغ‌های خوراکی مشتق از گیاه بر اساس تکنیک تولید به ترشحات صمغ، صمغ‌های دانه‌ای و غده‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. صمغ عربی، صمغ گاتی، صمغ بادام هندی و صمغ کتیرا چند نمونه از صمغ‌های ترشحی می‌باشند. صمغ عربی، مایعی ترشح شده از گونه‌های درخت آکاسیا، با واحدهای تکرارشونده پلی‌ساکاریدهایی مانند آرابینوز، گلوکورونیک اسید و رامنوز است. این صمغ به عنوان یک عامل تثبیت‌کننده ژل‌کننده در فرمولاسیون‌های غذایی شناخته شده و در چندین فرآورده دارویی برای درمان بیماری‌هایی مانند سرفه و عفونت‌های گلودرد مورد استفاده قرار گرفته است. صمغ گاتی، مایعی ترشح شده از درخت آنوژسیس لاکتیفولیا، دارای خواص امولسیون‌سازی بیشتر بوده و پایداری امولسیون تهیه شده را در مقایسه با سایر صمغ‌های طبیعی در بخش‌های مشابه حفظ کرده است. صمغ بادام هندی به دلیل پروتئین و فیبر غذایی نسبتاً قابل توجه و همچنین مقدار کمی مواد معدنی، ماده مناسبی برای فرمولاسیون محصولات غذایی کاربردی است. صمغ کتیرا، یک پلی‌ساکارید آنیونی به دست آمده از گونه‌های گون است که یک غلیظ‌کننده و امولسیفایر عالی، دارای پایداری حرارتی و حلالیت بالقوه است. صمغ‌های استخراج شده از دانه‌ها، شامل صمغ گوار، صمغ تارا، صمغ خرنوب و صمغ دانه کتان می‌باشد. صمغ گوار، مخزنی از پلی‌ساکاریدها، به عنوان عوامل اتصال، لخته‌سازی، غلیظ‌کننده و امولسیون‌کننده، شناخته شده و امولسیون‌کنندگی عالی آن، امکان گنجاندن این صمغ به عنوان یک ماده در فرمولاسیون مواد غذایی را فراهم کرده است. صمغ تارا از آندوسپرم دانه‌های متعلق به اسپینوسا کاسالپینیا، استخراج می‌شود و در اصلاح و تثبیت رئولوژی ترکیب محصول غذایی کاربرد دارد. صمغ دانه کتان از بیرونی‌ترین لایه پوسته دانه کتان به عنوان یک محصول جانبی استخراج روغن مشتق شده و منبع خوبی از پریبیوتیک‌ها بوده که به محافظت از باکتری‌ها در دستگاه گوارش معروف است. صمغ دانه خرنوب یک پلی‌ساکارید با وزن مولکولی بالا است که به عنوان یک افزودنی غذایی طبیعی به طور گسترده پذیرفته شده و در فرمولاسیون‌های مبتنی بر نشاسته کاربرد دارد. صمغ مانان کونیاک یک پلی‌ساکارید محلول در آب با وزن مولکولی بالا بوده و با واحدهای تکرارشونده گلوکز و مانوز شناسایی شده است. این صمغ یک عامل غلیظ‌کننده، ژل‌کننده و امولسیون‌کننده عالی است (Pak et al., 2023).

کاربرد صمغ‌های خوراکی در بخش‌های مختلف غذایی

موادغذایی پخته شده مانند نان، بیسکویت، کراکر، کیک و کلوچه برای ارائه محصولات با کیفیت بالا و ماندگاری بالا، به صمغ‌های خوراکی مانند صمغ زانتان، صمغ گوار، صمغ دانه خرنوب نیاز دارند. استفاده از صمغ‌های خوراکی در محصولات پخته‌شده، با افزایش حجم و تخلخل نان، کیفیت حسی آن را حفظ کرده و همچنین رتروگراداسیون نشاسته و بیاتی را در طول مدت ماندگاری به حداقل رسانده و پذیرش مصرف‌کننده را افزایش داده است. هدف از استفاده از صمغ‌های خوراکی در شیرینی‌سازی به حداقل رساندن وقوع پدیده‌های مخرب کیفیت مانند تجمع چربی و قند است.

صمغ‌های خوراکی به عنوان پوشش، لعاب و جذب‌کننده در شکلات‌ها عمل کرده تا جنبه‌های زیبایی‌شناختی را غنی‌تر سازند. صمغ‌های خوراکی موجب حفظ رطوبت در آدامس شده تا نرمی، حجم و بافت مطلوب را برای محصول نهایی فراهم کنند. صمغ عربی، صمغ کتیرا، آگار نیز به طور موثری در محصولات شیرینی‌پزی مانند شکلات برای تثبیت سوسپانسیون از طریق بهینه‌سازی ویسکوزیته و همچنین کاهش کشش سطحی بین فاز روغن و آب امولسیون کاربرد دارد. صمغ عربی، صمغ زانتان اغلب در نوشیدنی‌ها به عنوان امولسیفایر، تثبیت‌کننده، غلیظ‌کننده و حجم‌دهنده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. خواص رئولوژیکی نوشیدنی بر درک طعم، میزان کدورت، قابلیت نوشیدن، طعم و مزه و احساس کلی دهانی تأثیرگذار است. صمغ‌های خوراکی توزیع یکنواخت اندازه ذرات و چگالی حجمی نوشیدنی‌های پودری را افزایش داده و موجب افزایش حلالیت پودر شده است. حفظ ترکیبات بسیار حساس مانند ویتامین C در طول خشک کردن در دمای بالا حاصل شده، زیرا صمغ‌های خوراکی قادر به ایجاد یک سد محافظ در اطراف جزء حساس می‌باشند. برای افزایش کیفیت محصولات لبنی، صمغ‌های خوراکی مانند صمغ عربی، صمغ گوار، صمغ خرنوب، صمغ مانان کونژاک اغلب مورد استفاده قرار گرفته‌اند. هدف اصلی ترکیب صمغ‌های خوراکی، افزایش ماندگاری نوشیدنی‌های مبتنی بر شیر از طریق تثبیت ذرات پروتئین، کاهش تجمع میسل‌های کازئین و حفظ چندین جامد نامحلول معلق است. هنگامی که pH شیر اسیدی شده به زیر ۵ کاهش می‌یابد، پروتئین‌ها ناپایدار شده و منجر به مشکلاتی مانند لخته شدن و رسوب می‌شوند که صمغ‌های خوراکی با تثبیت ساختارهای پروتئینی به مقابله با این امر کمک کرده‌اند (Kadirvel et al., 2023).

کاربرد صمغ‌های خوراکی برای خواص ایمنی تغذیه‌ای

نمک نه تنها یک عامل کلیدی در ایجاد شوری در غذا است، بلکه به عنوان یک کمک کننده در فرآوری، کنترل فعالیت آب و بهبود بافت غذاها نیز شناخته شده است. اما مصرف بیش از حد سدیم خطر فشار خون بالا را افزایش داده است. در سیستم غذایی، حجم فاز آبگریز و ناحیه توزیع نمک تأثیر قابل توجهی بر درک شوری دارد. بنابراین، می‌توان با تنظیم ساختار و ترکیب ماتریس، کنترل عملکرد پردازش، افزایش بی‌ثباتی سطح مشترک و افزایش استفاده هم‌افزایی از طعم‌های متعدد و درک شوری را افزایش داد. صمغ‌های غذایی یک سیستم پراکندگی مخلوط بوده که می‌توانند به طور مؤثر انتقال و آزادسازی مواد فعال زیستی را کنترل کنند. استفاده از صمغ‌ها برای بازسازی ساختار غذا، آزادسازی نمک را کاهش و درک شوری را افزایش داده و در نهایت به هدف "کاهش نمک بدون کاهش شوری" در غذا دست یافته است. مطالعات نشان داده‌اند، که مقادیر زیادی صمغ عربی، بدون کاهش درک شوری، میزان نمک نوشیدنی‌های دوغ و سس مایونز را تقریباً ۳۰٪ کاهش داده است. محققان حدس زدند که صمغ عربی، به عنوان یک پلی‌ساکارید نفوذپذیر به مخاط، مانع موسین را برای تسهیل ورود یون‌های سدیم به گیرنده‌های چشایی در حفره دهان به حداقل رسانده و در نتیجه موجب افزایش درک شوری شده است (Gao et al., 2024). همچنین در فرآیند توسعه غذاهای کم قند خون، شاخص قند خون یک پارامتر مهم توصیف است. دو مسیر اصلی برای توسعه غذاهای کم قند خون وجود دارد که شامل تغییر محتوای و کنترل سرعت تجزیه کربوهیدرات‌ها در غذا است؛ که افزودن صمغ‌ها موجب بهبود رتروگراداسیون تأخیری نشاسته شده است. همچنین، مطالعات اثبات کرده است که مصرف آمیلوز با محتوای بالا برای سرکوب سطح قند خون در غذاها مفید بوده که کونژاک گلوکومانان رتروگراداسیون کوتاه‌مدت و بلندمدت آمیلوز را مهار کرده و این امر عمدتاً به آب‌دوستی بالای کونژاک گلوکومانان نسبت داده شده است. اطلاعات زیادی وجود دارد که اثبات کرده‌اند صمغ‌ها در دستگاه گوارش انسان بر مکانیسم پیشگیری از دیابت تاثیر دارند (Zeng et al., 2024).

چربی‌ها نیز نقش مهمی در ایجاد بافت و طعم غذا دارند. به شکل ذرات کلوئیدی (قطرات چربی) در شیر یا خامه وجود داشته و می‌تواند ویسکوزیته و درک طعم خامه را افزایش دهد. چربی همچنین می‌تواند با تشکیل یک شبکه سه بعدی از کریستال‌های چربی، بافت غذاهای جامد مانند نان، کیک و کلوچه را بهبود بخشد. با این حال، مصرف بیش از حد چربی‌ها (به ویژه چربی‌های اشباع و ترانس) خطر ابتلا به مجموعه‌ای از بیماری‌های مزمن را افزایش می‌دهد. کاهش چربی در صنایع غذایی موجب کاهش کیفیت بافت و نرمی محصول شده اما صمغ‌ها با تشکیل سیستم‌های کلوئیدی بدون روغن و سیستم‌های روغنی ساختار یافته، خواص چربی را به شکل ذرات کلوئیدی، امولسیون‌های فاز داخلی بالا، اولئوژل‌ها و ژل‌های امولسیون شبیه‌سازی کرده و می‌توانند با سایر پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، پلی‌فنول‌ها، لیپیدها و سایر اجزا تعامل داشته باشند تا خواص فیزیکوشیمیایی کلوئیدهای پلی‌ساکاریدی را افزایش دهند که به نوبه خود موجب بهبود کیفیت غذاهای کم‌چرب شده است. گزارشات ثابت کرده‌اند که استفاده از ترکیبی از هیدرولیزات پروتئین سویا و صمغ زانتان برای جایگزینی ۵۰٪ از چربی موجود در بستنی، منجر به محصولی شده که از نظر ظاهر، طعم و بافت بسیار شبیه بستنی پرچرب است (Jiang et al., 2022).

نتایج و بحث

افزودن صمغ‌ها نه تنها ویژگی‌های عملکردی و حسی غذا را بهبود داده، بلکه مزایای تغذیه‌ای مفیدی نیز برای سلامت دارد. صمغ‌های خوراکی دارای گروه‌های عاملی شیمیایی و خواص بیولوژیکی متنوعی بوده که امکان آزادسازی کنترل‌شده و مؤثر مواد فعال زیستی را فراهم کرده و این امر راه‌های جدیدی را برای بررسی مکانیسم‌های تنظیمی کلوئیدهای آبدوست بر کیفیت غذا باز کرده است (Gao et al., 2024). افزودن صمغ‌های خوراکی با حفظ کیفیت، یکپارچگی شیمیایی و ساختاری، عمر مفید محصول غذایی را افزایش داده و به عنوان یک جزء حیاتی در توسعه محصولات جدید، صنعت غذا را متحول کرده تا محصولات غذایی مخصوص رژیم غذایی، بدون گلوتن، کم‌کالری و کم‌چرب با مشخصات حسی مشابه محصولات سنتی تولید کند. صمغ‌های خوراکی مشتق شده از منابع طبیعی توسط FAO به عنوان GRAS تأیید شده‌اند که ثابت شده در مقایسه با افزودنی‌های غذایی مصنوعی، برای مصرف انسان به طور قابل توجهی کم‌خطرتر و بسیار ایمن‌تر می‌باشند. انتظار می‌رود صمغ‌های خوراکی مصرف محصولات غذایی با خواص ارتقا دهنده سلامت و ارزش غذایی بالا را افزایش دهند (Kadirvel et al., 2023).

منابع

Gao, Y., Liu, R., Liang, H. (2024). Food Hydrocolloids: Structure, Properties, and Applications. *Foods, 13(7), 1077.*

Jiang J., Zongo A.W.-S., Geng F., Li J., Li B.(2022). Effect of Ethanol on Preparation of Konjac Emulgel-Based Fat Analogue by Freeze-Thaw Treatment. *Foods, 11, 3173.*

Kadirvel, V., Narayana, G.P. (2023). Edible gums—An extensive review on its diverse applications in various food sectors. *Food Bioengineering, 2(4), 384-405.*

Liao, Y. C., Chang, C. C., Nagarajan, D., Chen, C. Y., & Chang, J. S. (2021). Algae-derived hydrocolloids in foods. *applications and health-related issues. Bioengineered, 12(1), 3787–3801.*

Pak, A., Nelyubina, Y., Novikov, V. (2023). Natural hydrocolloids as biocompatible composite materials for food applications. *Russian Chemical Reviews, 94(5), 1468-4837.*

Zeng F., Hu Z., Yang Y., Jin Z., Jiao A. (2024). Regulation of baking quality and starch digestibility in whole wheat bread based on β-glucans and protein addition strategy: Significance of protein-starch-water interaction in dough. *Int. J. Biol. Macromol.256, 128021.*

Nutritional, therapeutic and medicinal potential of plant gums

Maryam Khosh Manzar[1]*, Mohammd Hasan Faraji[1], Vahid Madadi Saray[1]
1. Food Industry Department, Applied Scientific Training Center, Shirin Asal Food Industry Department, East Azerbaijan Province, Tabriz
*Corresponding Author pazhouhesh@uast-sha.ir

Abstract

In recent years, the extraction, processing and application of edible gums in the food and healthcare sectors have increased dramatically. Gums are a large group of polysaccharides and their derivatives that are capable of producing high-viscosity solutions at low concentrations by absorbing water. Gums are derived from various sources such as plants, trees, animals, microorganisms and seaweeds and are usually used to perform specific functions such as rheology modification, gel formation, stability, encapsulation and fat replacement. The unique interaction of edible gums with food molecules has made it possible to achieve desirable properties for specific food products belonging to different sectors. This review has provided a comprehensive understanding of the classification and characterization of plant gums as medicinal plants and their applications in the food industry and the impact of these gums on health.

Keywords: Gum, Food Industry, Medicinal Plants, Viscosity

دانه کاکائو به عنوان یک ماده مغذی در تامین سلامت و امنیت بخشی غذایی

مریم خوش‌منظر*[۱]، مهدی ایمان‌پور[۱]، سعید عبادپور[۱]

۱- گروه صنایع غذایی، مرکز آموزش علمی کاربردی گروه صنایع غذایی شیرین عسل، واحد استان آذربایجان‌شرقی، تبریز

*نویسنده مسئول: pazhouhesh@uast-sha.ir

چکیده

کاکائو، ماده اصلی شکلات بوده و به عنوان یک دانه‌ی گیاهی دارای خواص سلامتی بخشی، در نظر گرفته شده است؛ زیرا منبع طبیعی مواد مغذی کلان و ریزمغذی‌ها است. کاکائو سرشار از ویتامین‌ها، مواد معدنی، فیبر، اسیدهای چرب، متیل‌زانتین‌ها و فلاونوئیدها بوده که موجب بهبود متابولیسم لیپیدها، کربوهیدرات‌ها و اجزای زیست‌فعال کاکائو شده و اثر آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدمیکروبی و فواید بی‌شماری برای سلامتی همراه دارد. مطالعات متعددی گزارش داده‌اند که مصرف کاکائو علاوه بر کاهش خطر تغییرات عروقی و اختلالات شناختی، در پیشگیری از بیماری‌های قلبی عروقی، عصبی، ایمنی، متابولیک و استخوانی نقش داشته و اثر مهاری بر رشد، چسبندگی و متابولیسم باکتری‌های پوسیدگی‌زا دارد. همچنین، مواد موثره موجود در کاکائو، قابلیت مهار فعالیت آنزیم گلیکوزیل ترانسفراز و سنتز پلی‌ساکاریدهای نامحلول را دارا می‌باشد. در مطالعه حاضر، ارزش غذایی دانه کاکائو و محصولات جانبی کاکائو به عنوان یک ماده‌ی غذایی بررسی شده و کاربردهای بالینی آن مورد مطالعه قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: دانه کاکائو، شکلات، صنعت غذا، گیاهان دارویی

مقدمه

دانه‌های کاکائو که از گیاه کاکائو (Theobroma cacao L) به دست می‌آیند، یک محصول بسیار تجاری در صنایع شیرینی‌پزی و غذایی بوده و معمولاً به صورت تخمیر شده و خشک قابل فروش است. دانه‌های کاکائو در صنایع آسیاب به محصولات مختلفی مانند نوشیدنی کاکائو، پودر کاکائو و کره کاکائو تبدیل می‌شوند (Ariefandie Febrianto et al., 2021). چهار گونه اصلی از گیاه کاکائوی تئوبروما وجود دارد: ناسیونال، کریولو، فوراسترو و ترینیتاریو. فوراسترو با حدود ۸۰ درصد تولید، شاخص‌ترین گونه در جهان است، زیرا در برابر بیماری‌ها مقاوم‌تر بوده و بهره‌وری بالاتری دارد. میوه کاکائو پوسته‌ای دارد که از سه بخش تشکیل شده است: اپیکارپ، مزوکارپ و اندوکارپ. ساختار دانه کاکائو شامل پروتئین‌ها (۱۲/۹۲ گرم)، چربی‌ها (۴۸/۱۵-۶۰/۵ گرم)، کربوهیدرات‌ها (۹/۲۳ گرم) و فیبرها (۴/۹ گرم) بوده و اسیدهای چرب اولئیک (۳۱-۳۵ گرم)، استئاریک (۳۳-۳۵ گرم)، پالمیتیک (۲۵-۲۸ گرم) و لینولئیک (۲-۳/۵ گرم) را دارا می‌باشد (Soares and Oliveira, 2022). رشد بخش کاکائو به دلیل محبوبیت، جذابیت گسترده در همه گروه‌های سنی و مزایای سلامتی درک شده آن است. کاکائو به عنوان یک گیاه دارویی منبع غنی از ترکیبات زیست فعال بوده که اثرات مفیدی بر سلامت قلب، ترشح انسولین و عملکرد مغز دارد. کاکائو هم به عنوان پودر و طعم‌دهنده و هم به صورت شکلات در صنعت غذا کاربرد دارد. مطالعات تحقیقاتی، تأثیر استفاده از شکلات را بر بیماری‌ها و شرایط متعددی از جمله پیری، فشار خون بالا، میکروبیوتای روده، سرطان، افسردگی، دیابت و بیماری آلزایمر و موارد دیگر گزارش داده‌اند. علاوه بر صنایع غذایی، گیاه کاکائو به عنوان ماده اولیه برای فرمولاسیون‌های آرایشی یا دارویی مانند روغن‌ها،

مرطوب‌کننده‌ها و محصولات کره کاکائو نیز مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به جنبه تغذیه‌ای، کاکائو دارای خواص غذایی مهمی است که به عنوان یک گزینه جذاب برای مصرف‌کنندگان در سراسر جهان شناخته می‌شود و لزوم مطالعه کاربرد کاکائو به عنوان یک گیاه دارویی و تاثیر آن بر سلامت انسان را اثبات می‌کند(Goya et al., 2022).

مواد و روش‌ها

این مقاله با مطالعه منابع معتبر، به بررسی بخش‌های مختلف دانه کاکائو پرداخته و کاربرد دانه کاکائو و بخش‌های مختلف آن را در صنعت غذا و تاثیر آن‌ها بر سلامتی مورد مطالعه قرار داده است.

ساختار فیزیکی و شیمیایی دانه کاکائو

دانه کاکائو شامل انواع مختلفی از مواد شیمیایی گیاهی است که پلی‌فنول‌ها بزرگترین گروه مولکول‌های درون دانه تخمیر نشده می‌باشند که حدود ۶ تا ۸ درصد وزنی/وزنی را به همراه ترکیبات متیل‌زانتین، عمدتاً تئوبرومین و کافئین تشکیل داده‌اند. پلی‌فنول‌ها متابولیت‌های ثانویه گیاهی بوده که از گیاهان در برابر گیاهخواران، اشعه ماوراء بنفش (UV) و آسیب پاتوژن‌ها محافظت می‌کنند. پلی‌فنول‌ها با فعالیت‌های بیولوژیکی متنوعی از جمله خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد تکثیری، ضد آپوپتوزی، ضد التهابی و ضد سرطانی مرتبط می‌باشند (Goya et al., 2022). دانه‌های کاکائو ترکیبی شامل لیپیدها، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، فیبر، مواد معدنی و اجزای زیست فعال با خواص عملکردی غنی دارند. جزء اصلی دانه‌های کاکائو، بخش لیپیدی است. کره کاکائو، که عمدتاً از لیپیدهای خنثی تشکیل شده و بخش غالب آن مولکول‌های تری‌گلیسیرید می‌باشد. اسید اولئیک، اسید استئاریک و اسید پالمیتیک اجزای اصلی کره کاکائو است. ۱۰٪ تا ۱۵٪ از وزن خشک دانه‌های کاکائو پروتئین بوده و به ترتیب از ۵۲٪ و ۴۳٪ از بخش‌های آلبومین و گلوبولین تشکیل شده است. پروتئین‌های دیگر، مانند گلوتلین‌ها و پرولامین‌ها، در غلظت‌های کمتری وجود دارند. دانه‌های کاکائو حاوی مواد محرکی مانند تئوبرومین، کافئین و تئوفیلین می‌باشد که آلکالوئیدهای پورینیک نام گرفته‌اند و بر سیستم عصبی مرکزی تأثیر دارند. مایع کاکائو خمیری است که با استفاده از دانه‌های کاکائوی آسیاب شده، کبابی، پوست کنده و تخمیر شده، به نام نیب، قابل تولید است. این مایع حاوی مواد جامد کاکائوی بدون چربی و کره کاکائو می‌باشد. کره کاکائو حاوی تعداد قابل توجهی اسید چرب بوده، در حالی که مواد جامد کاکائوی بدون چربی حاوی فیبر، مواد معدنی، ویتامین‌ها و پلی فنول‌ها می‌باشد (Amoah et al., 2023). دانه‌های کاکائو منابع فوق‌العاده غنی از بسیاری از مواد معدنی ضروری از جمله منیزیم، مس، پتاسیم، آهن و غیره دارا بوده که منیزیم موجود در دانه کاکائو، مسئول کاتالیز بسیاری از واکنش‌های بیولوژیکی، از جمله سنتز پروتئین و تولید انرژی است، در حالی که مس موجود در شکلات تلخ برای فرآیندهایی مانند انتقال آهن، متابولیسم گلوکز، رشد نوزادان و رشد مغز مورد نیاز می‌باشد. همچنین گیاه کاکائو و غذاهای مبتنی بر گیاه کاکائو حاوی مقادیر قابل توجهی ویتامین D2 است (Soars and Oliveira, 2022).

کاربردهای بالینی دانه کاکائو

سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی درون‌زا (ADS) شامل آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی است. فلاونوئیدها، اسیدهای فنولیک و پروسیانیدین‌ها به عنوان طبقات اصلی پلی‌فنول در نظر گرفته شده و دارای پتانسیل آنتی‌اکسیدانی قوی بوده که در سنجش‌های شیمیایی تأیید شده است (Ariefandie Febrianto et al., 2021). مطالعات آزمایشگاهی و مدل‌های حیوانی نشان داده‌اند که فلاونوئیدهای کاکائو، آنزیم‌هایی را که به عنوان گشادکننده عروق کرونر عمل می‌کنند، تنظیم کرده‌اند. پلی‌فنول‌ها به دلیل خواص پلیوتروپیک و تنوع ساختاری، از ارزش ترمیمی فوق‌العاده‌ای

برخوردار بوده و کاندیداهای قابل قبولی برای پیشگیری و درمان بیماری ایسکمیک قلب می‌باشند، زیرا مصرف اکسیژن میوکارد را به حداقل رسانده، موجب بهبود متابولیسم میوکارد شده، سلول‌های میوکارد باقی مانده را ایمن کرده و انقباض میوکارد را دوباره برقرار می‌کنند (Amoah et al., 2022). کاکائو به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر مسیرهای انتقال سیگنال که در مرگ نورونی و محافظت عصبی دخیل می‌باشند، تأثیر دارد. اثرات آنتی‌اکسیدانی پلی‌فنول‌های کاکائو مستقیماً بر مقاومت به انسولین تأثیر داشته و به نوبه خود، خطر ابتلا به دیابت را به حداقل رسانده‌اند. یافته‌ها نشان داده‌اند که رژیم غذایی کاکائو، تومورزایی سرطان روده بزرگ مرتبط با کولیت CAC را سرکوب کرده است. بنابراین، کاکائو ممکن است یک عامل بالقوه در پیشگیری و درمان CAC باشد. فلاونوئیدها همچنین بر متابولیسم سلول‌های استخوانی تأثیر داشته و بیان عواملی را که باعث تشکیل استخوان شده‌اند، تقویت کرده و بیان عواملی را که در تحلیل ماتریکس نقش دارند، مهار کرده است. ترکیبات زیست‌فعال موجود در کاکائو، به ویژه فلاونوئیدها و متابولیت‌های آن‌ها، یک اثر پری‌بیوتیک مهم اعمال کرده و رشد باکتری‌های مفید را به ضرر باکتری‌های بیماری‌زا افزایش داده است. این اثر تعدیلی بر ترکیب میکروبیوتا، سلامت روده را بهبود و خطر ابتلا به بیماری‌های مختلف را کاهش داده است (Moura Fideles et al., 2023). اثرات کاکائو بر میکروارگانیسم‌های دهان، عمدتاً علیه باکتری‌های پوسیدگی‌زا، توسط چندین مطالعه آزمایشگاهی بررسی شده است. این مطالعات، تأثیر عصاره کاکائو را بر چسبندگی، رشد و تشکیل بیوفیلم توسط فوزوباکتریوم نوکلئاتوم، میکروارگانیسمی که در ایجاد و پیشرفت بیماری پریودنتال و سایر آسیب‌شناسی‌ها نقش دارد، بررسی کرده و نشان داد که عصاره کاکائو، رشد و تشکیل بیوفیلم را کاهش داده و چسبندگی *F. Nucleatum* را به سلول‌های اپیتلیال دهان، به صورت وابسته به دوز، مهار کرده و ترشح سیتوکین‌های IL-6 و اینترلوکین (IL-8) توسط سلول‌های اپیتلیال دهان تحریک شده توسط *F. Nucleatum* را کاهش داده است (Soars and Oliveira, 2022).

خواص تغذیه‌ای فرآورده‌های جانبی کاکائو

پوسته کاکائو اولین و اصلی‌ترین پسماند صنعت کاکائو است که حدود ۸۰ درصد از وزن خشک میوه را تشکیل داده و ۱۴۴ پروتئین از پروتئوم آن شناسایی شده است. حدود ۴۸٪ از پروتئین‌های شناسایی‌شده، به‌طور مستقیم با متابولیسم اولیه و انرژی مرتبط است. در میان پروتئین‌های شناسایی‌شده، می‌توان آنزیم‌های لوکوآنتوسیانیدین دی‌اکسیژناز و آنتوسیانیدین ردوکتاز، پلی‌فنول اکسیداز و سینامیل الکل دهیدروژناز را برجسته کرد که در مسیر فنیل‌پروپانوئید، یعنی مسیری که مسئول تولید متابولیت‌های ثانویه است، شرکت کرده‌اند. همچنین می‌توان وجود کافئیک اسید و پلی‌فنول اکسیداز را برجسته کرد که به‌طور مستقیم با سنتز لیگنین مرتبط می‌باشند. ۴۴٪ از کل اسیدهای آمینه این پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه ضروری، عمدتاً والین، لوسین و لیزین است. پوسته کاکائو نیمی از اسیدهای آمینه با ویژگی‌های اسیدی (آسپارتیک و گلوتامیک اسید) و ویژگی‌های بازی (آرژنین و لیزین) را دارا می‌باشد. محتوای کل فیبر غذایی پوسته کاکائو بالا بوده و حدود ۶۰٪ وزن خشک است و عمدتاً از پکتین‌ها تشکیل شده است. ماده معدنی غالب در پوسته کاکائو، پتاسیم بوده که می‌تواند بین ۲/۵ تا ۷ متغیر باشد. همچنین شایان ذکر است که سایر مواد معدنی مانند: کلسیم (۰/۳-۰/۸٪)، منیزیم (۰/۰۲-۰/۰۶٪)، فسفر (۰/۰۴-۰/۱۲٪)، گوگرد (۰/۰۲٪) و سیلیکون (۰/۰۵٪) و مقادیر کمتری سدیم و آهن وجود دارد. در تحقیقات انجام شده، مشخص شد که در پوسته دانه کاکائو، دارای مقادیر قابل توجهی از ویتامین‌های B1 و B2 است. همچنین، ویتامین‌های B6 و D و E در مقادیر کم شناسایی شده‌اند. عصاره پوسته کاکائو حاوی یک عامل مهار برخی از آنزیم‌های مسئول پیری پوست است و این واقعیت می‌تواند با غلظت بالای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مرتبط بوده که شامل پروسیانیدین‌ها و کاتچین‌ها پلی‌فنول‌های

است. خمیر کاکائو، که به عنوان موسیلاژ نیز شناخته می‌شود، توده سفید رنگی است که دانه‌های کاکائو را احاطه کرده و در طول فرآیند پیش تصفیه، این توده سفید، مایعی کدر به نام آب پالپ کاکائو آزاد کرده که توسط فعالیت میکروارگانیسم‌ها (عمدتاً مخمرها و باکتری‌های اسیدوفیل) که به طور طبیعی در میوه و در محل‌های فرآوری وجود دارند، تولید شده است. این محصول جانبی پتانسیل بالایی به عنوان محیط کشت برای میکروارگانیسم‌ها در سطح صنعتی دارد. ترکیب آن غنی از قندها و مواد معدنی، بدون آلکالوئیدها و سایر مواد معدنی بوده و در این زمینه تولید نوشابه، کفیر و مربا مورد آزمایش قرار گرفته و مشخص شده است که این محصولات ارزش غذایی معادل برندهای تجاری و مقبولیت بالایی داشته‌اند(Soars and Oliveira, 2022).

نتایج و بحث

دانه کاکائو سرشار از مواد مغذی با خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی بوده و دارای خواص دارویی مانند ضد فشار خون بالا، تقویت‌کننده خلق و خو، ضد سرطان، آنتی‌اکسیدان، ضد دیابت، محافظت‌کننده قلب و غیره می‌باشد و به عنوان یک غذای کاربردی در نظر گرفته شده است. مطالعات نشان داده‌اند که عوامل زیست‌فعال موجود در ترکیب کاکائو، به ویژه فلاونوئیدها، در کاهش خطر ابتلا به اختلالات روده‌ای، قلبی عروقی، متابولیکی، عصبی، التهابی و ایمونولوژیکی و موارد دیگر نقش دارند (Moura Fideles et al., 2023). پوسته کاکائو منبع غنی از فیبر و پروتئین غذایی و همچنین ترکیبات زیست‌فعال ارزشمند مانند تئوبرومین، کافئین، فلاونوئیدها و غیره است. به دلیل ترکیبات موجود در پوسته کاکائو، می‌توان از آن به عنوان یک ماده اولیه در فرآوری مواد غذایی یا در صنایع دیگر مانند داروسازی، لوازم آرایشی یا کشاورزی استفاده کرد. کاربردهای جدید پوست کاکائو بعنوان یکی از ضایعات تولید پودر کاکائو به طور مداوم در حال افزایش بوده و ارزش اقتصادی بالایی دارد (Soars and Oliveira, 2022).

منابع

Amoah, I., Lim, J. J., Osei, O. E., Arthur, M., Conninah, J. C., Tawiah, P. (2023). Effect of Cocoa Beverage and Dark Chocolate Intake on Lipid Profile in People Living with Normal and Elevated LDL Cholesterol: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Dietetics , 2(3), 215-236*.

Amoah, I., Lim, J. J., Osei, O. E., Arthur, M., Conninah, J. C., Tawiah, P., Oduro, I. N., Aduama Larbi, M. S., Tetteh Lowor, S., Rush, E. (2022). Effect of Cocoa Beverage and Dark Chocolate Consumption on Blood Pressure in Those with Normal and Elevated Blood Pressure: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Food Nutrition, 11(13), 1962*.

Ariefandie Febrianto, N., Wang, S., Zhu, F. (2021). Chemical and biological properties of cocoa beans affected by processing: a review. Food Science and Nutrition, 1-32.

Goya, L., Kongor, J.E., Pascul Teresa, S. (2022). From Cocoa to Chocolate: Effect of Processing on Flavanols and Methylxanthines and Their Mechanisms of Action. *International Journal of Molecular Sciences. 23(22),14365.*

Moura Fideles, S.O., Cassia Ortiz, A., Bertoni Reis, H. C., Buchaim, D.V., Buchaim, R. L. (2023). Biological Properties and Antimicrobial Potential of Cocoa and Its Effects on Systemic and Oral Health. *Functional and Nutritional Foods and Human Health. 15(18), 3927.*

Soares, T.F., Oliveira, M.B.P. (2022). Cocoa By-Products: Characterization of Bioactive Compounds and Beneficial Health Effects. *Byproducts from the Food Industry. 27(5), 1625.*

Cocoa beans as a nutrient in ensuring health and food security

Maryam khosh Manzar[1]*, Mehdi Imanpour[1], Saeed Ebadpour[1]
1. Food Industry Department, Applied Scientific Training Center, Shirin Asal Food Industry Department, East Azerbaijan Province, Tabriz
*Corresponding Author: pazhouhesh@uast-sha.ir

Abstract

Cocoa is the main ingredient in chocolate and is considered a plant seed with health benefits. Because it is a natural source of macronutrients and micronutrients. Cocoa is rich in vitamins, minerals, fiber, fatty acids, methylxanthines and flavonoids, which improve the metabolism of lipids, carbohydrates and bioactive components of cocoa and have antioxidant, anti-inflammatory and antimicrobial effects and countless health benefits. Several reports have shown that cocoa consumption, in addition to reducing the risk of heart, neurological, immune, metabolic and bone diseases, plays a role and has a powerful effect on the growth, adhesion and metabolism of caries-causing diseases. Also, the substances in cocoa have the ability to activate the enzyme glycosyltransferase and synthesize insoluble polysaccharides. In the present study, the nutritional value of cocoa beans and cocoa by-products as a food ingredient was investigated and clinical applications were studied.

Keywords: Cocoa Beans, Chocolate, Food Industry, Medicinal Plants

تنوع بازده اسانس نعناع دشتی *Mentha spicata* L. کشت شده در مناطق کوهستانی کاشان

سید روح الله سیدیان[۱]، منصوره قوام[۱*]، علی طویلی[۲]

۱- گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

۲- گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

*نویسنده مسئول: mghavam@kashanu.ac.ir

چکیده

گونه *Mentha spicata* L. با نام فارسی نعناع دشتی یکی از مهم‌ترین گونه‌های جنس نعناع در جهان است که برای مصارف دارویی سنتی آن به‌ویژه برای درمان سرماخوردگی، سرفه، آسم، تب، چاقی، یرقان، مشکلات گوارشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطالعه حاضر با هدف مقایسه و ارزیابی تنوع مقدار بازده اسانس این گیاه کاشته شده در برخی مناطق کوهستانی کاشان برای اولین بار طراحی شد. بدین منظور *M. spicata* از ۴ منطقه کوهستانی کاشان شامل برزک، حسنارود، کامو و ویدوج جمع‌آوری و اسانس آن‌ها با استفاده از دستگاه کلونجر استخراج گردید. نتایج بازده اسانس *M. spicata* نشان داد که بیشترین بازده این اسانس مربوط به منطقه حسنارود (۵/۰۴ درصد) و کمترین مقدار متعلق به منطقه کامو (۱/۰۸ درصد) بود که به ترتیب در پایین ترین و بالاترین ارتفاع از سطح دریا قرار داشتند. از سوی دیگر بررسی خاک و وضعیت دسترسی آب مناطق نمونه‌برداری حاکی از آن است که بالاترین و کمترین مقدار شن خاک به ترتیب متعلق به منطقه حسنارود و کامو و کمترین و بیشترین مقدار آب قابل استفاده به ترتیب مربوط به منطقه حسنارود و کامو بود. از اینرو به نظر می‌رسد در مناطق کوهستانی کاشان، بازده اسانس *M. spicata* تحت تاثیر کاهش ارتفاع از سطح دریا، کاهش آب قابل استفاده و افزایش مقدار شن خاک است.

واژه‌های کلیدی: توپوگرافی، کمیت اسانس، خاک، نعناع، کاشان

مقدمه

با توجه به وجود آرایه‌های متنوعی از ترکیبات گیاهی فعال زیستی، اسانس‌ها از دوران اولیه در سیستم‌های مختلف دارویی و درمانی سنتی برای درمان انواع بیماری‌ها استفاده می‌شد. علاوه بر این، به دلیل انواع پتانسیل‌های بیولوژیکی خود مانند آنتی‌اکسیدان، سیتوتوکسیک، ضد میکروبی، ضد سرطان، ضد قارچ، ضد انگلی، حشره کش، دافع حشرات، ضد التهاب، مسکن‌ها و غیره به خوبی شناخته شده‌اند. به طور گسترده در زمینه‌ها و صنایع مختلف مانند رایحه درمانی، لوازم آرایشی، عطر، بخور دادن، نگهدارنده مواد غذایی، آفت‌کش‌های زیستی و صنایع حشره‌کش استفاده می‌شود. با توجه به کاربردهای گسترده اسانس‌ها در زندگی روزمره، درحال حاضر بازار آن‌ها به سرعت در حال رشد است (Sharma et al., 2023).

تیره نعنائیان (*Lamiaceae*) شامل بیش از۴۰۰۰ گونه و۲۰۰ جنس است که بسیاری ازآنها گیاهان دارویی هستند. بیشتر گونه‌های تیره نعنائیان حاوی روغن‌های فرار هستند که فعالیت‌های بیولوژیکی در برابر پاتوژن‌ها از خود

نشان می‌دهند (Snoussi et al, 2015). گیاهان جنس *Mentha* متعلق به خانواده نعنائیان از گیاهان دارویی و آروماتیک هستند که دارای گونه‌های مختلفی می‌باشد. از نعناع در طب سنتی برای درمان‌های مختلف استفاده می‌شده و همچنین امروزه در محصولات تجاری و دارویی کاربرد دارد (Bardaweel et al, 2018).

گونه *Mentha spicata* L. یکی از مهم‌ترین گونه‌های نعناع پرورشی در جهان است (Can and Katar, 2021). گیاهی خزنده و چند ساله و ریزومات‌دار، کرک و علفی، با بوی تند است. امروزه فعالیت قابل توجه و تقاضای فزاینده‌ای در کشت *Mentha* وجود دارد، زیرا منافع تجاری اسانس آن در بین ده مورد تجاری‌ترین در جهان قرار دارد (Chrysargyris et al., 2017). این‌گونه معمولاً به عنوان یک طعم دهنده گیاهی استفاده می‌شود. همچنین دارای چندین فعالیت دارویی در برابر تب، سرفه، عفونت و التهاب است. این‌گونه معطر عمدتاً در اوراسیا، استرالیا، آفریقای جنوبی و چین یافت می‌شود. این گونه از لحاظ ترکیب اسانس تفاوت‌هایی با دیگر گونه‌های نعناع دارد که مهم‌ترین این تفاوت عدم وجود منتول و تشکیل شدن ترکیبی به نام کارون است که درصد بالایی از اسانس (۷۳ درصد) را شامل می‌شود (Feo et al, 1998). *M. spicata* یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی خانواده نعناست که به دلیل خواص دارویی ارزشمند کاربرد زیادی در صنایع غذایی، آرایشی- بهداشتی و داروسازی دارد (Mahmoudi Surestani and Akbarzadeh, 2015). خواص فارماکولوژیکی عصاره و اسانس *M. spicata* برای فواید مختلف سلامتی مانند اثرات آنتی اکسیدانی، ضد سرطانی، ضد انگلی، ضد میکروبی و ضد دیابت، ضد التهابی و ضد سرطانی موثر می‌باشد که مطمئناً می‌تواند مربوط به ترکیبات فعال زیستی مختلف شناسایی شده در *M. spicata* باشد (Naoual El Menyiy et al., 2022). از اینرو این تحقیق با هدف ارزیابی و مقایسه بازده اسانس این گونه ارزشمند در نقاط مختلف مرتفع کاشان برای اولین بار طراحی گردید.

مواد و روش‌ها

- انتخاب محل کشت

به‌منظور انتخاب منطقه نمونه‌برداری، ابتدا با بررسی‌های میدانی، مناطق کوهستانی کشت *M. spicata* در شهرستان کاشان شناسایی گردید. سپس با در نظر گرفتن عوامل مختلف از قبیل عدم وجود تیمارهای مختلف آبیاری و کشت، عدم دستکاری تغذیه‌ای خاک، فاصله مناسب از یکدیگر و همچنین ارتفاع از سطح دریای متفاوت از طریق بازدیدهای صحرایی از مزارع مختلف، چهار منطقه برزک، کامو، حسنارود و ویدوج انتخاب شدند. در جدول ۱ مختصات جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری شده نشان داده شده است. در جدول ۲ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مناطق نمونه‌برداری ذکر شده است.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی مناطق نمونه برداری از *M. spicata*

نام شهر/ روستا	نقاط جغرافیایی		ارتفاع از سطح دریا
برزک	E۵۲° ۱۹′ ۵۹′′	N۳۷°۳۴ ′۸۳/۲′′	۲۲۳۵
حسنارود	E۵۰° ۹۶′ ۸۲′′	N۳۷° ۶۶′ ۴۴/۱′′	۱۶۴۷
کامو	E۵۲° ۶۸′ ۵۴′′	N۳۷° ۲۲′ ۷۴′′	۲۶۵۰
ویدوج	E۵۱° ۰۰′۰۰′′	N۳۷° ۴۳′ ۲۰′′	۱۹۹۲

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مناطق نمونه برداری از گیاه *M.spicata*

پارامتر	کامو	حسنارود	ویدوج	برزک
(Dsm-)EC هدایت الکتریکی	۰/۴۷۷	۷/۱۲	۸/۵۲	۲/۰۵
pH اسیدیته	۷/۵۵۹	۷/۸۹۶	۷/۵۱۶	۸/۰۲۶
(/.)T.N.V اهک	۱۰/۷۸	۲۱/۲۷	۲۷/۸۵	۱۴/۲۶
(W)S.P درصد اشباع خاک	۴۱/۶۷	۳۶/۹۸	۲۷/۲۳	۳۸/۰۹
(%V)F.C ظرفیت زراعی	۳۲/۰	۲۳/۴	۱۷/۲۰	۲۱/۰
(%V)P.W.P اب قابل استفاده	۱۹/۵	۱۳/۸	۶/۸۱	۱۱/۵
(%V)P.A.W نقطه پژمردگی	۱۲/۵	۹/۶	۱۰/۳۹	۱۰/۰
(%)S شن	۳۹/۵	۵۰/۶	۶۳/۷	۵۸/۲
(%)Si سیلت	۲۸/۳	۲۹/۶	۱۸/۷	۲۳/۷
(%)C رس	۳۲/۲	۱۹/۸	۱۷/۶	۱۸/۱
Soil texture بافت خاک	clay loam	loam	Sandy loam	Sandy loam

- نمونه‌برداری گیاه

در مرداد ماه سال ۱۴۰۱ برگ و ساقه گیاه از ۳ نقطه هر منطقه برداشت شده و نمونه‌ها پس از برداشت به آزمایشگاه منتقل و در معرض هوای آزاد قرار داده شده تا خشک شوند.

- استخراج و جداسازی اسانس

استخراج اسانس با روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر انجام شد. برای این منظور ابتدا مقدار ۷۰ گرم از برگ و ساقه گیاه وزن شده و پس از خرد کردن با استفاده از آسیاب خانگی در بالن ۲ لیتری قرار داده شد. پس از آن تا دو سوم حجم بالن آب مقطر ریخته شد و بعد از اتصال به دستگاه کلونجر اسانس‌گیری آغاز شد. بخارهایی که در این مرحله تولید خواهند شد، حاوی مولکول‌های اسانس بوده که پس از عبور از لوله‌های خنک‌کننده به مایع تبدیل و در قسمت گیرنده جمع‌آوری خواهند شد. مدت زمان اسانس‌گیری ۴ ساعت بود. پس از آن اسانس‌ها درون ظرف‌های مخصوص از طریق شیر مخصوص کلونجر ریخته شده و به کمک سدیم سولفات انیدرید آبگیری شد.

- تعیین کمیت (بازده) اسانس

بازده اسانس (کمیت) بر اساس وزن خشک نمونه محاسبه و به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شد. درصد اسانس با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

بازده اسانس = (وزن اسانس / وزن گیاه خشک) ×۱۰۰

نتایج و بحث

نتایج آنالیز بازده اسانس *M. spicata* نشان داد که بین بازده اسانس در نمونه‌های مورد مطالعه در سطح ۹۹ درصد اختلاف معنی داری وجود داشت ($P \leq 0.01$) (جدول ۳). EL ANBRI et al, 2022 تنوع بازده اسانس *M. spicata* از مناطق مختلف را تایید کردند و بالاترین بازده این اسانس را مربوط به گونه‌های کشت‌شده آگادیر از مراکش (۵/۸۳ درصد) گزارش دادند. بیشترین بازده این اسانس مربوط به منطقه حسنارود (۵/۰۴ درصد) و کمترین مقدار متعلق به منطقه کامو (۱/۰۸ درصد) بود که به ترتیب در پایین ترین و بالاترین ارتفاع از سطح دریا قرار داشتند. Bakhtiari Nia et al, 2024 همبستگی منفی بین بازده اسانس *Mentha longifolia* L. و ارتفاع از سطح دریا را تایید کردند. از سوی دیگر بررسی خاک و وضعیت دسترسی آب مناطق نمونه برداری حاکی از آن است که بالاترین و کمترین مقدار شن خاک به ترتیب متعلق به منطقه حسنارود (۵۰/۶ درصد) و کامو (۳۹/۵ درصد) و کمترین و بیشترین مقدار آب قابل استفاده به ترتیب مربوط به منطقه حسنارود (۹/۶ درصد) و کامو (۱۲/۵درصد) بود. به طور مشابه Saba et al, 2025 بازده اسانس برگ‌های *M. spicata* از مناطق کوهستانی، خشک، آبیاری شده و دچار خشکسالی پنجاب پاکستان را از ۰/۴۱ درصد تا ۰/۷۶ درصدگزارش دادند. Batista et al, 2024 دریافتند که تولید اسانس *M. spicata* که در معرض کمبود آب قرار داشتند، تحت تأثیر قرار نگرفت، که نشان می‌دهد تولید اسانس ممکن است در این گونه در برابر تنش خشکی مقاوم‌تر باشد. Hosnaroodi and Ghavam, 2025 دریافتند سبک‌تر شدن بافت خاک، بازده اسانس *M. spicata* را افزایش داده است. عوامل محیطی مانند ارتفاع، دمای بسیار بالا، کمبود رطوبت و بارندگی و ترکیب و عناصر خاک نیز می‌توانند بر میزان اسانس گیاهان تأثیر بگذارند (Kocabaş, 2025). پارامترهای خاک مانند ساختار فیزیکی و ترکیب شیمیایی نیز از عوامل تعیین‌کننده در میزان متابولیت‌های ثانویه هستند (Rapposelli et al, 2015). به عنوان مثال Kassahun et al, 2015 برای اسانس Salvia Desoleana بالاترین مقدار بازده را در خاک‌های با بافت لوم شنی گزارش دادند. از اینرو به نظر می‌رسد در مناطق کوهستانی کاشان، بازده اسانس *M. spicata* تحت تاثیر کاهش ارتفاع از سطح دریا، کاهش آب قابل استفاده و افزایش مقدار شن خاک است. در مطالعات قبلی بازده اسانس *M. spicata* از منطقه سایر مناطق غیرمرتفع و دشتی کاشان مانند یزدل به مقدار ۰/۳۶۶ درصد (Asadzadeh et al., 2023) و فین به مقدار ۳/۳ درصد (Hosnaroodi and Ghavam, 2025) گزارش شده است.

جدول ۳. بازده اسانس *M. spicata* در مناطق مختلف نمونه برداری شده

ردیف	منطقه	انحراف معیارمیانگین
۱	ویدوج	۱/۲۷
۲	حسنارود	۵/۰۴
۳	کامو	۱/۰۸
۴	برزک	۲/۵

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد در مناطق کوهستانی کاشان، بازده اسانس *M. spicata* تحت تاثیر کاهش ارتفاع از سطح دریا، کاهش آب قابل استفاده و افزایش مقدار شن خاک است.

منابع

Asadzadeh, M., Ghavam, M., & Mirzaei, R. (2023). The effect of irrigation with treated and untreated wastewater on the yield and chemical composition of essential oil of *Mentha spicata* L. and *Rosmarinus officinalis* L. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(16), 46175-46184.

Batista, R. D. C. M., Carvalho, J. S. B. D., Coqueiro, D. R., Aquino, P. G. V., & Alves, L. Z. (2024). Growth, gas exchange and essential oil production of *Mentha spicata* L. under water deficiency. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 53, e76893.

Can, M., & Katar, D. U. R. A. N. (2021). Effect of different nitrogen doses on agricultural and quality characteristics of *Mentha* x *piperita* l. And *Mentha spicata* l. species. *Journal of Agricultural Science and technology*, 23(6), 1327-1338.

Chrysargyris, A., P. Xylia, G. Botsaris, and N. Tzortzakis. (2017). Antioxidant and Antibacterial Activities, Mineral and Essential Oil Composition of Spearmint (*Mentha spicata* L.) Affected by the Potassium Levels. *International Potash Institute (IPI). Industrial Crops and Products*.103:202-212.

EL ANBRI, C., EDDAYA, T., BOUGHDAD, A., CHAIMBAULT, P., & ZAID, A. (2022). Essential oil chemical diversity of Moroccan mint (*Mentha spicata* L.). *Moroccan Journal of Agricultural Sciences*, 3(3), 189-202.

Feo, V. D., Ricciardi, A. I., Biscardi, D., & Senatore, F. (1998). Chemical composition and antimicrobial screening of the essential oil of *Minthostachys verticillata* (Griseb.) Epl.(Lamiaceae). *Journal of Essential Oil Research*, 10(1), 61-65.

Hosnaroodi, V. G., & Ghavam, M. (2025). Evaluation of the effect of soil and irrigation water characteristics on the chemical composition and antimicrobial activity of *Mentha spicata* L. essential oil: A plant used in traditional medicine of Kashan people. *Agricultural Water Management*, 309, 109331.

Kassahun, B. M., German, T., Zigene, Z. D., Tilahun, S., Gebere, A., Taddese, S., ... & Miesso, B. (2015). Performance of sage (*Salvia officinalis* L.) for morpho-agronomic and chemical traits in different agro-ecologies of Ethiopia.

Kocabaş, Y. Z. (2025). Chemical variability in essential oil and soil elements of *Salvia cilicica* Boiss. & *Kotschy populations* in Türkiye. *International Journal of Food Properties*, 28(1), 2484257.

Mahmoudi Surestani, M, Akbarzadeh, M, (2015). Studying the effect of harvest time on the percentage, yield and components of the essential oil of spearmint (*Mentha spicata*) in the Hamidieh region. Plant Production, Agriculture, Plant Breeding and Horticulture (*Scientific Journal of Agriculture*). 38(1): 115-129.

Rapposelli, E., Melito, S., Barmina, G. G., Foddai, M., Azara, E., & Scarpa, G. M. (2015). Relationship between soil and essential oil profiles in *Salvia desoleana* populations: preliminary results. *Natural Product*

Saba, I., Anwar, F., Ahmad, N., Iqbal, M., Abbas, A., Iqbal, S., ... & Al-Mijalli, S. H. (2024). Spearmint (*Mentha spicata* L.) leaves essential oil: Comparative compositional and biological attributes as a function of different agroclimatic regions. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 56, 102984.

Snoussi, M., Noumi, E., Trabelsi, N., Flamini, G., Papetti, A., & De Feo, V. (2015). *Mentha spicata* essential oil: Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities against planktonic and biofilm cultures of Vibrio spp. *strains. Molecules*, 20(8), 14402-14424.

Variability in the yield of peppermint essential oil cultivated in the highlands of Kashan

Seyyed Ruhollah Seyyediyan [1], Mansureh Ghavam *[1], Ali Tavili[2]
1. Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran.
2. Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
Corresponding Author: mansurehghavam@gmail.com

Abstract

Mentha spicata L., is one of the most important species of the mint genus in the world, which is used for its traditional medicinal uses, especially for the treatment of colds, coughs, asthma, fever, obesity, jaundice, and digestive problems. The present study was designed for the first time to compare and evaluate the diversity of the essential oil yield of this plant planted in some mountainous areas of Kashan. For this purpose, *M. spicata* was collected from 4 mountainous areas of Kashan, including Barzok, Hosnarood, Kamoo, and Viduj, and their essential oil was extracted using a Clevenger apparatus. The results of the essential oil yield of *M. spicata* showed that the highest yield of this essential oil was in the Hosnarood region (5.04%) and the lowest yield was in the Kamoo region (1.08%), which were located at the lowest and highest altitudes above sea level, respectively. Another study of the soil and water availability status of the sampling areas indicated that the highest and lowest amounts of soil sand belonged to the Hosnarood and Kamoo regions, respectively, and the lowest and highest amounts of usable water belonged to the Hosnarood and Kamoo regions, respectively. Therefore, it seems that in the mountainous regions of Kashan, the yield of *M. spicata* essential oil is affected by the decrease in altitude above sea level, the decrease in usable water, and the increase in the amount of soil sand.

Keywords: Topography, Quantity of essential oil, soil, *Mentha*, Kashan

بررسی شاخص‌های جوانه‌زنی گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی تحت تنش خشکی

سحر انصاری نمین[۱]، فاطمه محمودی[۲]، بهرام دهدار[۳*]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم کشاورزی گرایش زراعت، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل-ایران

۲- پژوهشگر مدعو رشته‌ی علوم و تکنولوژی بذر، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- استادیار، سازمان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل، AREEO، اردبیل، ایران

[*]نویسنده مسئول: Bahram_dehdar@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی تأثیر بررسی شاخص‌های جوانه‌زنی گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی تحت تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل در سال ۱۴۰۳ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح (صفر (آب مقطر)، ۶- و ۱۲- بار) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک گیاهچه بطور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تنش خشکی ۱۲- بار شاخص‌های جوانه‌زنی را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. بطوری که بیشترین میزان درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک گیاهچه در شرایط عدم تنش خشکی مشاهده شد. تنش خشکی به‌طور معنی‌داری باعث کاهش طول گیاهچه در حدود ۳۱/۱۸ درصد در تیمار شاهد شد. وزن خشک گیاهچه در بالاترین سطوح خشکی (۱۲- بار) ۳۶/۱۲ درصد کاهش یافت. در مجموع، تنش خشکی ۱۲ بار بیشترین اثر را در کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاهچه‌های گل گاوزبان داشت.

واژه‌های کلیدی: گل گاوزبان اروپایی، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی

مقدمه

گیاه دارویی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) گیاهی یکساله از خانواده گاوزبان[۱] است. این گیاه علاوه بر خواص دارویی، دارای خواص متعدد صنعتی و علوفه‌ای می‌باشد که سبب افزایش اهمیت آن شده است. امروزه در اکثر نقاط دنیا به منظور استفاده‌های درمانی پرورش می‌یابد (Mahmoudi *et al.*, 2019). علاوه بر این، برگ‌های تازه آن دارای موسیلاژ قابل هیدرولیز به گلوکز، گالاکتوز، آرابینوز و آلانتوئین تا ۳۰ درصد هستند. برگ‌های گاوزبان در مرحله بذردهی دارای ۵- ۲/۵ میلی‌گرم گاما لینولنیک اسید و ۹-۵/۷ میلی‌گرم استریدونیک اسید[۲] هستند (Herrmann et al., 2012).

در حدود یک سوم اراضی جهان با کمبود بارندگی مواجه‌اند و نیمی از این اراضی دارای بارندگی سالیانه کمتر از ۲۵۰ میلیمتر می‌باشند که یک چهارم تبخیر و تعرق بالقوه این مناطق است. به طور کلی مناطق خشک و نیمه خشک جهان در محدوده‌های بین عرض‌های جغرافیایی ۱۵ تا ۳۰ درجه شمالی و جنوبی قرار گرفته‌اند و وسعتی در حدود ۴۴/۷ میلیون کیلومتر مربع را شامل می‌شوند. حدود ۳۹٪ از این مساحت جزء مناطق خشک محسوب می‌گردد که

1. Boraginaceae
2. stearidonic acid (SDA)

قسمت عمده آن برای زراعت مساعد نیست. تنش خشکی موجب کاهش وزن تر اندام هوایی و ریشه و نسبت وزن تر ریشه به ساقه در حدود ۱۵/۵ در آویشن شد (Farag et al., 2019). تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع بوته، کاهش تعداد اندام هوایی تازه در حدود ۲۵/۴۵ و وزن خشک و عملکرد در ذرت شد (Anjum et al., 2016).Mathobo و همکاران (۲۰۱۷) به این نتیجه رسیدند که در گیاه لوبیا تنش خشکی موجب کاهش توده خشک در حدود ۴۵/۶، شاخص سطح برگ، کاهش تعداد غلاف در بوته و دانه در غلاف و کاهش تولید کل محصول شد. کاهش قابل توجهی توده تازه و خشک ساقه در ذرت در اثر تنش خشکی شد. تحت تنش خشکی کاهش دور ساقه، تعداد و سطح برگ، توده تازه و خشک اندام هوایی و ریشه در فلفل سیاه گزارش شده است (Wang et al., 2018).

با توجه به‌این‌که تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی در اکوسیستم‌های زراعی امروزی محسوب می‌شود، بنابراین، این پژوهش به منظور بررسی شاخص‌های جوانه‌زنی گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی تحت تنش خشکی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۴۰۳ به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی به‌صورت طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی در سال ۱۴۰۳ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح (صفر (آب مقطر)، ۶- و ۱۲- بار) بود. بذر گیاه گل گاوزبان از شرکت پاکان بذر در اصفهان تهیه شد. جهت انجام آزمون جوانه‌زنی، ابتدا سه تکرار ۲۵ بذری به طور تصادفی از هر نمونه جدا گردید و در داخل پتریدیش، روی کاغذ صافی به روش روی کاغذ[1] کشت شد. به این صورت که از هر تیمار و تکرار، بذور ضدعفونی شده با قارچ‌کش بنومیل، روی پتری‌دیش‌های حاوی دو لایه کاغذ صافی انتقال یافت. سپس جهت انجام آزمون جوانه‌زنی برای اعمال سطوح تنش خشکی، بعد از تهیه غلظت‌های مورد نظر از PEG 6000 (تنش خشکی) به صورت مجزا، مقدار ۴ میلی‌لیتر از محلول‌های مورد نظر به هر پتری‌دیش اضافه شد. سپس نمونه‌ها به ژرمیناتوری با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد. تعداد بذور جوانه‌زده هر ۱۲ ساعت شمارش شده و یادداشت شدند و ظهور ریشه‌چه به‌اندازه‌ی ۲ میلی‌متر معیاری برای جوانه‌زنی بذرها در نظر گرفته شد. پس از اتمام ۱۰ روز مدت جوانه‌زنی، تعداد جوانه‌های نرمال و غیرنرمال تعیین شد. همچنین طول گیاهچه با استفاده از خط کش مدرج و وزن خشک گیاهچه با استفاده از ترازو اندازه‌گیری شد.

بعد از جمع‌آوری داده‌ها، نرمال بودن آنها با استفاده از برنامه SPSS۱۶ با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف مشخص شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS۹,۴ انجام و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه دانکن[2] در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزارExcel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شاخص‌های جوانه‌زنی بطور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند (جدول ۱).

1. Tap paper (TP)
2. Duncan's multiple range test

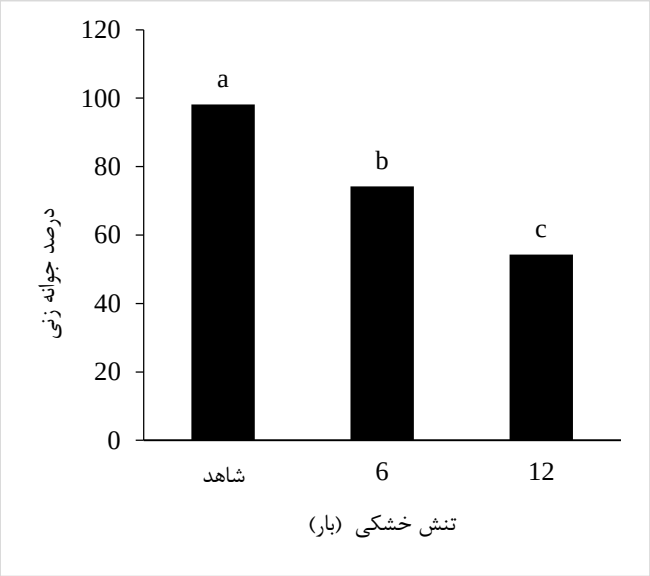
جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی در گل گاوزبان اروپایی

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول گیاهچه	وزن خشک گیاهچه
تنش خشکی	۲	۱۸/۲۰**	۰/۰۳۶**	۰/۰۰۵۲	۰/۰۰۴۶**
خطا	۸	۲/۱۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات	-	۲/۲۴	۴/۶۱	۲/۵۱	۴/۵۱

Ns غیر معنی‌دار ** احتمال معنی‌داری در سطح ۱٪

درصد جوانه‌زنی

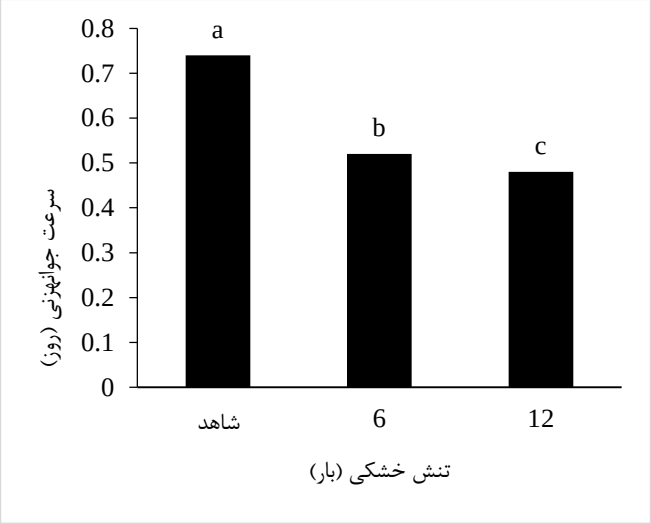
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تنش خشکی درصد جوانه‌زنی بطور معنی‌داری کاهش یافت بطوری که بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی در خدود ۲۵/۶ درصد در شرایط عدم تنش خشکی در تیمار شاهد به دست آمد. همچنین کمترین میزان درصد جوانه‌زنی در شرایط تنش ۱۲- بار مشاهده شد (شکل ۱) که با نتایج شیخ‌زاده و همکاران (Sheikhzadeh *et al.*, 2021) روی گیاه گل گاوزبان (*Borago officinalis*) مطابقت داشت



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی

سرعت جوانه‌زنی

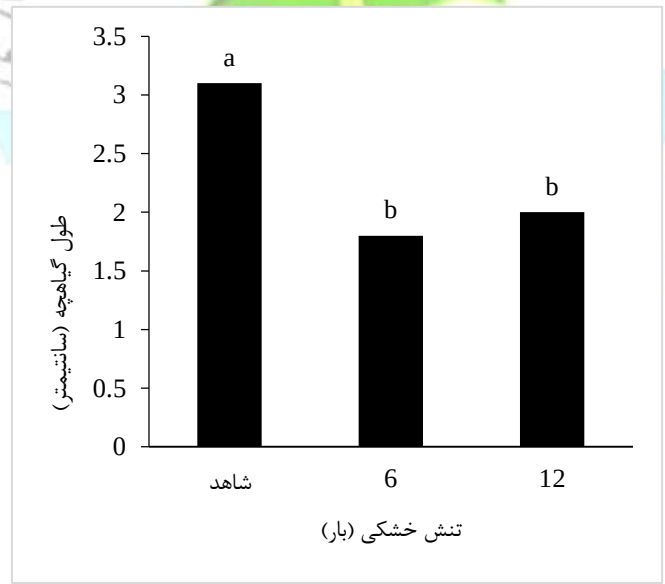
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تنش میزان سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. بطوری که بیشترین میزان سرعت جوانه‌زنی در شرایط عدم تنش خشکی در تیمار شاهد در حدود ۵۴/۶ درصد به دست آمد. همچنین کمترین میزان سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش ۱۲- بار مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با شرایط تنش ۶- بار نداشت که نتایج این مطابق با نتایج زاو و همکاران (Zhao *et al.*, 2021) در رازیانه بود. (شکل ۲).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی

طول گیاهچه

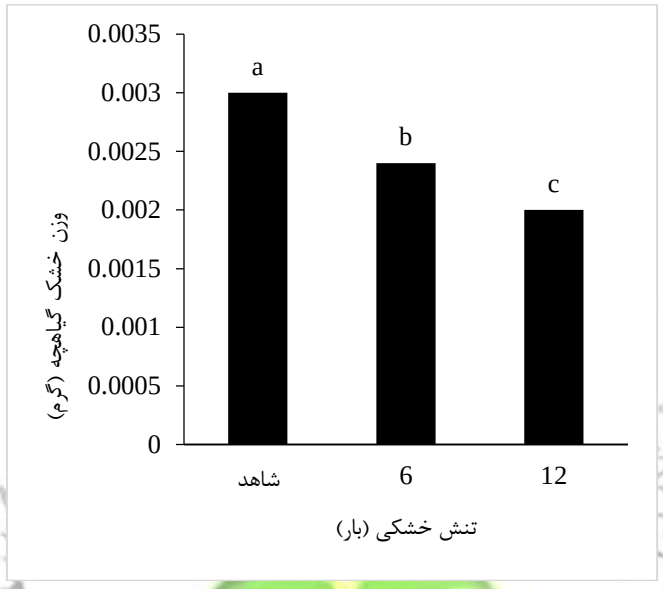
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تنش طول گیاهچه در حدود ۲۵/۶۵ درصد کاهش یافت. بطوری که بیشترین طول گیاهچه در شرایط عدم تنش خشکی در تیمار شاهد به دست آمد. همچنین کمترین طول گیاهچه در شرایط تنش ۱۲- بار مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با شرایط تنش ۶- بار نداشت (شکل ۳) که با نتایج سیاری و همکاران (۲۰۲۲) در گیاه دارویی مفراح مطابقت داشت.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر طول گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی

وزن خشک گیاهچه

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تنش وزن خشک گیاهچه در حدود ۳۵/۴۵ درصد کاهش یافت. بطوری که بیشترین وزن خشک گیاهچه در شرایط عدم تنش خشکی در تیمار شاهد به دست آمد. همچنین کمترین وزن خشک گیاهچه در شرایط تنش ۱۲- بار مشاهده شد (شکل ۴) که که با نتایج شیخزاده و همکاران (Sheikhzadeh *et al*., 2021) روی گیاه گل گاوزبان (*Borago officinalis*) مطابقت داشت



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر وزن خشک گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی

نتیجه‌گیری

در مجموع، تنش خشکی ۱۲- بار بیشترین اثر را در کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاهچه‌های گل گاوزبان داشت.

منابع

Anjum SA, Tanveer M, Ashraf u, et al. effect of progres- sive drought stress on growth, leaf gas exchange, and antioxidant production in two maize cultivars. Environ Sci Pollut Res Int. 2016;23(17):17132–17141.

Baroni, G., Pereira M. Corrêa F. de Castro E and José Pereira, F. 2020. Cadmium Tolerance During Seed Germination and Seedling Growth of Schinus molle (Anacardiaceae). Floresta. Ambiente. 27(2): e20170502 .

Farag Re, Abdelbar O, Shehata SA. Impact of drought stress on some growth, biochemical and anatomical parameters of thymus vulgaris l. Arab universities J Agric Sci. 2019;27(1):37–50.

Herrmann, M., Joppe, H., Schmaus, G. 2012. Thesinine-4′-O-β-d-glucoside the first glycosylated plant pyrrolizidine alkaloid from Borago officinalis. Phytochemistry, 60: 399-402.

Mahmoudi, F., Sheikhzadeh Mosaddegh, P., Zare, N., Esmaielpour, B. (2019a). The effect of hormone and hydro priming on seed germination, growth and biochemical properties of borage seedling (*Borago officinalis* L.). Plant Process and Function, 7 (27) :165-180. (in Farsi)

Mathobo R, Marais D, Steyn JM. The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange and chlorophyll fluorescence of dry beans (Phaseolus vulgaris l.). Agric Water Manag. 2017;180:118–

125. latif F, ullah F, Mehmood S,. effects of salicylic acid on growth and accumulation of phenolics in Zea mays l. under drought stress. Acta Agric Scand B Soil Plant Sci. 2016;66(4):325–332.

Sayyari, M. , Moradi Farsa, M. and Azizi, A. (2022). The Effect of Drought Stress at Different Developmental Stages on Growth and Some Phytochemical Parameters of Nepeta crispa. Journal of Crops Improvement, 24(2), 545-561. doi: 10.22059/jci.2021.316022.2491

Sheikhzadeh, P., Zare, N. and Mahmoudi, F. 2021. The synergistic effects of hydro and hormone priming on seed germination, antioxidant activity and cadmium tolerance in borage. Acta. Bot. Cro. 80(1), 18–28.

Wang A, lam SK, Hao X, et al. elevated CO_2 reduces the adverse effects of drought stress on a high-yielding soybean (glycine max (l.) merr.) cultivar by increasing water use efficiency. Plant Physiol. Biochem. 2018;132:660–665.

Zhao, H., Guan, J., Liang, Q., Zhang, X., Hu, H., & Zhang, J. (2021) Effects of cadmium stress on growth and physiological characteristics of sassafras seedlings. *Scientific Reports*, 10;11(1):9913. DOI: 10.1038/s41598-021-89322-0

Study of germination indices of European borage seedlings under drought stress

Sahar Ansari Namin[1], Fatemeh Mahmoudi[2], Bahram Dehdar*[3]
1- Master of Agricultural Sciences, Department of Plant Production and Genetics, Islamic Azad University, Ardabil Branch, Iran
2- Visiting Researcher, Seed Science and Technology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Science and Technology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran
3- Assistant Professor, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Center Organization, AREEO, Ardabil, Iran
Corresponding author: Bahram_dehdar@yahoo.com

Abstract

In order to investigate the effect of examining the germination indices of European borage seedlings under drought stress, an experiment was conducted in a completely randomized basic design with three replications at Islamic Azad University in 1403. The experimental treatments included drought stress at three levels (zero (distilled water), -6 and -12 bar). The results of the analysis of variance of the data showed that the percentage and rate of germination, length and dry weight of the seedling were significantly affected by drought stress. The results showed that -12 bar drought stress reduced the germination indices compared to the control treatment. So that the highest percentage and rate of germination, length and dry weight of the seedling were observed in the absence of drought stress. Drought stress significantly reduced the length of the seedling by about 31.18% in the control treatment. The dry weight of the seedling at the highest drought levels (-12 bar) decreased by 36.12%. Overall, drought stress of -12 times had the greatest effect on reducing photosynthetic pigments in borage seedlings.

Keywords: European borage, germination percentage, germination rate

رستمکلا و دانش کهن گیاه‌درمانی: بررسی الگوی مصرف گیاهان دارویی و خوراکی در استان مازندران

مجید قربانی نهوجی[۱]، سمیه کی پور[۲]، رومینا مومنی[۳*]

۱- دانشیار مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران

۲- استادیار گروه آموزش زیست‌شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

۳- دانشجوی کارشناسی آموزش زیست‌شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: rominamomeni66@gmail.com

چکیده

مطالعات اتنوبوتانی با هدف ثبت اطلاعات مربوط به استفاده سنتی از گیاهان در مناطق مختلف انجام می‌گردد. این اطلاعات ارزشمند طی نسل‌های مختلف به نسل کنونی منتقل شده و با پیشرفت تکنولوژی، سرعت فراموش شدنشان افزایش یافته است. پژوهش حاضر با هدف بررسی گیاهان کاربردی رایج و استفاده‌های سنتی آن‌ها در منطقه رستمکلا در استان مازندران انجام گرفت. برای گردآوری داده‌ها، از روش مصاحبه نیمه‌ساختاریافته (به‌ویژه از سالخوردگان) استفاده شد. هم‌زمان با انجام مصاحبه‌ها، نمونه‌های گیاهی جمع‌آوری و با استفاده از منابع معتبر گیاه‌شناسی شناسایی شدند. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که پوشش گیاهی منطقه گسترده بوده و استفاده از گیاهان مختلف نیز توسط مردمان بومی رایج می‌باشد. در این میان گیاهان تیره Apiaceae با میزان ۱۷/۶۴٪ بیشترین درصد فراوانی را داشته و در مرتبه بعدی خانواده‌های Rosaceae و Fabaceae هرکدام با ۱۱/۵۸٪ بیشترین مصرف را به خود اختصاص داده اند. میزان استفاده غالب این گیاهان بصورت خوراکی یا دارویی و به ندرت در صنعت و یا پرورش دام عنوان شده است. از نظر نوع اندام مورد مصرف گیاهان نیز، اندام هوایی و دانه هرکدام با ۲۰/۵۸٪ بیشترین شیوع مصرف و بیشترین کاربرد درمانی گیاهان نیز مربوط به درمان بیماری‌های گوارشی به میزان ۲۹/۴۱٪ می‌باشد.

با توجه به نیاز دستیابی به راهکارهای جدید درمانی، به نظر می‌رسد بررسی و مستندسازی اطلاعات سنتی-کاربردی گیاهان ضروری است. این کار نه‌تنها به میراث نسل‌های گذشته احترام می‌گذارد؛ بلکه بر اهمیت ثبت و حفاظت از دانش اتنوبوتانی به عنوان منبعی ارزشمند برای توسعه پایدار، سلامت جامعه و تحقیقات علمی آینده تأکید می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: اتنوبوتانی، Rosaceae، Fabaceae، گیاهان دارویی و خوراکی، مازندران

Traditional Knowledge of Herbal Medicine in Rostamkola: Patterns of Consumption of Medicinal and Edible Plants in Mazandaran Province

Majid Ghorbani Nohooji[1], Somayeh Keypour[2], Romina Momeni[2]*
1. Medicinal Plants research Center, Institute of medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran
2. Department of Biology Education, Farhangian University, Tehran, Iran
*Corresponding Author: rominamomeni66@gmail.com

Abstract

Ethnobotany is a scientific discipline that aims to document the traditional use of plants within specific regions. This knowledge which is historically transmitted across generations is increasingly at risk of being forgotten due to technological advancements. The present study aims to investigate commonly used plants and their applications in Mazandaran Province, Iran. Data were collected using structured interviews, particularly with elderly residents of Rostamkola in Mazandaran. Alongside the interviews, plant samples were collected and identified using authoritative botanical references. Findings indicate that due to the region's rich vegetation, various plant families are utilized by the local population. Among these, members of Apiaceae with 17.64% were the most frequent and Rosaceae and Fabaceae were ranked in 2nd and 3rd place for their usage by having 14.28% of the recorded plants. Furthermore, regarding the consumption of medicinal plants, aerial parts alongside fruits, and seeds—were the most commonly utilized, accounting for 20.58% of local people consumption and gastrointestinal diseases were the most treated with 29.41%. amongst all. The majority of these plants are employed for nutritional or medicinal purposes, with limited use in industry or animal husbandry.

In light of the necessity to develop novel therapeutic approaches, it appears imperative to systematically investigate and document traditional ethnobotanical knowledge. This endeavor not only preserves the cultural heritage of preceding generations but also underscores the significance of recording and safeguarding ethnobotanical wisdom as a valuable resource for sustainable development, public health advancement, and future scientific research.

Keywords: Edible and medicinal plants, Ethnobotany, Fabaceae, Mazandaran, Rosaceae

اثر کپسوله‌سازی با ژلاتین بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های آبی و آبی-اتانولی قهوه عربیکا

آیلین علیزاده[۱]، رشید جامعی[۱] و ندا فرناد[۱]

۱ .گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

*نویسنده مسئول: aylinalizadeh2@gmail.com

چکیده

قهوه عربیکا به دلیل عطر و طعم مطلوب خود، بیش از ۶۰ درصد از تولید جهانی قهوه را به خود اختصاص داده است. اما ترکیبات زیست‌فعال آن در برابر تخریب ناشی از فرآیندهای حرارتی، اکسیژن و نور در طول فرآوری و نگهداری بسیار آسیب‌پذیر هستند. .کپسوله‌سازی شامل محصور کردن ترکیبات زیست‌فعال قهوه، نظیر اسید کلروژنیک و کافئین، درون ماتریس‌های محافظ به‌منظور افزایش پایداری، حفظ ویژگی‌های حسی، و آزادسازی کنترل شده ترکیبات معطر است. در این مطالعه از ژلاتین به دلیل زیست‌سازگاری آن استفاده شده است. عصاره آبی بازده کپسوله‌سازی بالاتری (۱/۵۷٪±۳۵/۰۰٪) نسبت به عصاره آبی-اتانول (۶/۳۰ ±۳۲/۳۶٪) نشان داد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های آزاد و کپسوله‌شده قهوه عربیکا با استفاده از آزمون‌های DPPH و FRAP ارزیابی شد. عصاره آبی فعالیت مهار رادیکال DPPH به‌مراتب بالاتری (۵/۱ ± ۸۶/۶۷٪) نسبت به فرم کپسوله‌شده آبی-اتانولی (۱/۵۲ ± ۴۳/۱۷٪) نشان داد. مقدار FRAP در عصاره آبی کپسوله‌شده (۰/۰۰۳۴ ± ۰/۰۳۸ mol $FeSO_4$/g) حدود ۷۶ درصد از قدرت احیای عصاره آبی-اتانولی (۰/۰۰۰۲۵ ± ۰/۰۵۰ mol $FeSO_4$/g) را حفظ کرده است، که نشان‌دهنده نقش حفاظتی مؤثر ژلاتین در برابر ترکیبات دارای خاصیت احیایی طی فرآیند خشک‌کردن انجمادی است. این نتایج نشان می‌دهد که اگرچه کپسوله‌سازی با ژلاتین ممکن است کارایی مهار رادیکال‌ها را کاهش دهد، اما در حفظ کلی خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های قهوه عربیکا مؤثر است.

واژه‌های کلیدی: قهوه عربیکا، کپسوله‌سازی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ژلاتین، خشک‌کردن انجمادی

Effect of gelatin encapsulation on the antioxidant activity of aqueous and aqueous-ethanolic extracts of *Coffea Arabica*

Aylin Alizadeh[1*], Rashid Jamei[1], Neda Farnad[1]
1. Department of Biology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran
[*]*Corresponding Author: aylinalizadeh2@gmail.com*

Abstract

Coffea arabica, valued for its flavor and aroma, represents over 60% of global coffee production, but its bioactive compounds are highly vulnerable to degradation during processing and storage. Encapsulation involves encasing coffee's bioactive compounds, such as chlorogenic acids and caffeine, within protective matrices to enhance shelf life, maintain sensory qualities, and enable controlled release of flavors. In this study gelatin was selected for its biocompatibility. The aqueous extract showed higher encapsulation efficiency (35.00 ± 1.57%) than the water–ethanol extract (32.36 ± 6.30%). The antioxidant activity of free and gelatin-encapsulated *Coffee arabica* extracts was evaluated using DPPH and FRAP assays. The free aqueous extract showed significantly higher DPPH radical scavenging activity (86.67 ± 5.10%) compared to the aqueous-ethanolic encapsulated form (43.17 ± 1.52%). The FRAP value of the encapsulated aqueous extract (0.038 ± 0.0034 mol $FeSO_4$/g) retained approximately 76% of the reducing power of the free aqueous-ethanolic extract (0.050 ± 0.00025 mol $FeSO_4$/g), indicating that gelatin provided effective protection of redox-active compounds during freeze-drying. These results suggest that, although gelatin encapsulation may reduce radical scavenging efficiency, it effectively preserves the overall antioxidant properties of Coffea arabica extracts.

Keywords: *Coffea arabica*, Encapsulation, Antioxidant activity, Gelatin, Freeze-drying

تاثیر سطوح مختلف کیتوزان بر مقادیر بیان ژن‌ها و تولید هایپریسین و سودوهایپریسین در محیط کشت مایع گل راعی (*Hypericum perforatum* L.)

آرزو حقیر ابراهیم‌آبادی[۱]، فرزاد بنایی‌اصل[۲*]

۱- فارغ التحصیل دکتری باغبانی، گروه علوم باغبانی، پردیس دانشگاهی، دانشگاه گیلان، ایران

۲- استادیار موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: mpec2025@azaruniv.ac.ir

چکیده

گل راعی متعلق به خانواده Hypericaceae، دارای ترکیبات زیست فعال مهم از جمله هایپریسین و هایپرفورین می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر کیتوزان درجهت افزایش برخی از متابولیت‌های ثانویه ضروری و تغییرات بیان ژن‌های درگیر در بیوسنتز ترکیبات زیست فعال در گل راعی انجام گرفت. در این پژوهش، نمونه‌های گیاهچه و ریشه مویین تحت تیمار با کیتوزان با غلظت‌های متفاوت (۰،۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ میلی‌گرم برلیتر) و پنج زمان متفاوت (۴،۲۴، ۴۸، ۷۲ ساعت و ۳۰ روز) قرار گرفت. پس از اعمال تیمار، بیان ژن‌ها با روش PCR Time Real و مقادیر هایپریسین و سودوهایپریسین با کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا (HPLC) انجام شد. نتایج نشان داد، استفاده از ۴۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان و پس از ۴ و ۲۴ ساعت در ریشه مویین، به ترتیب دو ژن *Hyp-1* و *PLSK2* به‌طور چشمگیری افزایش بیان نشان دادند. همچنین بیشترین میزان بیان نسبی ژن‌های *Hyp-1* و *PLSK2* در گیاهچه کامل، به ترتیب استفاده از ۲۰۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان و پس گذشت ۲۴ ساعت و ۳۰ روز بیشترین بیان ژن مشاهده شد. نتایج کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا نشان اختلاف معنی‌داری بین داده‌ها وجود دارد، استفاده از ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کیتوزان در مدت زمان ۷۲ ساعت پس از اعمال تیمار سبب افزایش تولید هایپریسین و سودوهایپریسین به‌میزان ۹۳ و ۸۳ درصد نسبت به نمونه شاهد ریشه مویین شد. همچنین گیاهچه تیمار شده با غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در تیمار زمانی ۳۰ روز به ترتیب سبب افزایش تولید هایپریسین و سودوهایپریسین به‌میزان ۴۰ و ۲۶ درصد نسبت به نمونه شاهد گردید.

واژه‌های کلیدی: الیسیتور، هوفاریقون، HPLC، Real time PCR

مقدمه

گل راعی (*Hypericum perforatum*) متعلق به راسته *Malpighales* است (Crockett *et al.*, 2011). جنس *Hypericum* شامل بیش از ۴۶۹ گونه گیاهی (Ersoy *et al.*, 2020)، یک گونه گیاهی علفی و چندساله است (Bombardelli and Morazzoni, 1995). در مناطق معتدله از جمله در قاره آسیا و آمریکا به وفور یافت می‌شود (Allegra *et al.*, 2021; Franklin *et al.*, 2016) به‌طورکلی در بسیاری از کشورها ازگیاه و عصاره گل راعی به‌عنوان داروهای ضدباکتری، ضدویروسی، ضددرد و آنتی‌اکسیدان طبیعی (Yilmaz *et al.*, 2019; Kandilarov *et al.*, 2018; Galeotti *et al.*, 2017) و علاوه‌براین جهت درمان سوختگی، زخم‌های پوستی، بریدگی‌ها، معده درد و زخم گزارش شده است (Dogan *et al.*, 2019). اما دو ترکیب هایپرفورین و هایپریسین مهم‌ترین متابولیت‌های ثانویه در صنعت داروسازی هستند. هایپرفورین به‌عنوان یک داروی ضدافسردگی شناخته شده است (Obata *et al.*, 2017) و هایپریسین

به‌عنوان داروی ضدسرطان (Krysko *et al*., 2013) و درمان آلزایمر (Soelberg *et al*., 2007) معرفی شده است. جداسازی هایپریسین از گل راعی توسط Cern و همکاران (1911) و ساختار آن از طریق سنتز شیمیایی توسط Brockmann و همکاران (1957) نشان داده شد. بنابراین با توجه به تقاضای زیاد صنعت داروسازی از متابولیت‌های ثانویه می‌توان با استفاده از کشت بافت گیاهان تحت شرایط آزمایشگاهی بر موانعی چون شرایط محیطی غلبه کرده و میزان متابولیت ثانویه موجود در گیاهان را افزایش داد (Yukimune et al., 1996; Karuppusamy, 2009). جهت غلبه بر محدودیت مقدار ترکیبات زیست فعال، استراتژدهای بیوتکنولوژیکی مختلفی از جمله محیط کشت مناسب، الیسیتور، تغذیه با پیش ساز، مهندسی ژنتیک و بیوراکتورها استفاده می‌شود (Naik and Al-Khayri 2016). الیسیتورها به‌عنوان مولکول‌های سیگنالی سبب تحریک فاکتورهای رونویسی شده و بیان ژن‌های مربوط به تولید متابولیت ثانویه را تنظیم می‌کند (Yamaner et al., 2013; Zhao, 2015). بنابراین دستورزی محیط‌های کشت سلولی با استفاده از الیسیتورهای زیستی یکی از راهکارهای مهم جهت افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه و تنظیم ژن‌ها موجود در مسیرهای بیوسنتزی مرتبط می‌شوند (Kianersi *et al*., 2020). استفاده از کیتوزان، بیان ژن‌های دخیل در مسیر تولید متابولیت‌های مهم را تغییر داد و شاهد افزایش آن‌ها بود (بابایی و همکاران، ۱۳۹۶).

در این مطالعه سعی شد، تاثیر الیسیتورهای کیتوزان بر بیان ژن هایپریسین در ریشه مویین و گیاهچه کامل رشد یافته تحت شرایط آزمایشگاهی در گل راعی مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

بافت گیاهی و اعمال الیسیتور

این آزمایش در آزمایشگاه زیست فناوری موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور در شهر تهران انجام شد، ابتدا تمام بذرها در هیپوکلریت سدیم ۲ درصد به‌مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی شدند. پس از گذشت یک ماه، گیاهچه کامل جهت تلقیح با باکتری آگروباکتریوم رایزوژنز آماده شدند. سویه R1000 در ریزنمونه برگ به‌عنوان بهترین سویه از نظر سرعت رشد ریشه‌های مویین انتخاب شد. در مرحله بعد، ریشه‌های مویین و گیاهچه گل راعی را با غلظت‌های مختلف کیتوزان (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰) میلی‌گرم بر لیتر و به‌مدت (۴، ۲۴، ۴۸، ۷۲ ساعت و ۳۰ روز) در محیط کشت مایع MS با یک دوم غلظت با شرایط دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند. آزمایش و به‌صورت فاکتوریل با دو تکرار در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد.

استخراج RNA و بیان ژن به‌روش Real-time PCR

به منظور طراحی آغازگر، توالی کدکننده mRNA ژن‌های *HpPKS2* و *HYP-1* به‌ترتیب با شماره دسترسی AY148090.1 و EF186676.1 از بانک اطلاعاتی NCBI گرفته شده و توسط شرکت سیناکلون بیوسنتز شد به‌صورت لیوفیلیزه دریافت شد. استخراج RNA، سنتز cDNA و جهت نرمال‌سازی از کیت Real time PCR استفاده از دستورالعمل کیت شرکت سیناکلون انجام گرفت. جهت آنالیز بیان این دو ژن *Hyp-1* و *HpPKS2*، از توالی آغازگر معکوس و مستقیم مختص به ژن مورد هدف استفاده شد (جدول ۱). شرایط دمایی و زمانی تکثیر ژن‌ها شامل (واسرشت‌سازی اولیه ۹۵ درجه سانتی‌گراد ۵ دقیقه، واسرشت‌سازی ثانویه ۹۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳۵ سیکل تکرار شد، اتصال آغازگرها ۷۲ درجه سانتی‌گراد ۳۰ ثانیه و مرحله بسط ۷۲ درجه سانتی‌گراد ۵ دقیقه) نگهداری شد آنالیز Real-time PCR ژن‌ها به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری بر پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گردید (Pfaffl *et al*., 2004).

جدول ۱. آغازگرهای مورداستفاده به منظور آنالیز بیان ژن

نام ژن	توالی آغازگر مستقیم	توالی آغازگر معکوس
Hyp-1	GCATGTTGCATTTGGGGTGTC	ACTTGAAAATGAGTACGCGACC
Polyketides synthase 2	GCCTGCGCGATTGTAGGA	GCCCTTCACTAGCTCGAATATTG

عصاره‌گیری و انجام HPLC

به منظور سنجش مقدار هایپریسین و سودوهایپریسین تولید شده در هر تیمار، از روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا و دستگاه Infinty II1260 Agilent و مجهز به پمپ چهارگانه استفاده شد. ابتدا ۰/۱ گرم از نمونه پودر شده به میکروتیوب ۲ میلی‌لیتر ریخته و به هر تیوب ۵۰۰ میکرولیتر متانول خالص اضافه شد و سپس تیوب‌ها به‌مدت ۶۰ دقیقه در حمام اولتراسونیک نگهداری شده و در نهایت به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ انجام گرفت. سنجش‌ها با استفاده از ستون 18C به طول ۱۵۰ میلی‌لیتر و قطر داخلی ۴/۶ میلی‌متر و فاز متحرک شامل متانول و آب به نسبت ۸۰۰:۲۰۰ و با شدت جریان یک میلی‌متر بر دقیقه آنالیز شدند.

نتایج

تأثیر سطوح مختلف کیتوزان بر روی مقادیر بیان ژن در گل راعی

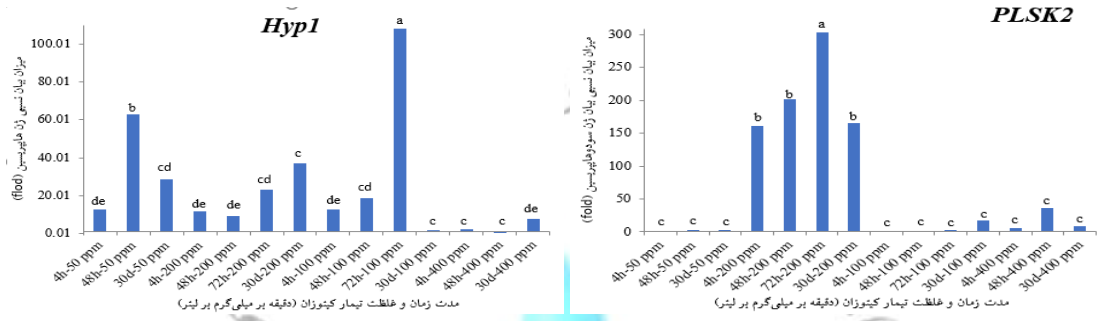
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که نمونه ریشه مویین و گیاهچه گل راعی پس از تیمار با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کیتوزان و مدت زمان ۴ و۲۴ ساعت ب باعث افزایش بیان ژن *Hyp-1* شده است. علاوه‌براین بیشترین میزان بیان ژن *PLSK2* در گیاهچه، کیتوزان با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و مدت زمان ۳۰ روز و بیشترین بیان ژن در ریشه مویین گل راعی با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و مدت زمان ۴ ساعت مشاهده گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد اثر ساده غلظت و زمان تیمار و همچنین اثر متقابل آنها بر میزان بیان ژن *Hyp-1* و *PLSK2* در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. به‌طور کلی مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد که غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در مدت زمان ۴۸ و ۷۲ ساعت باعث افزایش مقادیر بیان ژن *Hyp-1* و *PLSK2* نسبت به نمونه‌های شاهد گردید (شکل ۱).

نتایج استفاده از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کیتوزان در بازده زمانی ۴۸ ساعت در گل راعی منجر به افزایش بیان ژن هایپریسین شد (بابائی و همکاران، ۱۳۹۸). در پژوهش توسط معروفی و همکاران (۱۴۰۳)، استفاده از متیل جاسمونات در غلظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ میکرومولار و تیمار زمانی ۴۸ ساعت سبب افزایش بیان ژن پلی کتاید سنتاز در گل راعی گزارش شد. در پژوهش گیاه دارویی بادرنجبویه توسط vanda و همکاران (۲۰۱۹)، غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان منجر به بیان ژن‌های *TAT* و *RAS* نسبت به نمونه شاهد گزارش شد. گیاه کدو ماری(*Trichosanthes cucumerina*)، کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کیتوزان در ریشه‌های مویین و تیمار زمانی ۶ روز سطوح آرتیمزینین را افزایش یافته درحالی پس از گذشت ۸ روز در میزان تولید متابولیت ثانویه کاهش مشاهده شد (Lertphadungkit *et al.*, 2020). طاهرخانی و همکاران (۱۴۰۰) گزارش کردند، در گیاه زعفران (*Crocus sativus* L.) استفاده از ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان در مدت زمان ۲۴ و ۷۲ ساعت افزایش چشمگیری در بیان دو ژن *CsLYC* و *2CsGT* حاصل شد.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تأثیر مدت زمان و غلظت تیمار کیتوزان بر بیان نسبی ژن‌های *Hyp-1* و *PLSK2* در ریشه‌های مویین گیاه دارویی گل راعی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		Hyp-1	*PLSK-2*
زمان	۳	۴۱۷۳/۳**	۶۳۳۸/۰۶**
غلظت کیتوزان	۳	۱۹۵۴/۵**	۱۰۲۸۸۸/۷**
کیتوزان ×زمان	۷	۲۱۰۰/۶**	۳۲۲۰/۱**
خطای آزمایشی	۴۲	۱۵۸/۰۲	۱۲۹۷/۴

**، به ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است.

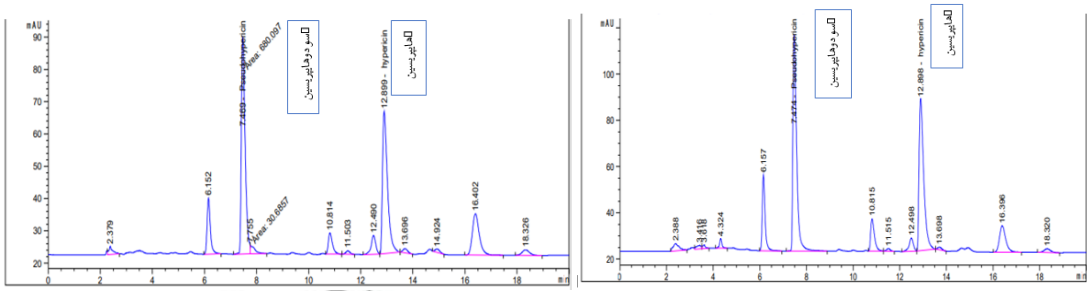


شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل غلظت و مدت زمان تیمار با کیتوزان بر میزان بیان نسبی ژن *Hyp-1* و *PLSK2* در گیاهچه و ریشه مویین گل راعی میانگین غلظت‌ها (ستون‌هاکه دارای حروف مشابهی هستند) بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

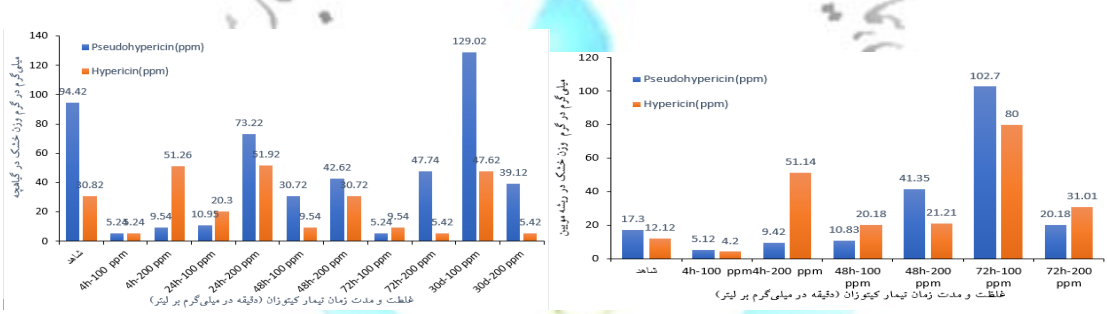
تأثیر سطوح مختلف کیتوزان بر روی مقادیر هایپریسین و سودوهایپریسین در گل راعی

نتایج HPLC نشان داد که هایپریسین و سودوهایپریسین در تمامی تیمارها تولید شده است (شکل ۲). به‌طوری که مقایسه میانگین مقادیر هایپریسین و سودوهایپریسین در ریشه مویین گل راعی با استفاده از تیمار سطوح مختلف کیتوزان نشان داد مقادیر ترکیبات مدنظر با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کیتوزان و در مدت زمان ۷۲ ساعت باعث افزایش میانگین هایپریسین (۸۰ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و در سودوهایپریسین (۷/۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) نسبت به شاهد گردید. علاوه‌براین بالاترین میزان هایپریسین در گیاهچه گل راعی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کیتوزان در مدت زمان ۲۴ ساعت با میانگین (۸/۵۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و بالاترین میزان سودوهایپریسین در غلظت (۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) در تیمار زمانی ۳۰ روز (۹/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مشاهده شد (شکل ۳). به‌طور کلی مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که کیتوزان با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و در مدت زمان ۷۲ ساعت در ریشه مویین گل راعی به ترتیب سبب افزایش تولید متابولیت هایپریسین و سودوهایپریسین به میزان ۹۳ و ۸۳ درصد نسبت به نمونه شاهد شد. علاوه‌براین گیاهچه تیمار شده با غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در تیمار زمانی ۳۰ روز به ترتیب سبب افزایش تولید متابولیت هایپریسین و سودوهایپریسین به میزان ۴۰ و ۲۶ درصد نسبت به نمونه شاهد شده است.

در آزمایش دیگر در گیاهچه *(H. adenotrichum)* تحت شرایط درون شیشه‌ای نشان داد که، الیسیتوهای مانان و پکتین منجر به افزایش بیوسنتز سودوهایپریسین و هایپریسین شد (Yamaner *et al.*, 2013). تاثیر کیتوزان با غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در گیاه نوروزک (*Salvia leriifolia*) باعث افزایش ترکیبات ثانویه از جمله رزمانتیک اسید، بنزوییک اسید، گالیک اسید و کافییک اسید نسبت به نمونه شاهد گردید(Jami *et al.*, 2018). همچنین در گیاهچه (*Lippia alba*) تحت شرایط درون شیشه‌ای استفاده از کیتوزان و عصاره مخمر در غلظت ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و تیمار زمانی ۵ روز موفق به افزایش تولید متابولیت ثانویه و مسیر بیوسنتزمتیلن-۲-نوربورن، اتیل پنت-۴-انوات و لیمونن گزارش شد.



شکل ۲. نتایج HPLC برای تیمارهای ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کیتوزان به‌مدت ۷۲ ساعت در ریشه مویین گل راعی و غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌مدت ۲۴ ساعت در گیاهچه گل راعی



شکل ۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل غلظت و مدت زمان تیمار کیتوزان بر کروماتوگرام ترکیبات هایپریسین و سودوهایپریسین در گیاهچه و ریشه مویین گل راعی میانگین غلظت‌ها (ستون‌هاکه دارای حروف مشابهی هستند) بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نیاز فراوان به داروهایی با منشا گیاهی و همچنین مقدار کمتر ۱ درصد ازمتابولیت‌ها در گیاهان دارویی با استفاده از دستورزی محیط‌های کشت به‌واسطه الیسیتورها زیستی می‌توان باعث فعال کردن ژن‌های جدید و سپس آنزیم‌ها مسیرهای بیوسنتزی بیان ژن را ایجاد کرده و در آخر نیز سبب افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان می‌شوند. در این پژوهش اکثر موارد با افزایش غلظت کیتوزان، تولید هایپریسین و سودوهایپریسین کاهش یافته است. در نتیجه کیتوزان به‌عنوان یک سیگنال دهنده قوی جهت سیستم دفاعی عمل کرده درصورتی که در غلظت و تیمار زمانی متناسب با گونه گیاهی انتخاب شود، مسیر بیوسنتری فعال کرده و سبب افزایش بیان ژن‌های هایپریسین و سودوهایپریسین در گیاه گل راعی خواهد شد.

منابع

بابایی، ز. (۱۳۹۶). بررسی اثر الیسیتور زیستی وغیر زیستی بر بیان ژن *Hyp-1* در گل راعی.(*Hypericum.perforatum*) پایانامه کارشناسی ارشد. دانشگاه زابل.

طاهرخانی، ت.، اصغری، زکریا.، و امیدی، م. (۱۴۰۰). اثر سطوح مختلف کیتوزان بر مقادیر و بیان ژن‌های کروسین و سافرانال در محیط کشت مایع زعفران (*Crocus sativus* L.)، زراعت و فناوری زعفران، ۹(۱)، (۸۱-۹۰).

Allegra, A., Tonacci, A., Spagnolo, E. V., Musolino, C., and Gangemi, S. (2020). Antiproliferative effects of St. John's wort, its derivatives, and other *Hypericum* species in hematologic malignancies. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(1), 146.

Bais, H. P., Walker, T. S., McGrew, J. J., and Vivanco, J. M. (2002). Factors affecting growth of cell suspension cultures of *Hypericum perforatum L.*(St. John's wort) and production of hypericin. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, *38*, 58-65.

Bombardelli, E., and Morazzoni, P. (1995). *Hypericum perforatum.*

Brockmann, H., Kluge, F., and Muxfeldt, H. (1957). Totalsynthese des hypericins. *Chemische Berichte*, *90*(10), 2302-2318.

Cerny, C. (1911). Uber das Hypericin (Hypericumrot). *Zeitschrift fur Physiol. Chemie*, *73*, 371-381.

Crockett, S. L., and Robson, N. K. (2011). Taxonomy and chemotaxonomy of the genus *Hypericum*. *Medicinal and aromatic plant science and biotechnology*, *5*(Special Issue 1), 1.

Ersoy, E., Ozkan, E. E., Boga, M., and Mat, A. (2020). Evaluation of in vitro biological activities of three Hypericum species *(H. calycinum, H. confertum, and H. perforatum)* from Turkey. *South African Journal of Botany*, *130*, 141-147.

Franklin, G., Beerhues, L., and Čellárová, E. (2016). Molecular and biotechnological advancements in *Hypericum species*. *Frontiers in Plant Science*, *7*, 1687.

Galeotti, N. (2017). *Hypericum perforatum* (St John's wort) beyond depression: A therapeutic perspective for pain conditions. *Journal of ethnopharmacology*, *200*, 136-146.

Kandilarov, I. K., Zlatanova, H. I., Georgieva-Kotetarova, M. T., Kostadinova, I. I., Katsarova, M. N., Dimitrova, S. Z., and Sadakov, F. (2018). Antidepressant effect and recognition memory improvement of two novel plant extract combinations-antistress I and antistress II on rats subjected to a model of mild chronic stress. *Folia medica*, *60*(1), 110-116.

Karuppusamy, S. (2009). A review on trends in production of secondary metabolites from higher plants by in vitro tissue, organ and cell cultures. J Med Plants Res 3:1222–1239.

Kianersi, F., Abdollahi, M.R., Mirzaie-asl, A., Dastan, D., Rasheed, F. (2020). Identification and tissue-specific expression of rutin biosynthetic pathway gene Capparis spinosa elicited with salicylic acid and methyl jasmonate. Sci. Rep. 10, 1-15.

Krysko, O., Løve Aaes, T., Bachert, C., Vandenabeele, P., and Krysko, D. V. (2013). Many faces of DAMPs in cancer therapy. *Cell death & disease*, *4*(5), e631-e631.

Naik, P. M., and Al-Khayri, J. M. (2016). Abiotic and biotic elicitors–Role in secondary metabolites production through in vitro culture of medicinal plants. In: Shanker AK, Shanker C (eds) Abiotic and biotic stress in plants - Recent Advances and Future Perspectives. InTech Open, pp 247–277.

Obata, H. (2017). Analgesic mechanisms of antidepressants for neuropathic pain. *International journal of molecular sciences*, *18*(11), 2483.

Soelberg, J., Jørgensen, L. B., and Jäger, A. K. (2007). Hyperforin accumulates in the translucent glands of *Hypericum perforatum*. *Annals of Botany*, *99*(6), 1097-1100.

Tocci, N., Gaid, M., Kaftan, F., Belkheir, A. K, Belhadj, I., Liu, B., Svatoš, A., Hänsch, R., Pasqua, G.,and Beerhues, L. (2018). Exodermis and endodermis are the sites of xanthone biosynthesis in *Hypericum perforatum* roots. New Phytol 217:1099–1112.

Vanda, D., Zajdel, P., and Soural, M. (2019). Imidazopyridine-based selective and multifunctional ligands of biological targets associated with psychiatric and neurodegenerative diseases. *European Journal of Medicinal Chemistry*, *181*, 111569.

Yamaner, Ö., Erdağ, B., Gökbulut, C. (2013). Stimulation of the production of hypericins in in vitro seedlings of *Hypericum adenotrichum* by some biotic elicitors. Turk J Bot 37:153–159.

Yılmaz, U., Kaya, H., Turan, M., Bir, F., and Şahin, B. (2019). Investigation the effect of *Hypericum perforatum* on corneal alkali burns. *Cutaneous and ocular toxicology*, *38*(4), 356-359.

Yukimune, Y., Tabata, H., Higashi, Y., Hara, Y. (1996). Methyl jasmonateinduced overproduction of paclitaxel and baccatin III in Taxus cell suspension cultures. Nat Biotechnol 14:1129–1132.

Zhao, D., Fu, C., Chen, Y., and Ma, F. (2004). Transformation of Saussurea Medusa for Hairy Roots and Jaceosidin Production. *Plant Cell Reports*, 23, 468-474.

The Effect of Chitosan Concentrations on Gene Expression and Hypericin and Pseudohypericin Production in Liquid Cultures of St. John's Wort (*Hypericum perforatum* L.)

Arezo Haghir-Ebrahimabadi[1], Farzad Banaei-Asl[2*]
1. PhD graduate, Dept. Horticulture, university campus 2, university of Guilan, Rasht, Iran.
2. Corresponding Author, Assist. Prof. Biotechnology Research Dept. Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREZO), Tehran, Iran. Email:
*Corresponding Author: f.banaei@rifr-ac.ir

Abstract

Hypericum perforatum L., a member of the Hypericaceae family, is known for producing valuable secondary metabolites such as hypericin and hyperforin. This study aimed to evaluate the effects of various chitosan concentrations on the expression of biosynthetic genes and the accumulation of hypericin in liquid cultures of *H. perforatum*. Seedlings and hairy root cultures were treated with chitosan at concentrations of 0, 50, 100, 200, and 400 mg/L across five time points (4, 24, 48, 72 hours, and 30 days). Gene expression was analyzed using quantitative real-time PCR, and levels of hypericin and pseudohypericin were quantified via high-performance liquid chromatography (HPLC). Results indicated that in hairy roots, chitosan at 200 and 400 mg/L significantly upregulated *Hyp-1* and *PLSK2* expression after 4 and 24 hours, respectively. In whole seedlings, the highest expression of *Hyp-1* and *PLSK2* was observed at 200 mg/L (24 hours) and 50 mg/L (30 days), respectively. HPLC analysis revealed that treatment with 100 mg/L chitosan for 72 hours increased hypericin and pseudohypericin levels by 93% and 83% in hairy roots compared to the control. Similarly, in seedlings, 30-day treatments with 100 and 200 mg/L chitosan resulted in 40% and 26% increases in hypericin and pseudohypericin content, respectively.

Keywords: Elicitor, *Hypericum perforatum*, HPLC (high-performance liquid chromatography), Real Time PCR

بررسی اثر کیتوزان بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی گل راعی (*Hypericum perforatum* L.)

آرزو حقیر ابراهیم‌آبادی[۱]، فرزاد بنائی‌اصل[۲*]

۱- فارغ التحصیل باغبانی، گروه علوم باغبانی، پردیس دانشگاهی، دانشگاه گیلان، ایران

۲- استادیار موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

[*]نویسنده مسئول: mpec2025@azaruniv.ac.ir

چکیده

کیتوزان به‌عنوان الیسیتور زیستی بی‌خطر برای انسان و محیط زیست با القا مکانیسم‌های دفاعی گیاهی، تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی افزایش داده و نقش مهمی در افزایش صفات مورفولوژیکی و تولید متابولیت‌های ثانویه ایفا می‌کند. هدف از این پژوهش بررسی اثر کیتوزان، بر میزان شاخص‌های رشدی و تولید برخی از مواد فیتوشیمیایی گیاه دارویی گل راعی (*Hypericum perforatum*) در شرایط درون شیشه انجام گرفت. ابتدا ریشه‌های مویین حاصل از ریزنمونه برگ تلقیح شده با سویه باکتری R1000 انتخاب شده و پس از اعمال تیمار صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی مورد بررسی قرار گرفت. تیمارها شامل پنج غلظت کیتوزان (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و در پنج تیمار زمانی شامل (۴، ۲۴، ۴۸، ۷۲ ساعت و ۳۰ روزه) بودند. با کاهش غلظت کیتوزان و افزایش تیمار زمانی در محیط کشت MS، شاخص‌های رشدی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافتند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که کیتوزان، با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در تیمار زمانی ۷۲ ساعت و ۳۰ روز، به‌عنوان الیسیتور زیستی می‌تواند باعث افزایش وزن تر، وزن خشک و طول ریشه مویین در گیاه دارویی گل راعی شود، علاوه‌براین کیتوزان با غلظت ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در تیمار زمانی ۷۲ ساعت بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده شد. به‌طورکلی کاربرد کیتوزان با غلظت و مدت زمان مناسب نقش مؤثری در افزایش برخی از صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی گل راعی دارد.

واژه‌های کلیدی: الیسیتور زیستی، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، شاخص‌های رشدی، کشت درون شیشه‌ای

مقدمه

براساس گزارش سازمان بهداشت جهانی[1]، یک چهارم از تولید داروهای جدید ایالات متحده‌ی آمریکا به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم، منشا گیاهی دارند (Halder *et al.*, 2019). درنتیجه قبل از انقراض گونه‌های گیاهی مهم باید شرکت‌های داروسازی استراتژی‌های خود را در زمینه تحقیقات فرآورده‌های طبیعی تجدید کرده‌اند تا منابع بالقوه و مولکول‌های جدیدی را برای توسعه دارو به نمایش بگذارند (Süntar, 2020).

گل راعی با نام علمی(*Hypericum perforatum* L.) یا St John's wort شناخته می‌شود، یک گیاه دارویی مهم بوده و دارای خواص ضدافسردگی، ضدالتهابی، ضدویروسی، ضدسرطانی و ضدباکتریایی هستند (Saroglou *et al.*, 2007).

1. WHO

متابولیت‌های ثانویه مهم در گل راعی، می‌توان به هایپریسین‌ها، هایپرفورین‌ها، فلاونوئیدها، زانتون‌ها اشاره کرد (Wang *et al.*, 2015). در این راستا، کاربرد الیسیتورها به‌عنوان یک راهکار موثر در جهت افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه گونه‌های گیاهی *H. perforatum* است (Hou *et al.*, 2016). از ویژگی‌های بارز این الیسیتورها به ارتباط محرک‌ها با سلول گیاهی و مسیر سیگنال‌دهی و پاسخ مناسب در سلول گیاهی را می‌توان اشاره کرد (Ramachandra and Ravishankar, 2002).

نکته قابل اهمیت، سازگاری گیاهان در برابر تنش‌های محیطی بر اساس واکنش اجتناب یا تحمل است (Koch *et al.*, 2016). بنابراین توانایی گیاهان برای سازگاری با یک تنش خاص نیاز به تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی مناسب در گیاه بستگی دارد، بنابراین سیستم دفاعی گیاه با گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) از جمله مولکول‌های رادیکالی و غیررادیکالی ارتباط مستقیم دارد (You and Chan, 2015; Sewelam *et al.*, 2016). در این راستا، آنزیم‌ها با کاهش و تنظیم سطوح مناسب گونه‌های فعال اکسیژن باعث رشد و پیام رسانی در مکانسیم گیاه می‌شود (Hussain *et al.*, 2012).

مواد و روش

نمونه‌های بذری از موسسه تحقیقات جنگل و مراتع کشور در شهر تهران تهیه شد. ابتدا بذرها ضدعفونی شده و پس از یک ماه ریزنمونه‌های برگی گل راعی جدا شده و سپس با سویه باکتری R1000 تلقیح شدند. پس از گذشت ۲۱ روز ریشه‌های مویین حاصل شده از ریزنمونه برگ، جهت تأیید تراریختی با استفاده از واکنش زنجیرهای پلیمراز (PCR) مورد بررسی قرار گرفتند. ریشه های مویین به محیط کشت مایع MS با یک دوم غلظت با پنج تیمار غلظت (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰) میلی‌گرم بر لیتر و در پنج تیمار زمانی شامل (۴، ۲۴، ۴۸، ۷۲ ساعت و ۳۰ روزه) قرار گرفتند.

اندازه‌گیری شاخص‌های رشد

به‌طور تصادفی از هر تیمار آزمایشی سه پتری دیش انتخاب گردید. طول ریشه مویین با استفاده از خط‌کش تعیین شد. سپس با استفاده از کاغذ صافی آب اضافی نمونه‌ها گرفته و وزن تر برای کلیه تیمارها محاسبه گردید. سپس نمونه‌ها در درون فویل آلومینیومی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه آون قرار داده شدند تا وزن خشک آنها تعیین گردد. وزن تر و خشک به‌وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ تعیین شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD)[1]

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز با استفاده از روش MacAdam و همکاران (۱۹۹۲) انجام گرفت. فاز شفاف رویی با ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات (۵۰ میلی‌مولار) را با ۱ میلی‌لیتر گایاکول (۲۰ میلی‌مولار) و ۱ میلی‌لیتر H_2O_2 (۳۰ میلی‌مولار) مخلوط کرده و سپس به مخلوط بالا ۱ میلی‌لیتر از عصاره بافت گیاهی اضافه شد. تغییرات جذب نوری در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت ۱ دقیقه با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد.

1. peroxidase

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD)[1]

برای سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز با استفاده از روش Crapo و همکاران (۱۹۹۲) انجام شد. فاز رویی با ۲/۸ میلی‌لیتر از محلول بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار، ۰/۱ میلی‌لیتر NBT (۰/۱ میلی‌مولار) و ۰/۱ میلی‌لیتر ریبوفلاوین (۰/۱ میلی‌مولار)، EDTA (۰/۱ میلی‌مولار) و ۰/۱ میلی‌لیتر متیونین (۱۳ میلی‌مولار) در یک فالکون مخلوط و سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره بافت گیاهی به ترکیبات نام برده اضافه شد. تغییرات جذب نوری در طول موج ۵۶۰ نانومتر به‌مدت ۵ دقیقه با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT)[2]

جهت سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از روش Aebi و همکاران (۱۹۸۴) انجام شد. ابتدا محلول رویی جمع‌آوری با ۲ میلی‌لیتر بافر H_2O_2 ۳۰ میلی‌مولار با ۱ میلی‌لیتر عصاره ریشه مخلوط شد. تغییرات جذب نوری در طول موج ۲۴۰ نانومتر به‌مدت ۱ دقیقه با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری مقدار پرولین (Pro)[3]

سنجش مقدار پرولین با استفاده از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) انجام شد. ابتدا محلول رویی با ۲ میلی‌لیتر عصاره بافت گیاهی به همراه ۲ میلی‌لیتر نینهیدرین (۱/۲۵ گرم در ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک سرد) و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک سرد (۶۰ درصد) مخلوط شد. جذب نوری در طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری مقدار فنل کل (TPC)[4]

سنجش مقدار فنل کل با استفاده از روش Velioglu و همکاران (۱۹۹۸) انجام گرفت. ابتدا فاز رویی با ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره ریشه را با ۲/۵ میلی‌لیتر معرف فولین-سیوکالتیو (۱ نرمال) مخلوط کرده و پس از ۵ دقیقه، ۲ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم (۷/۵ درصد) به مخلوط اضافه شده و سپس مخلوط به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. جذب نوری در طول موج ۷۶۵ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری

داده‌های این آزمایش به شکل آماری کاملا تصادفی در سه تکرار بررسی شده و با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج

تاثیر تیمارها بر پارامترهای رشدی ریشه مویین گل راعی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد، اثر متقابل غلظت و مدت زمان تیمار قرار گرفتن بر وزن تر غیرمعنی‌دار و در وزن خشک و طول ریشه مویین معنی‌دار شدند. مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین میزان وزن تر در

1. Superoxide dismutase
2. Catalase
3. Proline
4. Total Phenolic content

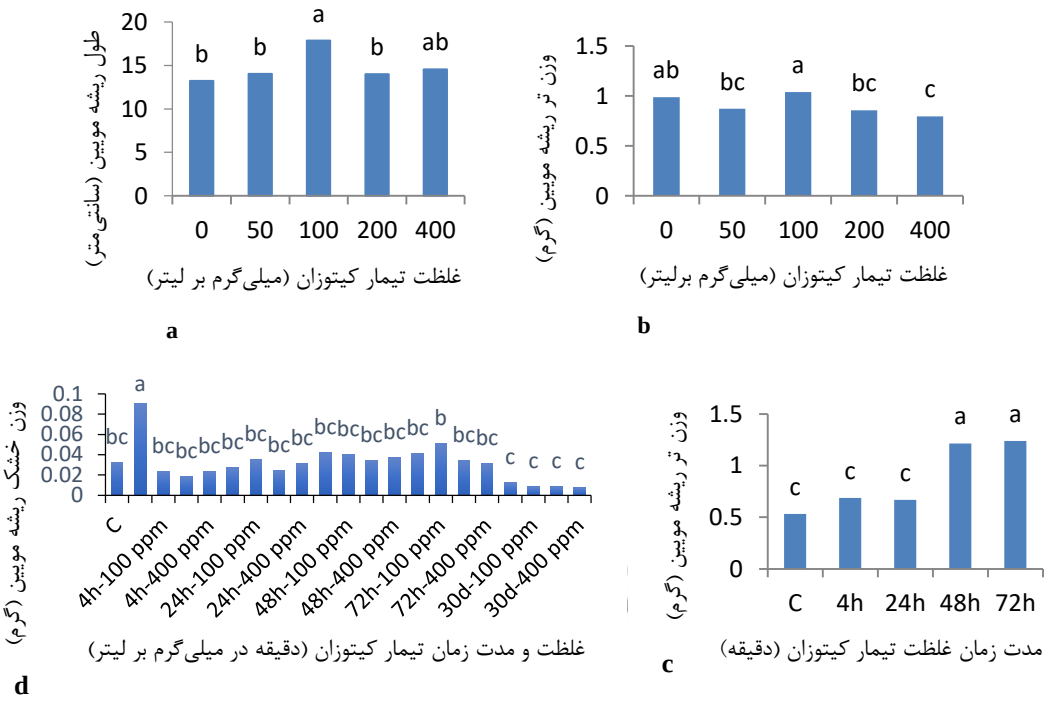
غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (۱/۰۳ گرم) و تیمارهای زمانی ۴۸ و ۷۲ مشاهده شد (شکل a–۱ و b–۲). بیشترین طول ریشه مویین در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کیتوزان (۱۷/۸ سانتی‌متر) مشاهده شد (شکل c–۱). بیشترین میزان وزن خشک در تیمارهای زمانی ۴ و ۷۲ ساعت با غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر حاصل شده که نسبت به شاهد و سایر ریزنمونه‌های تیمارشده افزایش چشمگیری حاصل شد (شکل d–۱). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین ریشه‌های موئین تیمارشده در تیمار زمانی ۳۰ روز نشان داد، بیشترین میزان وزن خشک (۰/۰۳۲ گرم)، طول ریشه مویین (۲۹/۸۸ سانتی‌متر) و وزن تر (۰/۹۴ گرم) با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد.

در پژوهشی دیگر توسط Brasili و همکاران (۲۰۱۶) ریشه‌های مویین گل راعی تحت تأثیر دو عامل، زمان کشت روز یازدهم (۷۲ ساعت)، روز سیزدهم (۹۶ ساعت) و روز شانزدهم (۱۹۲ ساعت) در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کیتوزان نشان داد، در روز ۱۱ و ۱۲ تیماردهی افزایش رشد بیومس دیده شده اما در روز ۱۶ کاهش شدید نرخ رشد و همچنین زیست توده از ۰/۳۲ به ۰/۱۷ مشاهده شد. این نتایج تایید می‌کند که کیتوزان به‌شدت بر متابولیسم ثانویه، رشد و توسعه و زیست توده ریشه تأثیر می‌گذارد (Brasili *et al*., 2016; Zabricka *et al*., 2014; Valletta *et al*., 2016). در آزمایشی توسط گرزی و همکاران (۱۳۹۷)، در ریشه مویین گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) نشان داد نانوذرات کیتوزان با غلظت (۲ میلی‌گرم بر لیتر) بعد از گذشت ۲۰ روز سبب افزایش معنی‌داری در رشد ریشه‌های مویین گزارش شده است. در نتیجه از یکی از عوامل مهم کاهش زیست توده گیاهی در ریشه مویین و گیاهچه گل راعی غلظت الیسیتورها بوده که با تحقیق حاضر مطابقت دارد.

جدول ۱. تجزیه واریانس غلظت، مدت زمان تیمار کیتوزان و اثر متقابل آن‌ها بر صفات مورفولوژیکی ریشه‌های مویین گل راعی

		میانگین مربعات		
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر	وزن خشک	طول ریشه مویین
زمان تیمار	۳	۰/۰۱۱۹**	۰/۰۰۱*	۶۳/۷۵**
غلظت	۳	۱/۶۱**	۰/۰۰۰۱^{ns}	۱/۲۸۷^{ns}
اثر متقابل	۹	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۰۰۱*	۲/۰۱**
خطای آزمایشی	۵۱	۰/۰۲۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۴۸۷

**، * و ns به ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر اصلی تاثیر غلظت تیمار بر میزان وزن تر ریشه مویین a) و اثر اصلی تاثیر مدت زمان بر میزان وزن تر ریشه مویین b) و اثر اصلی غلظت تیمار کیتوزان بر میزان طول ریشه مویین c) و اثر متقابل غلظت و مدت زمان تیمار کیتوزان بر میزان وزن خشک ریشه مویین گل راعی d) میانگین غلظت‌ها (ستون‌ها) که دارای حروف مشابهی هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

تاثیر الیسیتور کیتوزان بر میزان سنجش فیتوشیمیایی در ریشه‌های مویین گل راعی

بر طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد، اثر اصلی غلظت کیتوزان بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز، پراکسیداز، محتوای فنل کل و پرولین معنی‌دار شدند و علاوه‌براین، اثر متقابل غلظت و مدت زمان تیمار بر میزان فعالیت آنزیم‌ها معنی‌دار بود. بررسی نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، کیتوزان با غلظت ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در تیمار زمانی ۷۲ ساعت به ترتیب سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز به‌میزان (۶/۹۰۰ میکرومول بر دقیقه)، فعالیت آنزیم پراکسیداز به‌میزان (۷/۰۵ میکرومول بر دقیقه)، فعالیت آنزیم پرولین (۱۴/۳۵ میکروگرم در گرم وزن خشک) و بیشترین میزان محتوای فنل کل (۴۵/۰۰ میلی گرم در گرم وزن خشک) به‌دست آمد و همچنین بیشترین فعالیت سوپراکسید دیسموتاز به‌میزان (۲۹/۰۰ میکرومول بر دقیقه) در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر در تیمار زمانی ۴۸ ساعت مشاهده شد.

در پژوهشی توسط Stasinska-Jakubas و همکاران (۲۰۲۳)، محلول‌پاشی ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کیتوزان، سلنیوم در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر و سالیسیلیک اسید با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر در گل راعی نشان داد، ۱۰ روز پس از تیماردهی بیشترین میزان پرولین آزاد و سایر فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان‌های گزارش شد. در پژوهشی دیگر در شاخساره گل راعی تحت شرایط درون شیشه‌ای استفاده از پلی ساکاریدها (کیتین، پکتین، دکستران) به‌میزان ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در بازده زمانی ۱۴ و ۲۱ همبستگی مثبتی بین افزایش محتوای فلاونوئیدها و هایپریسین و افزایش

فعالیت پراکسیداز نشان داد (Gadzovska Simic *et al.*, 2014). Jami و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که استفاده از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کیتوزان در نوروزک تحت شرایط کشت درون شیشه‌ای (*Salvia leriifolia*) سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیدانی شده است. درنتیجه کیتوزان با القا مکانیسم‌های دفاعی گیاهی تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند افزایش داده و در نهایت آسیب‌های ناشی از رادیکال آزاد را کاهش داده و نتایج تحقیق حاضر را تایید می‌کند.

جدول ۲. تجزیه واریانس تأثیر غلظت و مدت زمان تیمار با الیسیتور کیتوزان بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در ریشه‌های موئین گل راعی

منابع تغییرات	درجه آزادی	کاتالاز	پراکسیداز	سوپراکسید دیسموتاز	میانگین مربعات محتوای فنل کل	پرولین
غلظت کیتوزان	۳	۶/۲۹**	۱۳/۶**	۳۴/۵۶*	۱/۹۶**	۳۸/۵۳**
مدت زمان تیمار	۴	۴/۲۳**	۲/۴*	۲/۸۴^{ns}	۰/۲۱۱^{ns}	۱/۲^{ns}
اثر متقابل	۱۲	۲/۳۵*	۱/۸*	۲۶/۲۹*	۰/۳۲*	۱۴/۳**
خطای آزمایشی	۲۲	۰/۷۷۸	۰/۶۲۴	۸/۳۶	0/126	۱/۵۶

**، * و ns به ترتیب نشان دهنده وجود اختلف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج در گل راعی نشان داد به‌صورت میانگین استفاده از کیتوزان با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر وتیمار زمانی ۷۲ ساعت باعث افزایش صفات مورفولوژیکی به‌میزان ۴۲ درصد و همچنین کاربرد کیتوزان با غلظت ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر وتیمار زمانی ۷۲ ساعت صفات فیتوشیمیایی به‌میزان ۵۰ درصد در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده شد. همچنین افزایش غلظت الیسیتور سبب کاهش توانایی سلول در پاسخ به الیسیتور شده و تاثیر مفیدی در میزان شاخص رشد و صفات فیتوشیمیایی نخواهد داشت.

منابع

گرزی، ر.، برنارد، ف.، و قلمبران، م. ر. (۱۳۹۷). تأثیر الیسیتور نانوذرات کیتوزان جهت تولید و نشت رنگدانه زرد در کشت ریشه گیاه گلرنگ. زیست فناوری گیاهان دارویی ۴، (شماره اول)، ۱۶-۲۷.

Abraham, F., Bhatt, A., Keng, C. L., Indrayanto, G., and Sulaiman, S. F. (2011). Effect of yeast extract and chitosan on shoot proliferation, morphology and antioxidant activity of *Curcuma mangga* in vitro plantlets. *African journal of biotechnology*, *10*(40), 7787-7795.

Aebi, H. (1984). [13] Catalase In vitro Methods in Enzymology *Academic Press*, (Vol. 105, pp. 121-126).

Amiri, S., Kazemitabar, S. K., Ranjbar, G. A., and Azadbakht, M. (2011). In vitro propagation and whole plant regeneration from callus in Datura (*Datura stramonium.* L). *African Journal of Biotechnology*, *10*(3), 442-448.

Bates, L. S., Waldren, R. P. A., and Teare, I. D. (1973). Rapid Retermination of Free Proline for Water-stress Studies. *Plant and Soil*, *39*, 205-207.

Brasili, E., Miccheli, A., Marini, F., Praticò, G., Sciubba, F., Di Cocco, M. E., and Pasqua, G. (2016). Metabolic Profile and Root Development of *Hypericum perforatum L.* In vitro Roots under Stress Conditions due to Chitosan Treatment and Culture time. *Frontiers in Plant Science*, *7*, 507.

Crapo, J. D., Oury, T., Rabouille, C., Slot, J. W., and Chang, L. Y. (1992). Copper, Zinc Superoxide dismutase is Primarily a Cytosolic Protein in Human Cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89(21), 10405-10409.

Gadzovska, S., Maury, S., Delaunay, A., Spasenoski, M., Hagège, D., Courtois, D., and Joseph, C. (2013). The influence of salicylic acid elicitation of shoots, callus, and cell suspension cultures on production of naphtodianthrones and phenylpropanoids in *Hypericum perforatum* L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, *113*, 25-39.

Halder, M., Sarkar, S. and Jha, S. (2019). Elicitation: A Biotechnological Tool for Enhanced Production of Secondary metabolites in Hairy Root Cultures. *Engineering in Life Sciences*, 19, 8.095-00.

Hou, W., Shakya, P., and Franklin, G. (2016). A perspective on *Hypericum perforatum* genetic transformation. *Frontiers in Plant Science*, *7*, 879.

Hussain, M. S., Fareed, S., Ansari, S., Rahman, M. A., Ahmad, I. Z., and Saeed, M. (2012). Current approaches toward production of secondary plant metabolites. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, *4*(1), 10-20.

Jami, S., Esmaeilzadeh Bahabadi, S., and Modarres, M. (2018). Effect of chitosan on micropropagation, secondary metabolites content and antioxidant activity of in vitro cultured *Salvia leriifolia*. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, *31*(3), 568-578.

Jamshidi-Kia, F., Lorigooini, Z. and Amini-Khoei, H. (2017). Medicinal Plants: Past History and Future Perspective. *Journal of Herbmed Pharmacology*, 7, 1-7.

Koch, K. G., Chapman, K., Louis, J., Heng-Moss, T., and Sarath, G. (2016). Plant tolerance: A unique approach to control hemipteran pests. Front. Plant Sci. 7. doi: 10.3389/fpls.2016.01363.

MacAdam, J. W., Nelson, C. J., and Sharp, R. E. (1992). Peroxidase Activity in the Leaf Elongation Zone of Tall Fescue: I. Spatial Distribution of Ionically Bound Peroxidase Activity in Genotypes Differing in Length of the Elongation zone. *Plant Physiology*, 99(3), 872-878.

Ramachandra, R. S. and Ravishankar, G. A. (2002) Plant cell culture: chemical factories of secondary metabolites. Biotechnology Advances 20: 101-53.

Saroglou, V., Marin, P. D., Rancic, A., Veljic, M., and Skaltsa, H. (2007). Composition and antimicrobial activity of the essential oil of six Hypericum species from Serbia. *Biochemical Systematics and Ecology*, *35*(3), 146-152.

Stasińska-Jakubas, M., Hawrylak-Nowak, B., Wójciak, M., and Dresler, S. (2023). Comparative effects of two forms of chitosan on selected phytochemical properties of Plectranthus amboinicus (Lour.). *Molecules*, *28*(1), 376.

Süntar, I. (2020). Importance of Ethnopharmacological Studies in Drug Discovery: Role of Medicinal Plants. *Phytochemistry Reviews*, 19, 119.1209-9.

Valletta, A., De Angelis, G., Badiali, C., Brasili, E., Miccheli, A., Di Cocco, M. E., and Pasqua, G. (2016). Acetic acid Acts as an Elicitor Exerting a Chitosan-like Effect on Xanthone Biosynthesis in *Hypericum perforatum* L. Root Cultures. *Plant Cell Reports*, 35, 1009-1020.

Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L. and Oomah, B. D. (1998) Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 4113-4117.

Wang, J., Qian, J., Yao, L., and Lu, Y. (2015). Enhanced production of flavonoids by methyl jasmonate elicitation in cell suspension culture of *Hypericum perforatum. Bioresources and Bioprocessing*, *2*, 1-9.

You, J., and Chan, Z. (2015). ROS regulation during abiotic stress responses in crop plants. Front. Plant Sci. 6. doi: 10.3389/fpls.2015.01092.

Zubrická, D., Mišianiková, A., Henzelyová, J., Valletta, A., De Angelis, G., D'Auria, F. D., Simonetti, G., Pasqua, G., and Čellárová, E. (2015). Xanthones from Roots, Hairy Roots and Cell Suspension Cultures of Selected *Hypericum* species and Their Antifungal Activity against *Candida albicans*. *Plant Cell Reports*, 34, 1953-1962.

Study of the Effect of Chitosan on Morphological and Phytochemical Traits of the Medicinal Plant St. John's Wort (*Hypericum perforatum* L.)

Arezo Haghir-Ebrahimabadi[1], Farzad Banaei-Asl[2*]
1. PhD graduate, Dept. Horticulture, university campus 2, university of Guilan, Rasht, Iran.
2. Corresponding Author, Assist. Prof. Biotechnology Research Dept. Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
*Corresponding Author: f.banaei@rifr-ac.ir

Abstract

Chitosan, a safe biological elicitor for humans and the environment, enhances the production of antioxidant enzymes by inducing plant defense mechanisms and plays a significant role in improving morphological traits and promoting the synthesis of secondary metabolites. This study aimed at investigating the effect of chitosan on growth indices and the production of selected phytochemicals in the medicinal plant St. John's wort (*Hypericum perforatum*) under in vitro conditions. Initially, hairy roots derived from leaf explants inoculated with the R1000 bacterial strain were selected, and following treatment, morphological and phytochemical traits were evaluated. The treatments included five chitosan concentrations (0, 50, 100, 200, and 400 mg/L) and five exposure durations (4, 24, 48, 72 hours, and 30 days). With decreased chitosan concentrations and prolonged exposure in the MS culture medium, the plant's growth indices and antioxidant capacity increased significantly compared to the control. The results of this study indicated that chitosan, at a concentration of 100 mg/L and a treatment duration of 72 hours or 30 days, as a biological elicitor, enhanced fresh weight, dry weight, and hairy root length in the medicinal plant St. John's wort. Additionally, chitosan at concentrations of 200 and 400 mg/L with a 72-hour treatment duration exhibited the highest antioxidant activity. In general, the application of chitosan at appropriate concentrations and durations plays an effective role in enhancing specific morphological and phytochemical traits of *Hypericum perforatum*.

Keywords: Antioxidant enzymes, Biological elicitor, Growth indices, In vitro culture

پتانسیل ضدسرطانی میخک و ترکیبات آن: مروری کوتاه بر مکانیسم‌ها و کاربردهای درمانی

علیرضا سلمانی[۱]، یوسف پناهی*[۱]، پویا صابرفرزام[۱]، پینار طهماسب‌زاده بسطام[۱]
۱- گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
*نویسنده مسئول: y.panahi@tabrizu.ac.ir

چکیده

میخک (*Syzygium aromaticum*) و ترکیبات زیست‌فعال اصلی آن، اوژنول و بتا - کاریوفیلن، از طریق مکانیسم‌های گوناگون، خواص ضدسرطانی چشمگیری نشان می‌دهند. برای این مطالعه مروری، کلیدواژه‌های 'سرطان' و 'میخک' و '*Syzygium aromaticum*' در پاب‌مد جستجو شد. از میان ۲۸۷ مقاله منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵، ۲۹ مقاله که مستقیماً با پتانسیل ضدسرطانی میخک مرتبط بودند، انتخاب شدند. اوژنول که ۷۵ تا ۸۵ درصد از اسانس میخک را تشکیل می‌دهد، با فعال‌سازی آبشارهای کاسپاز، تعدیل نسبت‌های Bax/Bcl-2 و اختلال در عملکرد میتوکندری، آپوپتوز را القا می‌کند؛ هم‌زمان از طریق تحریک مسیر AMPK/ULK اتوفاژی را تقویت می‌نماید. این عوامل با متوقف کردن چرخه سلولی در فازهای G0/G1 یا G2/M، مهار گلیکولیز هوازی از طریق کاهش بیان PKM2 در سرطان روده بزرگ، کاهش رگ‌زایی با سرکوب VEGF و جلوگیری از متاستاز با مهار فعالیت MMP-2/-9، پیشرفت تومور را سرکوب می‌کنند. نانوفرمولاسیون‌ها، از جمله نانوامولسیون‌ها و نانوذرات نقره یا اکسید روی، به طور قابل‌توجهی فراهمی زیستی و سمیت انتخابی این ترکیبات را افزایش داده و مقادیر IC50 را در مدل‌های سرطان سینه تا ۳/۴ برابر کاهش می‌دهند. میخک اثرات هم‌افزایی با درمان‌های رایج از جمله سیس‌پلاتین و پرتودرمانی نشان می‌دهد، به سد خونی-مغزی نفوذ کرده و گلیوبلاستوما را هدف قرار می‌دهد، و با کاهش بیان PD-L1، ایمنی ضدتوموری را تقویت می‌کند. نکته مهم این است که درحالی‌که این یافته‌ها میخک را به‌عنوان یک درمان کمکی چندهدفه و امیدبخش برای سرطان معرفی می‌کنند، اعتبارسنجی بالینی در مطالعات انسانی همچنان ضروری است تا اثربخشی پیش‌بالینی آن به کاربردهای درمانی تبدیل شود.

واژه‌های کلیدی: اوژنول، سرطان، میخک

The Anticancer Potential of Clove and its Constituents: A Short Review of Mechanisms and Therapeutic Applications

Alireza Salmani[1], Yousef Panahi[1]*, Pouya Saber Farzam[1], Pinar Tahmasebzadeh Bastam[1]
1. Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
*Corresponding Author: y.panahi@tabrizu.ac.ir

Abstract

Syzygium aromaticum (clove) and its primary bioactive compounds eugenol and β-caryophyllene demonstrate significant anticancer properties through diverse mechanisms. For this review study, keywords 'cancer' and 'clove' and '*Syzygium aromaticum*' were searched in PubMed. Out of 287 articles published between 2015 and 2025, a total of 29 articles directly related to the anticancer potential of clove were selected. Eugenol, constituting 75–85% of clove essential oil, induces apoptosis by activating caspase cascades, modulating Bax/Bcl-2 ratios, and disrupting mitochondrial function while concurrently promoting autophagy via AMPK/ULK pathway stimulation. These agents suppress tumor progression by arresting the cell cycle at G0/G1 or G2/M phases, inhibiting aerobic glycolysis through PKM2 downregulation in colorectal cancer, reducing angiogenesis via VEGF suppression, and impeding metastasis by blocking MMP-2/-9 activity. Nanoformulations such as nanoemulsions and silver or zinc oxide nanoparticles substantially enhance bioavailability and selective cytotoxicity, reducing IC50 values by 3.4-fold in breast cancer models. Clove exhibits synergistic effects with conventional therapies including cisplatin and radiation, penetrates the blood-brain barrier to target glioblastoma, and augments antitumor immunity by downregulating PD-L1 expression. Critically, while these findings position clove as a promising multitargeted adjuvant for cancer therapy, clinical validation in human studies remains essential for preclinical efficacy to become therapeutic applications.

Keywords: Cancer, Eugenol, *Syzygium aromaticum*

تاثیر نوع حلال بر میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره گیاه حنا (*Lawsonia inermis*)

سرور محمدی[۱]، محدثه شمس الدین سعید[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی دانشگاه باهنرکرمان، دانشکده کشاورزی واحد بردسیر

۲- استادیار گروه تولیدات گیاهی، مرکز آموزش عالی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان

*نویسنده مسئول: Soroormohammadi234@gmail.com

چکیده

ترکیبات زیست فعال گیاهان دارویی که به عنوان منابع طبیعی با خواص آنتی اکسیدانی قوی شناخته میشوند، نقش مهمی در پیشگیری از آسیب‌های اکسیداتیو و ارتقاء سلامت انسان ایفا می‌کنند. انتخاب حلال مناسب در فرآیند استخراج، نقش کلیدی در دستیابی به بالاترین میزان این ترکیبات با کیفیت مطلوب دارد. حنا در سراسر جهان به عنوان یک ماده آرایشی با خواص ضد سرطان، ضدالتهابی، مسکن و تب بر شناخته می‌شود. به منظور بررسی تاثیر نوع حلال بر میزان ترکیبات فنلی و میزان ترکیبات آنتی اکسیدانی (فنل کل، تانن‌ها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین و کربوهیدرات) عصاره گیاه حنا (*Lawsonia inermis*)، آزمایشی در آزمایشگاه پژوهشی مرکز آموزش عالی کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال ۱۴۰۲ اجرا گردید. نتایج نشان داد که میزان آنتوسیانین، کربوهیدرات و فلاونوئید در عصاره اتانولی بیشتر از عصاره آبی بود و این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < 0/001$). بیشترین میزان آنتوسیانین، فلاونوئید و کربوهیدرات به ترتیب مربوط به عصاره اتانولی با مقادیر (۴۷۷۴/۰۰۰۰mg/gr)، (۴۸۹/۲۲۶۳ mg/gr) و (۳۹۷/۸۹۶۸ mg/gr) و کمترین مقدار مربوط به عصاره آبی به ترتیب با مقادیر (۱۱۱۹/۱۰۰۰ mg/gr)، (۵۳/۸۶۵۱ mg/gr) و (۲۱۷/۹۶۶۲ mg/gr) بود. همچنین بیشترین میزان تانن و فنل در عصاره آبی به ترتیب با مقادیر (۷۵۴۲/۳ mg/gr) و (۲۱۹/۵ mg/gr) بود. نتایج این تحقیق نشان داد برای استخراج ترکیبات متنوع بین دو عصاره آبی و اتانولی اختلاف وجود دارد، با توجه به هدف مورد نظر آزمایش می‌توان از عصاره آبی یا اتانولی برای استخراج ترکیبات استفاده کرد.

واژگان کلیدی: آنتی‌اکسیدان، تانن، حنا، عصاره‌گیری، گیاهان دارویی

مقدمه

از هزاران سال پیش، گیاهان نقش بسزایی در حفظ سلامت و بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها ایفا کرده اند. گیاهان دارویی خواص متعددی دارند، از جمله خاصیت ضد باکتریایی، ضد انگلی، ضد قارچی و آنتی اکسیدانی. استفاده از آنتی اکسیدان‌های سنتزی در صنایع دارویی، پزشکی و کشاورزی رواج چشمگیری یافته است، اما اثرات سمی این ترکیبات به اثبات رسیده و انکارناپذیر است بنابراین، دستیابی به آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی با منشا گیاهی و استفاده از آن‌ها در زمینه‌های ذکر شده، به دلیل تاثیرات بیولوژیک گسترده و عوارض جانبی کمتر، در مقادیر کنترل شده بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Milos et al., 2011). آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیباتی هستند که فرآیند اکسیداسیون را متوقف یا کند میکنند و باعث طولانی‌تر شدن عمر مواد اکسید شده می‌شوند. همچنین، در غلظت‌های پایین، این ترکیبات توانایی مهار فرآیندهای ناشی از رادیکال‌های آزاد مخصوصا ROSها را دارند (Chirage et al., 2013). اگرچه میزان

بازده استخراج و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات زیست فعال استخراج شده نه تنها به فرآیند استخراج، بلکه به حلال مورد استفاده در فرآیند استخراج نیز بستگی دارد (Turkmen et al., 2006). معمولاً از حلال‌های قطبی برای استخراج ترکیبات پلی فنلی از ماتریکس‌های گیاهی استفاده می‌شود. بهترین نوع حلال‌ها برای فرآیند استخراج، مخلوط‌های آبی حاوی اتانول، متانول، استون و اتیل استات هستند. در بین این حلال‌ها، اتانول به عنوان یک حلال مناسب و موثر برای استخراج ترکیبات پلی فنلی شناخته می‌شود (Turkmen et al., 2006). پژوهش‌های متعددی درباره تاثیر نوع حلال و روش استخراج بر میزان استخراج ترکیبات زیست فعال از عصاره‌های گیاهی انجام شده است. در تحقیقی، تاثیر تیمار حلال‌های متانول، اتانول و استون (۵۰، ۹۰ و ۱۰۰ درصد) و همچنین آب مقطر، بر میزان ترکیبات فنلی میوه‌ی عناب (*Ziziphus jujube Miller*) بررسی شد و نتایج نشان داد، استون ۵۰ درصد در استخراج ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی بهترین عملکرد را در میان سایر حلال‌ها داشته و در همه‌ی موارد، آب حداقل قابلیت استخراج را داشته است (Davarynejad et al., 2017). خداپرست و همکاران در سال ۲۰۰۷، با بررسی ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های آبی و متانولی برگ‌های حنا نشان دادند، که عصاره آبی دارای فعالیت موثرتری است. همچنین، آن‌ها بیان کردند که روش استخراج نقش مهمی در میزان ترکیبات فنلی و شدت فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره حنا دارد (Khodaparast et al., 2007). گیاه دارویی- صنعتی حنا (*Lowsonia inermis L.*) با وجود کاربردهای فراوان در زمینه دارویی و رنگرزی، امروزه کشت و کار این گیاه تنها در برخی مناطق استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان انجام می‌شود و روند کاشت آن در این منطقه رو به کاهش است. حنا گیاهی چندساله، بوته‌ای با شاخه‌های فراوان و بدون کرک است که ارتفاع آن به حدود ۴ متر می‌رسد. برگ‌های این گیاه کوچک، با طولی بین ۱/۵ تا ۵ سانتی متر و عرض ۰/۵ تا ۲ سانتی‌متر، بیضوی شکل، نوک تیز، لبه‌دار و به رنگ قهوه‌ای متمایل به سبز تا قهوه‌ای تیره هستند که به صورت متقابل روی شاخه‌ها قرار گرفته‌اند (Chaudhary et al., 2010). هدف از این پژوهش، بررسی تاثیر نوع حلال استخراج (مانند اتانول، متانول، آب و ...) بر میزان ترکیبات فنلی کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاه حنا، به منظور شناسایی موثرترین حلال در استخراج ترکیبات زیست فعال این گیاه دارویی است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر نوع حلال و روش استخراج بر ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاه حنا، آزمایشی در آزمایشگاه پژوهشی مرکز آموزش عالی کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال ۱۴۰۲ اجرا گردید. برای انجام آزمایش، ابتدا نمونه‌های گیاهی (برگ) از گیاه حنا توده بومی شهداد جمع‌آوری شدند سپس، نمونه‌ها در شرایط سایه به طور کامل خشک شده و با استفاده از آسیاب پودر گردیدند.

روش استخراج عصاره

ابتدا برگ‌های گیاه حنا پس از آسیاب کردن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. سپس، برای تهیه عصاره آبی و اتانولی حنا با استفاده از روش سوکسله، ۲۰ گرم از نمونه پودر شده داخل کاغذ صافی و در دستگاه سوکسله به همراه ۳۰۰ سی‌سی آب مقطر یا اتانول به مدت ۴ ساعت قرار گرفت. سپس عصاره‌ها در ظروف استریل در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال برای انجام آزمایشات نگهداری شدند.

بررسی فعالیت آنتی اکسیدان‌های عصاره‌های مختلف

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش کاهش ظرفیت رادیکالی با کمک DPPH انجام شد (Tohidi et al., 2017).

اندازه‌گیری فلاونوئید

مقدار فلاونوئید کل با استفاده از روش آلومینیوم کلراید و مطابق با روش Chang و همکاران (۲۰۰۲) اندازه‌گیری شد (Chang et al., 2002).

اندازه‌گیری میزان آنتوسیانین

بر اساس روش گزارش شده توسط گیوستی و همکاران (۲۰۰۱) انجام شد.

اندازه‌گیری ترکیبات فنلی

میزان فنل کل بر اساس روش فولین سیوکالتو و با استفاده از گالیک اسید به عنوان استاندارد به روش میدا و همکاران (۲۰۰۵) اندازه‌گیری شد (Meda et al., 2005).

اندازه‌گیری مقدار تانن

مقدار تانن مشابه ترکیبات فنلی با این تفاوت که استاندارد مورد استفاده تانیک اسید بود، اندازه‌گیری گردید.

اندازه‌گیری کربوهیدارت

میزان کربوهیدرات کل بر اساس روش مک کریدی و همکاران (۱۹۵۰) انجام گردید.

آنالیز آماری

مقایسه بین نتایج حاصل توسط آزمون‌های آماری چند دامنه ای دانکن و آنالیز واریانس با استفاده از نرم افزار SPSS 16.0 انجام گرفت و نمودارها به وسیله نرم افزار Excel, 2013 رسم شد.

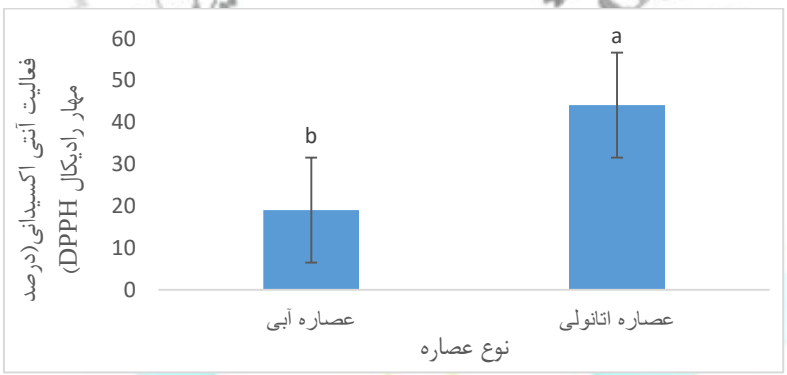
نتایج و بحث

براساس نتایج حاصل از تجریه واریانس داده‌ها میزان فعالیت آنتی اکسیدانی، مقدار فلاونوئید و همچنین آنتوسیانین در گیاه حنا به طور معنی داری تحت تاثیر نوع حلال قرار گرفتند (جدول۱). همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره‌های مختلف نشان داد که در عصاره اتانولی قدرت آنتی اکسیدانی ۲/۳ برابر عصاره آبی بود (شکل۱. الف) که این نتیجه نیز در مورد مقدار فلاونوئید و آنتوسیانین مشابه بود به طوریکه عصاره اتانولی بالاترین میزان فلاونوئید (۴۸۹/۲۲۶۲) و عصاره آبی کمترین میزان با مقدار (۵۳/۸۶۵۱) را دارا بودند (شکل۱. ب)، همچنین در عصاره اتانولی میزان آنتوسیانین ۲/۴ برابر عصاره آبی بود (شکل۱.پ). تاثیر نوع حلال بر قدرت آنتی اکسیدانی در مطالعات مختلف نشان داده شده است. در تحقیقی که بر خواص آنتی‌اکسیدانی گونه‌های مختلف لامیاسه انجام شد، نتایج نشان داد میزان ترکیبات فنلی و میزان فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره‌های اتانولی نسبت به عصاره متانولی بیشتر بود (Khanavi et al., 2009). براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها میزان ترکیبات فنلی، تانن و همچنین کربوهیدرات در گیاه حنا به طور معنی داری تحت تاثیر نوع حلال قرار نگرفتند (جدول۱) و بیشترین میزان این ترکیبات در عصاره آبی وجود داشت، به استثناء میزان کربوهیدرات که در عصاره اتانولی میزان آن ۱/۸ برابر عصاره آبی بود. تاثیر نوع حلال بر میزان ترکیبات فنلی در مطالعات مختلف نشان داده شده است. بسیاری از محققان گزارش کرده‌اند که هیدروالکل‌ها نسبت به الکل‌های خالص، برای استخراج ترکیبات فنلی بسیار موثرتر عمل می‌کنند (Pham et al., 2015) که علت این امر را می‌توان به نفوذ بیشتر آب و افزایش پدیده اسمز نسبت داد که باعث افزایش

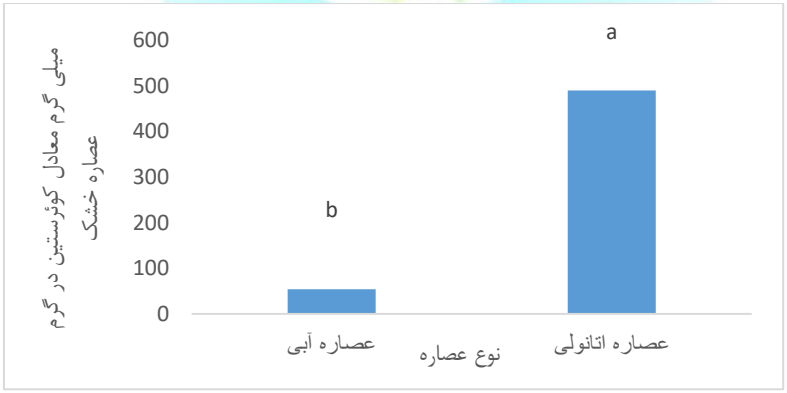
قابلیت حل شدن فنل و در نتیجه، افزایش استخراج آن می‌شود (Ghasemzadeh et al., 2015). ماخلوف و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی تاثیر حلال‌های اتانول و متانول ۷۰ درصد، بر میزان استخراج ترکیبات فنلی عصاره حاصل از پوست بادمجان، به این نتیجه رسیدند که، متانول نسبت به اتانول منجر به افزایش میزان استخراج ترکیبات فنلی شد. نتایج این تحقیق نشان داد برای استخراج ترکیبات متنوع بین دو عصاره آبی و اتانولی اختلاف وجود دارد، که بیشترین میزان آنتوسیانین، فلاونوئید و کربوهیدرات مربوط به عصاره‌گیری با حلال هیدروالکلی (اتانول) می‌باشد و کمترین آنها مربوط به عصاره‌گیری با حلال آبی بوده است. با توجه به هدف مورد نظر آزمایش میتوان از عصاره آبی یا اتانولی برای استخراج ترکیبات استفاده کرد.

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر نوع حلال بر ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه حنا

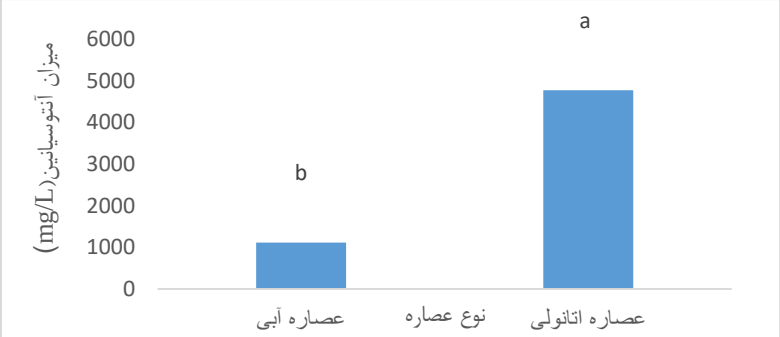
منابع تغییرات	میانگین مربعات						
	درجه آزادی	فعالیت آنتی اکسیدانی	فلاونوئید	آنتوسیانین	ترکیبات فنلی	تانن	کربوهیدرات
نوع حلال	۱	۹۴۲ /۵۱۴**	۲۸۴۳۰۸/۹۵**	۲۰۰۳۷۴۴۱/۲**	۱۲۸۶/۰۰^{ns}	۳۱۰۶۰۸۱/۵۰^{ns}	۴۸۵۶۳/۴۹^{ns}
خطا	۴	۹/۰۹۹	۳۳۰۵۰/۲۶	۲۵۱۶۸۳۹/۷۸	۵۳۷۶/۴۳	۹۱۷۵۰۷۴۹/۸۳	۵۰۱۲۷/۹۹



شکل ۱. الف. میانگین فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های گیاه حنا



شکل ۱. ب. میانگین میزان فلاونوئید عصاره‌های گیاه حنا



شکل ۱. پ. میانگین میزان آنتوسیانین عصاره‌های گیاه حنا

نتیجه گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد برای استخراج ترکیبات متنوع بین دو عصاره آبی و اتانولی اختلاف وجود دارد، با توجه به هدف مورد نظر آزمایش می‌توان از عصاره آبی یا اتانولی برای استخراج ترکیبات استفاده کرد.

منابع

Chang C, Yang M, Wen H, Chern J.Estimation of total flavonoid content inpropolis by two complementary colorimetricmethods. JFDA 2002; 10: 178-82. doi:10.38212/2224-6614.2748.

Chaudhary, G., Goyal, S., and Poonia, P. 2010. Lawsonia inermis Linnaeus: A phytopharmacological review. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research 2(2): 91-98.

Chirag P, Tyagi S, Halligudi N, Yadav J,Pathak S, Singh S, et al. Antioxidant activityof herbal plants: a recent review. JDDT 2013; 1: 1-8.

Davarynejad G, Taghizadeh S, Asili J. Effect of different solvents on total phenolic contents and antioxidant activity of Zizyphus jujube Miller fruits. J Hortic Sci 2017; 31: 158-66. doi: 10.22067/jhorts4.v0i0.47986.

Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z., Juraimi, A. S., & Tayebi-Meigooni, A. (2015), "Comparative evaluation of different extraction techniques and solvents for the assay of phytochemicals andantioxidant activity of hashemi rice bran", Molecules, 20(6), 10822-10838.

Giusti M.M., and Wrolstad R.E. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: Wrolstad, R.E. (Ed.), Current Protocols in Food Analytical Chemistry. John Wiley & Sons, New York. Unit F1. 2.1-13.

Khanavi M, Hajimahmoodi M, Cheraghi- Niroomand M, Kargar Z, Ajani Y,Hadjiakhoondi A, et al. Comparison of the antioxidant activity and total phenoliccontents in some Stachys species. Afr JBiotechnol 2009; 8:1143-47.

Khodaparast H, Hosein M, Dezashibi Z. Antioxidant activity of Henna leaves extracts (Lawsonia inermis).World J Dairy Food Sci. 2007; 2 (1): 38-41.

Meda A, Lamien CE, Romito M, Millogo J, Nacoulma OG. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their scavenging activity. Food Chem 2005; 91: 571-77. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.10.006.

Milos H. Value-Function Approximations forPartially Observable Markov Decision Processes. JAIR 2011; 2000: 33-94. doi:10.48550/arXiv.1106.0234.

Pham, H. N. T., Nguyen, V. T., Vuong, Q. V., Bowyer, M. C., & Scarlett, C. J. (2015)," Effect ofextraction solvents and drying methods on the physicochemical and antioxidant properties of Helicteres hirsuta Lour. Leaves", Technologies, 3(4), 285-301.

Tohidi , B., Rahimmalek, M. and Arzani, A.2017. Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, andantioxidant activity of *Thymus* species collected from different regions of Iran. Food Chem, 220: 153-161.

Turkmen, N., Sari, F., & Velioglu, Y. S. (2006), "Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin–Ciocalteu methods", Food chemistry, 99(4), 835-841.

Effect of solvent type on the amount of phenolic compounds and antioxidant activity of the plant extract Henna (*Lawsonia inermis*)

Soroor Mohammadi[1*], Mohaddeseh Shamseddin Saeed[2]
1. Master's student of Medicinal Plants, Bahonar University of Kerman, Faculty of Agriculture, Bardsir Branch
2. Assistant Professor, Department of Plant Products, Bardsir Higher Education Center, Shahid Bahonar University of Kerman
[*]*Corresponding Author: Soroormohammadi234@gmail.com*

Abstract

Bioactive compounds of medicinal plants, which are known as natural sources with strong antioxidant properties, play an important role in preventing oxidative damage and promoting human health. Choosing the right solvent in the extraction process plays a key role in achieving the highest level of these compounds with desired quality. Henna is known worldwide as a cosmetic ingredient with anti-cancer, anti-inflammatory, analgesic and antipyretic properties. In order to investigate the effect of solvent type on the amount of phenolic compounds and the amount of antioxidant compounds (total phenols, tannins, flavonoids, anthocyanins and carbohydrates) of henna (*Lawsonia inermis*) extract, an experiment was conducted in the research laboratory of Bardsir Higher Agricultural Education Center, Shahid Bahonar University of Kerman in 1402. The results showed that the amount of anthocyanins, carbohydrates and flavonoids in the ethanol extract was higher than the aqueous extract and this difference was statistically significant ($P<0.001$). The highest amount of anthocyanins, flavonoids and carbohydrates were related to the ethanol extract with values of (4774.0000 mg/gr), (489.2263 mg/gr) and (397.8968 mg/gr) respectively and the lowest amount was related to the aqueous extract with values of (1119.1000 mg/gr), (53.8651 mg/gr) and (53.8651 mg/gr) respectively. 9662/217). Also, the highest amount of tannin and phenol in the aqueous extract was (7542.3 mg/gr) and (219.5 mg/gr), respectively. The results of this study showed that there is a difference between the aqueous and ethanolic extracts for the extraction of various compounds. Depending on the intended purpose of the experiment, aqueous or ethanolic extracts can be used to extract the compounds.

Keywords: Antioxidant, Extraction, Henna, Medicinal plants, Tannin

بررسی دانش بومی استفاده از گیاهان توسط مردمان شهرستان خداآفرین، آذربایجان شرقی

سمیه کی‌پور[۱]، مجید قربانی نهوجی[۲]، پریا قلی‌زاده[۱*]

۱- گروه آموزش زیست‌شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

۲- مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران

[*]نویسنده مسئول: pa1382go@gmail.com

چکیده

«دانش اتنوبوتانی به مطالعه کاربردهای بومی، محلی و سنتی گیاهان در میان فرهنگ‌ها و جوامع انسانی مختلف می‌پردازد.» این مطالعه با هدف بررسی استفاده سنتی از گیاهان دارویی و خوراکی در شهرستان خداآفرین واقع در استان آذربایجان شرقی انجام شده است. انگیزه انجام این پژوهش، اهمیت دانش بومی اتنوبوتانی و ضرورت حفظ و انتقال آن، همچنین جایگزینی استفاده از گیاهان به جای مواد شیمیایی در موارد امکان‌پذیر بوده است. «در این مطالعه، با ۳۸ نفر از ساکنان بومی منطقه، عمدتاً بالای ۵۰ سال، مصاحبه صورت گرفت». پرسشنامه مربوط به کاربرد گیاهان، بر اساس داده‌های حاصل از مصاحبه با افراد محلی درباره شیوه‌های سنتی استفاده از گیاهان، تکمیل شد. سپس گیاهان جمع‌آوری شده به آزمایشگاه دانشگاه فرهنگیان و مرکز تحقیقات گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی در کرج منتقل گردیدند. فرآیند شناسایی آن‌ها بر اساس منابع فلور معتبر انجام شد. نتایج نشان داد که گیاهان مورد استفاده در خداآفرین بیشتر متعلق به خانواده‌های *Lamiaceae* با فراوانی ۳۲٪ و *Asteraceae* با فراوانی ۱۲٪ هستند. «کاربرد غالب گیاهان منطقه، خورکی و دارویی است و رایج‌ترین روش مصرف دارویی، به صورت دم کرده می‌باشد.» بیش از ۲۰ ٪ از کاربردهای درمانی گیاهان منطقه به درمان عفونت‌های دستگاه تنفسی از جمله سرفه و سرماخوردگی اختصاص دارد. در مجموع، استفاده از گیاهان در شهرستان خداآفرین گسترده و قابل توجه است. شناسایی علمی و ثبت کاربردهای سنتی این گیاهان، می‌تواند به انتقال دانش بومی و توسعه کاربردهای علمی آن‌ها کمک شایانی کند.

واژه‌های کلیدی: تنوع گیاهی، دانش سنتی، کاربرد دارویی گیاهان، مصاحبه میدانی

Investigating the indigenous knowledge of plant use by the people of Khoda Afarin County, East Azerbaijan

Somayeh Keypour[1], Majid Ghorbani Nohooj[2], Pariya Gholizadeh[1]*
1. Department of Biology Education, Farhangian University, Tehran, Iran
2. Medicinal Plants research Center, Institute of medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran
*Corresponding Author: pa1382go@gmail.com

Abstract

Ethnobotany is the study of the traditional, indigenous, and local uses of plants by various cultures. This study aimed to investigate the ethnobotanical uses of plants in Khoda Afarin County, located in East Azerbaijan Province. The motivation for this research was rooted in the significance of ethnobotanical knowledge, its intergenerational transmission, and the potential replacement of chemical compounds with plant-based alternatives. Interviews were conducted with 38 local residents, the majority of whom were over the age of 50, due to their accumulated traditional knowledge. Data were collected using structured questionnaires, which were supplemented by interviews exploring the diverse ethnobotanical applications of plants among the local population. The collected specimens were then transferred to the laboratories of Farhangian University and the Medicinal Plants Research Center of Jahad Daneshgahi in Karaj, where they were identified using authoritative floras. The results indicated that most of the utilized plants in Khoda Afarin belonged to the family Lamiaceae (32%), followed by Asteraceae (12%). The dominant applications of these plants were dietary and medicinal. Herbal infusion was identified as the most frequently used method of medicinal application. Additionally, more than 20% of the therapeutic uses were linked to the treatment of respiratory infections, cough, and the common cold.

In conclusion, the widespread use of medicinal plants in Khoda Afarin County underscores the importance of their accurate identification and documentation, both for preserving traditional knowledge and advancing scientific research into their potential applications.

Keywords: Field interview, medicinal use of plants, plant diversity, traditional knowledge

سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

اثر کودهای زیستی و شیمیایی فسفره و نسبت‌های جایگزینی کاشت بر شاخص‌های کیفی زنیان (*Trachyspermum ammi*) و عدس‌الملک (*Securigera securidaca*) در شهرستان ممسنی

راضیه کرمی*[۱]، علیرضا یدوی[۱]، محسن موحدی دهنوی[۱]، امین صالحی[۱]
۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران
*نویسنده مسئول: sogolkarami93@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای زیستی و شیمیایی فسفره و نسبت‌های جایگزینی بر شاخص‌های کیفی دو گیاه زنیان و عدس‌الملک آزمایشی دو ساله (۱۴۰۱-۱۴۰۰ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱) منطقه فهلیان شهرستان ممسنی انجام شد. کاربرد ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی فسفاته، ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفاته + باکتری‌های حل کننده فسفات، ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفاته + قارچ مایکوریزا و ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفاته + باکتری‌های حل کننده فسفات + قارچ مایکوریزا و شاهد (بدون مصرف کود فسفره، باکتری و قارچ) در ۵ سطح به عنوان عامل اول و سامانه کشت مخلوط نیز در ۵ سطح با نسبت ۵۰:۵۰، ۶۷:۳۳، ۳۳:۶۷ درصد کشت‌های خالص زنیان و خالص عدس‌الملک به عنوان عامل دوم در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که بیشترین محتوای اسانس در سال اول با میانگین ۳/۶۴ درصد از مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفره حاصل شد در حالی که در سال دوم با میانگین ۴/۲۵ درصد از تیمار ترکیبی ۵۰ درصد کود شیمایی + باکتری + مایکوریزا در سامانه کشت مخلوط (یک ردیف زنیان یک ردیف عدس‌الملک) به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نداشت. همچنین همین تیمار ترکیبی باعث افزایش محتوای فلانوئید در گیاه عدس‌الملک شد. لذا بهره‌مندی از کودهای زیستی گاه به عنوان جایگزین و در بیشتر موارد مکمل کودهای شیمیایی، می‌توانند پایداری تولید نظام کشاورزی را تضمین کنند.

واژه‌های کلیدی: زنیان، فسفر، فلاونوئید، کشت مخلوط، کود زیستی

مقدمه

کمبود و کارآیی پایین جذب فسفر تثبیت سریع فسفر و عدم تحرک آن در خاک یکی از مشکلات مهم در سامانه‌های زراعی مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. امروزه استفاده از کودهای زیستی با منشاء باکتری، قارچ، جلبک یا دیگر موجودات خاکزی مورد توجه قرار گرفته است، که سازوکار عمل آن‌ها، قابلیت جذب عناصر غذایی توسط گیاه را در خاک افزایش می‌دهد که در این میان می‌توان به قارچ‌های مایکوریزا و باکتری‌های حل کننده فسفر اشاره کرد (Rezaei- Chiyaneh et al., 2021). زنیان با نام علمی (*Trachyspermum ammi* L.) از خانواده چتریان، به دلیل اثرات مهم و مفید اسانس دانه آن نقش مهمی در بهبود بیماری‌های گوارشی، سوءهاضمه، جلوگیری از عفونت و استفاده در صنایع جهت نگهداری مواد غذایی دارد. مطالعات نشان داده است در کشت مخلوط وقتی بقولات در کنار گونه دیگر قرار می‌گیرند، به دلیل اثرات مکملی ناشی از هم‌زیستی با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن نقش مؤثرتری

در حاصل‌خیزی خاک دارند. عدس‌الملک با نام علمی (*Securigera securidaca*) گیاه دارویی مهجور و کمتر شناخته شده از خانواده بقولات است، که علی‌رغم مطالعات گسترده در مورد ترکیبات و اثرات دارویی آن، از جنبه زراعی کمتر به آن توجه شده است. از جمله خواص دارویی آن می‌توان به کنترل فشارخون، چربی خون، دیابت و صرع اشاره کرد (Ghorbani et al., 2013). کشت مخلوط سبب افزایش در عملکرد، بهره‌وری منابع، کارآیی مصرف آب، نسبت برابری زمین، راندمان تولید، بهبود تنوع زیستی، کاهش مصرف سموم شیمیایی و قدرت رقابتی علف‌های هرز می‌شود. رضایی‌چیانه و همکاران (Rezaei-Chiyaneh et al., 2021) از افزایش محتوای اسانس در تیمار تلفیقی کود زیستی (مایکوریزا + باکتری انحلال فسفر) گزارش داند. بالاترین محتوای اسانس ۳/۲ درصد مربوط به سطح مصرف تلفیقی کود زیستی بود. نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری محتوای فلانوئید عصاره‌های تهیه شده از گیاه زوفا نشان داد در حالت کشت مخلوط با عدس، گیاهانی که با کود شیمیایی تغذیه گردیده‌اند، مقدار محتوای فنل بالاتری را در مقایسه با عدم مصرف کود دارا بوده‌اند (Habibzadeh and Asghari, 2018). روستایی و همکاران (Rostaei et al., 2014) از معنی‌دار شدن اثر نسبت‌های کشت مخلوط بر میزان اسانس در کشت مخلوط سیاه‌دانه و شنبلیله گزارش داد. آن‌ها بیان کردند که کشت مخلوط سبب افزایش میزان اسانس دو گیاه شنبلیله و سیاه‌دانه و برتری سامانه یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله شد. به طوری که با افزایش شنبلیله در الگوهای کشت مخلوط بر میزان اسانس افزوده شد. لذا به منظور بررسی اثر کودهای زیستی و نسبت‌های مختلف جایگزینی دو گیاه زنیان و عدس‌الملک این پژوهش در منطقه فهلیان شهرستان ممسنی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در اواخر آبان ماه سال‌های زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰و ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان ممسنی منطقه فهلیان، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کاربرد ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی فسفاته (۵۰ کیلوگرم فسفر خالص از منبع سوپر فسفات تریپل)، ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفاته + باکتری‌های حل کننده فسفات، ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفاته + قارچ مایکوریزا و ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفاته + باکتری‌های حل کننده فسفات + مایکوریزا و شاهد (بدون مصرف کود فسفره، باکتری و قارچ) در ۵ سطح به عنوان عامل اول و سامانه کشت مخلوط نیز در ۵ سطح با نسبت ۵۰:۵۰ ، ۶۷:۳۳، ۳۳:۶۷ درصد کشت‌های خالص زنیان و خالص عدس‌الملک به عنوان عامل دوم در نظر گرفته شد. گونه قارچ مایکوریزای مورد استفاده *Funneliformis moseae* و باکتری حل کننده فسفات ترکیب دو باکتری *Pseudomonas fluorescens* و *P. putida* بود. محتوای اسانس زنیان با استفاده از دستگاه کلونجر و میزان فنل موجود در بذر عدس‌الملک به روش مهدی‌پور و همکاران (Mehdipour et al., 2009) اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

محتوای اسانس گیاه زنیان

اثرات اصلی تیمارهای سامانه کشت مخلوط و کود فسفره، برهمکنش اثر سامانه کشت مخلوط و کود فسفره، اثر سال در کود فسفره در سطح احتمال یک درصد و اثر سال در برهمکنش سامانه کشت مخلوط و کود فسفره در سطح احتمال خطای پنج درصد بر درصد اسانس زنیان معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در روندی منظم تیمار یک ردیف زنیان یک ردیف عدس‌الملک دارای بالاترین محتوای اسانس در هر دو سال بود. در سطوح

کودی شاهد، کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره + باکتری، ۵۰ کیلوگرم در هکتار + قارچ، ۵۰ کیلوگرم در هکتار + قارچ + باکتری و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سامانه یک ردیف زنیان یک ردیف عدس‌الملک به ترتیب با میانگین‌های ۲/۸۰، ۲/۹۶، ۳/۰۶، ۳/۲۸ و ۳/۶۴ درصد بیشترین محتوای درصد اسانس را به خود اختصاص داد. کمترین محتوای درصد اسانس در تیمارهای شاهد با میانگین ۲/۳۴ درصد از کشت خالص زنیان و در سایر تیمارها مذکور به ترتیب با میانگین‌های ۲/۳۸، ۲/۷۹، ۳/۰۶ و ۳/۱۰ نیز از سامانه دو ردیف زنیان یک ردیف عدس‌الملک به دست آمد (جدول ۲). همچنین این نتایج نشان داد که بهترین ترکیب تیماری بر درصد اسانس با میانگین ۳/۶۴ درصد از سامانه یک ردیف زنیان یک ردیف عدس‌الملک و در تیمار کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره به دست آمد. کمترین محتوای درصد اسانس با میانگین ۲/۳۴ درصد از کشت خالص زنیان و در سطح کودی شاهد به دست آمد.

جدول ۱. تجزیه واریانس بر محتوای درصد اسانس زنیان و محتوای فلاونوئید در عدس‌الملک تحت تأثیر سامانه‌های مختلف کشت مخلوط و تیمارهای مختلف مصرف کود فسفره

	میانگین مربعات		
منابع تغییر	درجه زادی	محتوای اسانس	محتوای فلانوئید
سال	۱	۱/۰۴*	۴/۰۸*
تکرار (سال)	۴	۰/۰۲	۰/۰۳
سامانه کشت مخلوط	۳	۱/۳۴**	۳/۶۹**
کود فسفره	۴	۳/۶۲**	۳/۶۱**
سامانه کشت مخلوط × کود فسفره	۱۲	۰/۰۷*	۰/۵۴**
سال × سامانه کشت مخلوط	۳	۰/۰۵^{ns}	۰/۱۳^{ns}
سال ×کود فسفره	۴	۰/۳۰**	۰/۲۵*
سال × سامانه کشت مخلوط × کود فسفره	۱۲	۰/۰۶*	۰/۱۰
خطا	۷۶	۰/۰۳	۰/۰۸
ضریب تغییرات		۵/۹۵	۲۱/۸۰

ns، *، **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

در بررسی اثر سطوح مختلف کودهای فسفره بر محتوای اسانس مشخص شد که در سال اول تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره و در سال دوم تفاوت معنی‌داری بین کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفره با تیمار ترکیبی ۵۰ کیلوگرم کود شیمیایی فسفره + باکتری + قارچ وجود نداشت. رضایی‌چیانه و همکاران (Rezaei-Chiyaneh et al., 2021) بیان کردند که تیمار ترکیبی با فراهم نمودن شرایط مناسب جذب عناصر غذایی به خصوص نیتروژن، فسفر و عناصر کم‌مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) موجب افزایش اسانس این گیاه دارویی شدند. نتایج نشان داد که بیشترین محتوای اسانس در سامانه‌های کشت مخلوط و در بین سامانه کشت مخلوط، از یک ردیف زنیان و یک ردیف عدس‌الملک حاصل شد. در سامانه‌های مخلوط قارچ مایکوریزا به عنوان یک پل ارتباطی بین گیاه و خاک است همچنین وجود گیاه عدس‌الملک در کنار زنیان و توانایی تثبیت بیولوژیک نیتروژن توسط عدس‌الملک، جذب عناصر غذایی بهتر شده و به تبع فتوسنتز و فرآورده‌های فتوسنتز نیز بیشتر می‌شود.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کود فسفره در هر سطح از سامانه‌های مختلف کشت مخلوط بر محتوای اسانس زنیان

تیمارهای کودی	سامانه‌های مختلف کشت مخلوط	محتوای اسانس (درصد)	
		سال اول	سال دوم
شاهد	زنیان خالص	۲/۳۴^{g}	۲/۵۰^{h}
	یک ردیف زنیان یک ردیف عدس الملک	۲/۸۰^{ef}	۲/۷۶^{defgh}
	یک ردیف زنیان دو ردیف عدس الملک	۲/۵۷^{fg}	۲/۵۱^{gh}
	دو ردیف زنیان یک ردیف عدس الملک	۲/۳۷^{g}	۲/۴۶^{h}
کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره + باکتری	زنیان خالص	۲/۴۸^{g}	۲/۷۰^{efgh}
	یک ردیف زنیان یک ردیف عدس الملک	۲/۹۶^{cde}	۲/۸۴^{defg}
	یک ردیف زنیان دو ردیف عدس الملک	۲/۸۴^{de}	۲/۵۶^{fgh}
	دو ردیف زنیان یک ردیف عدس الملک	۲/۳۸^{g}	۲/۵۵^{fgh}
کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره + قارچ	زنیان خالص	۳/۰۰^{cde}	۳/۰۲^{cde}
	یک ردیف زنیان یک ردیف عدس الملک	۳/۰۶^{bcd}	۳/۱۰^{cd}
	یک ردیف زنیان دو ردیف عدس الملک	۲/۸۲^{e}	۲/۹۹^{de}
	دو ردیف زنیان یک ردیف عدس الملک	۲/۷۹^{ef}	۲/۸۶^{def}
کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره + باکتری + قارچ	زنیان خالص	۲/۸۶^{de}	۳/۵۳^{b}
	یک ردیف زنیان یک ردیف عدس الملک	۳/۲۸^{b}	۴/۲۵^{a}
	یک ردیف زنیان دو ردیف عدس الملک	۳/۱۵^{bc}	۳/۵۶^{b}
	دو ردیف زنیان یک ردیف عدس الملک	۲/۸۴^{de}	۲/۹۴^{de}
کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره	زنیان خالص	۳/۱۴^{bc}	۳/۵۴^{b}
	یک ردیف زنیان یک ردیف عدس الملک	۳/۶۴^{a}	۳/۹۴^{a}
	یک ردیف زنیان دو ردیف عدس الملک	۳/۲۸^{b}	۳/۵۴^{b}
	دو ردیف زنیان یک ردیف عدس الملک	۳/۱۰^{bc}	۳/۳۰^{bc}

در هر ستون و هر تیمار میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری با استفاده از رویه LSD ندارند

محتوای فلاونوئید در عدس‌الملک

میانگین مربعات داده‌های آزمایش نشان از معنی‌داری اثرات اصلی کود فسفاته، سامانه کشت مخلوط، برهمکنش کود فسفره و سامانه کشت مخلوط و اثر سال در کود فسفره می‌باشد (جدول ۱). نتیجه مقایسه میانگین حاصل از اثر سطوح مختلف کود فسفره بر محتوای فلاونوئید نشان داد که در سال اول و دوم بیشترین محتوای فلاونوئید به ترتیب با میانگین‌های ۱/۶۱ و ۲/۱۶ میلی‌گرم بر گرم از تیمار ترکیبی ۵۰ کیلوگرم در هکتار + باکتری + قارچ به دست آمد که در سال دوم تفاوت معنی‌داری با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره نداشت. کمترین محتوای فلاونوئید نیز در سال اول و دوم به ترتیب با ۰/۸۴ و ۱/۰۰ میلی‌گرم بر گرم نیز از تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کود فسفره بر محتوای فلاونوئید گیاه عدس‌الملک

سطوح مختلف کودی	محتوای فلاونوئید (میلی‌گرم بر گرم)	
	سال اول	سال دوم
شاهد (بدون مصرف کود)	۰/۸۴^{c}	۱/۰۰^{c}
کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره + باکتری	۱/۱۲^{b}	۱/۳۱^{b}
کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره + قارچ	۱/۲۱^{b}	۱/۴۵^{b}
کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره + باکتری + قارچ	۱/۶۱^{a}	۲/۱۶^{a}
کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره	۱/۲۹^{b}	۱/۸۹^{a}

در هر ستون و هر تیمار میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری با استفاده از رویه LSD ندارند

حبیب‌زاده و اصغری (Habibzadeh and Asghari, 2018) در پژوهش خود از بالاتر بودن میزان محتوای فلاونوئید گیاه زوفا که تحت تیمار کشت مخلوط با عدس همراه با مصرف NPK بود، گزارش دادند. در این ارتباط رضایی‌چیانه و همکاران (Rezaei-Chiyaneh et al., 2021) گزارش دادند که ترکیبات فنولیک در تعاملات بین گیاهان و قارچ‌ها بیشتر تولید می‌شود. در واقع قارچ‌ها با ایجاد تغییر در فعالیت آنزیمی و سازوکار فیزیولوژیک درگیر، منجر به تجمع پلی‌فنول‌ها در گیاهان میزبان می‌گردند. رهاسازی گلومالین و گلیکوپروتئین توسط مایکوریزا (جهت انحلال‌سازی فسفر و آهن که به سختی حل می‌شوند)، تولید هورمون (به منظور رشد بیشتر ریشه) و همچنین ترشح اسیدهای آلی و معدنی به منظور کاهش pH در محدوده ریزوسفر ریشه توسط باکتری‌های انحلال فسفات، منجر به ایجاد یک هم‌افزایی مثبت شده که شرایط را برای حلالیت و جذب بهتر عناصر غذایی بالاخص فسفر فراهم می‌سازد (Rezaei-Chiyaneh et al., 2021).

نتیجه‌گیری

کودهای زیستی می‌توانند علاوه بر تولید محصول کافی، مصرف کودهای شیمیایی را کاهش دهند که این امر کمک قابل توجهی به سالم‌سازی محیط زیست می‌کند و نقش مهمی در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار دارد. افزایش سطح فعال سامانه ریشه و تغییر معماری ریشه به منظور افزایش منطقه کاوش ریشه برای جذب بهتر آب و مواد غذایی توسط قارچ مایکوریزا و انحلال فسفات نامحلول خاک با ترشح اسیدهای آلی نقش مهمی در فراهم سازی فسفر، افزایش اسانس در گیاه زنیان دارد. نتایج همچنین نشان داد که محتوای اسانس زنیان تحت تأثیر تیمارهای کشت مخلوط قرار گرفت. حضور گیاه عدس‌الملک با انجام فرآیند تثبیت زیستی نیتروژن (اصل مساعدت) نقش مهمی در افزایش محتوای درصد زنیان در الگوی یک ردیف زنیان دو ردیف عدس‌الملک داشت.

منابع

Ghorbani, A. (2013). Best herbs for managing diabetes: a review of clinical studies. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 49, 413–422.

Habibzadeh, F. and Asghari, B. 2018. Investigation of the Effect of Mixed Cultivation and Chemical Fertilizers on Essence Amount, Phenol and Flavonoid Content and Some Biological Properties of the Medicinal Plant *Hyssopus officinalis* L. *Journal of Ecophytochemistry of Medicinal Plants*, 23(6): 96-109.

Mehdipour, H., Khanavi, M., Shokri, M., Abedi, Z. and Pirali Hamedani, M. 2009. Investigation of the best method for extracting phenolic compounds present in Echinacea. *Quarterly Journal of Medicinal Plants*, 4(32), 145-152.

Rezaei-Chiyaneh, E., Mahdavikia, H., Battaglia, M. L., Thomason, W. E. and Caruso, G. (2021). Intercropping and fertilizer typeimpact seed productivity and secondary metabolites of dragon's head and fenugreek. *Scientia Horticulturae*, 287, e110277.

Rostaei, M., Fallah, S. and Abbasi Sork, A. (2014). Effect of fertilizer sources on growth, yield and yield components of fenugreek intercropped with black cumin. *Journal of Crop Production*, 7(4), 197-222.

The effect of biological and chemical phosphorus fertilizers and planting replacement ratios on the quality indicators of *Trachyspermum ammi* and *Securigera securidaca* in Mamasani region

Razieh Karami*[1], Alireza Yadavi[1], Mohsen Movahedi Dehnavi[1], Amin Salehi[1]
1- Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasuj University, Yasuj, Iran
**Corresponding author: sogolkarami93@yahoo.com*

Abstract

Utilization of biological fertilizers and intercropping have been proposed as two strategies to improve productivity in agricultural ecosystems. In order to investigate the effect of biological and chemical phosphorus fertilizers and replacement ratios on the quality indices of two plants, Ajowan and Mountain lentils, a two-year experiment (2021-2022 and 2022-2023) was conducted in the Fahlian region of Mamasani County. The application of 100% phosphate chemical fertilizers, 50% phosphate chemical fertilizers + phosphate-solubilizing bacteria, 50% phosphate chemical fertilizers + mycorrhizal fungi, and 50% phosphate chemical fertilizers + phosphate-solubilizing bacteria + mycorrhizal fungi and control (without the use of phosphate fertilizers, bacteria, and fungi) at 5 levels was considered as the first factor, and the Intercropping system was also considered at 5 levels with a ratio of 50:50, 67:33, and 33:67 percent of pure Ajowan and Mountain lentils crops as the second factor. The results showed that the highest essential oil content in the first year was obtained with an average of 64.3% from the use of 100% phosphorus chemical fertilizer, while in the second year, with an average of 25.4% from the combined treatment of 50% chemical fertilizer + bacteria + mycorrhiza in the intercropping system (one row of ajowan and one row of Mountain lentils), which was not significantly different from the 100% chemical fertilizer treatment. Also, this combined treatment increased the flavonoid content in the Mountain lentils. Reducing the diversity and microbial activities of the soil will be a threat to the sustainability of agricultural ecosystems. Therefore, the use of biofertilizers, sometimes as an alternative and in most cases as a complement to chemical fertilizers, can ensure the sustainability of agricultural production.

Keywords: Ajowan, phosphorus, Flavonoids, Mixed cropping, Biofertilizer

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

ارزیابی و مقایسه برخی از فرآورده‌های گیاهی و شیمیایی رایج در بازار جهت درمان لک و روشن کنندگی پوست

فاطمه ذاکری[۱]، علیرضا خوانین زاده[*۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی و صنعتی دانشگاه اردکان، یزد، ایران

۲- استادیار دانشگاه اردکان؛ گروه مهندسی طبیعت، اردکان، یزد، ایران

[*]نویسنده مسئول: Akhavaninzadeh@ardakan.ac.ir

چکیده

امروزه استفاده از گیاهان دارویی و مرتعی در زمینه‌های مختلف به ویژه بهداشت و آرایشی به طور چشمگیری افزایش یافته است. یکی از کاربردهای مهم این گیاهان، درمان لک‌های پوستی است که به دلیل فعالیت آنزیم تیروزیناز ایجاد می‌شود. روش گردآوری اطلاعات و داده‌ها در این تحقیق کتابخانه‌ای و میدانی می‌باشد. پس از بررسی اولیه و انتخاب منابع معتبر مطابق با اهداف مطالعه اطلاعات و داده‌های مربوطه تحلیل شدند و با مراجعه به داروخانه‌ها و فروشندگان مجاز بیشترین میزان فروش محصولات با استفاده از پرسش نامه مشخص شد و سپس مواد موثره در ترکیبات گیاهی دارویی استفاده شده در محصولات مشخص شد و با استفاده از بررسی منابع عواملی محیطی و رویشگاهی که باعث اثربخشی بیشتر و نیز افزایش تولید ترکیبات آلی موثر در گیاه می‌شود شناسایی و ارزیابی شدند. با توجه به نتایج به دست آمده آنزیم تیروزیناز نقش کلیدی در تولید ملانین وایجاد لک پوستی داشته و کنترل فعالیت آن به بهبود مشکلات پوستی کمک می‌کند. مواد مؤثره‌ای که در گیاهان دارویی برای کنترل آنزیم تیروزیناز وجود دارند، شامل ترکیبات فنولیک، فلاونوئیدها و سیتروسیل‌ها هستند. محصولات گیاهی تولید داخل قیمتی تا یک دهم محصولات مشابه و خارجی داشته و دارای اثر درمانی قابل قبول و رقابت با محصولات خارجی بوده و عوارض کمتری دارند. بنابراین با شناسایی و استخراج مناسب این ترکیبات، می‌توان به تولید محصولات دارویی و بهداشتی مؤثر در درمان لک‌های پوستی دست یافت. به طور کلی با توجه به نتایج گیاهانی نظیر شیرین بیان و چای سبز و بابونه با استفاده از عوامل محیطی نظیر دما و خشکی را می‌توان کشت و با فرآوری مناسب آن‌ها برای تولید محصولات ضد لک به طور موثری جهت درمان بیماری‌های پوستی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: آنزیم، بابونه، چای سبز، شیرین بیان، ملانین

مقدمه

استفاده از گیاهان در درمان بیماری‌ها از دیرباز مورد توجه بشر قرار گرفته است و امروزه استقبال روزافزون مردم از گیاهان دارویی و همچنین تمایل جدی شرکت‌های تولیدکننده مواد دارویی با منشاء گیاهی رو به افزایش می‌باشد. به دلیل اهمیت آنزیم تیروزیناز درصنایع آرایشی، غذایی به ویژه در ارتباط با فراورده‌های دارویی مرتبط با بسیاری از بیماری‌های پوستی (از جمله هایپرپیگمنتاسیون یتیلگو) و نورودژنراتیو، مهارکنندگان آنزیم تیروزیناز بسیار مورد توجه هستند. حدود ۱ درصد از جمعیت جهان مبتلا به ویتیلیگو (لک) هستند. این بیماری در جمعیت عمومی

بین ۰/۵ تا ۲ درصد گزارش شده است. گروه‌های مختلفی از مهارکنندگان مصنوعی و طبیعی این آنزیم توسط محققین مختلف معرفی شده و مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Ullah et al., 2015) از جمله این مطالعات، مهار تیروزیناز توسط فلاونوئیدها (مانند کوئرستین و کورکومین) می‌باشد همچنین مهار تیروزیناز توسط اسید کوجیک که به عنوان یک عامل سفید کننده در محصولات آرایشی استفاده می‌شود از طریق مهار فعالیت کاتکولاز آنزیم تیروزیناز را به صورت غیرکلاسیک مهار می‌کند. این مطالعه با هدف معرفی برخی گیاهان دارویی و اثر بخشی آنها با توجه به برخی محصولات موجود در بازار و ترکیبات و ماده موثره‌ی آن‌ها و همچنین برخی عوامل رویشگاهی و محیطی که باعث افزایش این ترکیبات موثره می‌شود ، جهت درمان و کنترل لک و روشن کنندگی پوست انجام شده است.

مواد و روش‌ها

روش گردآوری اطلاعات و داده‌ها در این تحقیق کتابخانه‌ای و میدانی می‌باشد. برای این منظور در این تحقیق با جستجو در پایگاه‌های علمی منابع مرتبط با موضوع تحقیق شناسایی و استخراج شدند و پس از بررسی اولیه مطابق با اهداف تحقیق اطلاعات و داده‌های مربوطه گروه‌بندی و تحلیل شدند. همچنین به منظور بررسی میزان اثربخشی محصولات مورد نظر با مراجعه به داروخانه‌ها و فروشندگان مجاز بیشترین میزان فروش محصولات از نظر نوع و برند از طریق پرسش‌نامه مورد سوال و بررسی قرار گرفت و سپس مواد موثره در ترکیبات محصولات مطالعه و شناسایی شد. سپس با استفاده از بررسی منابع مجدد روش‌ها و عواملی که باعث اثربخشی و نیز تولید ترکیبات آلی موثر بیشتر در گیاه می‌شود شناسایی و تغییرات متابولیت‌های ثانویه تحت تاثیر برخی عوامل مختلف محیطی مورد تحلیل و ارزیابی و نتیجه‌گیری قرار گرفت.

نتایج و بحث

محصولات تولیدی در بازار

با توجه به بررسی میدانی و نتایج به دست آمده بیشترین محصولات جهت درمان لک پوستی شامل ۷ نوع کرم با نام‌های تجاری مختلف شناسایی شدند که مشخصات کمی و کیفی آن‌ها درجدول ۱ ارائه شده است. اکثر این تولیدات داخلی بوده و تنها یک نمونه کرم اریکه تحت لیسانس فرانسه می‌باشد.

جدول ۱. نام و مشخصات کرم‌های موجود در بازار جهت درمان لک‌های پوستی

نام کرم	گونه گیاهی استفاده شده	قیمت واحد حجم(تومان)	میزان فروش(رتبه)*	ماده موثره	تولید (خارج \داخل)
درماتوم	عصاره شیرین بیان	۴.۹۶	۲	گلیسیریزین	داخلی
هیدرودرم	عصاره آلوء ورا	۵.۹۶	۴	آلوئه امودین	داخلی
سینزه	-	۴.۶۱	۳	-	داخلی
دکتر ژیلا	عصاره شیرین بیان و چای سبز	۲.۸۲	۷	گلیسیریزین\اپی گالوکاتچین گالات	داخلی
دکتر ادیب	عصاره بابونه	۴.۸۳	۶	آلفا-بیسابولول	داخلی
سی گل	عصاره اواورسی	۶.۰۶	۵	الکالوئید ها	داخلی
اریکه	-	۴۰	۱	-	تحت لیسانس فرانسه

*:رتبه ۱ بیشترین و رتبه ۷ کمترین میزان فروش(داده‌های تحقیق)

بررسی‌ها نشان می‌دهد .قیمت مصرفی کرم‌ها بین یکصدوچهل هزار تومان مربوط به کرم دکتر ژیلا الی یک میلیون و دویست هزار تومان مربوط به کرم اریکه می‌باشد. که با توجه به حجم متفاوت آنها قیمت کرم‌های داخلی به

مراتب کمتر از نوع خارجی با توجه به واحد خجم محصول می‌باشد. جدول ۱ نشان می‌دهد ترکیب گونه‌های گیاهی می‌تواند اثر بخشی مواد موثره برای درمان لک‌پوستی را افزایش دهد و باعث افزایش فروش محصول شود به طوری که بیشترین فروش مربوط به کرم درماتوم با ترکیب گیاهی شیرین‌بیان، بعد از کرم اریکه با قیمت قریب به ده برابر می‌باشد. نتایج نشان داد عصاره گیاه شیرین‌بیان به عنوان یک گونه دارویی و مقاوم به شرایط خشک محیطی در ترکیب محصول تولیدی کرم به نام درماتوم نقش مهمی در کنترل فعالیت آنزیم تیروزیناز دارد و پس از کرم اریکه دارای بیشتری عملکرد و اثربخش در درمان بیماری لک‌پوستی می‌باشد. بنابراین اهمیت این گونه گیاهی در درمان این بیماری و بهداشت پوست حائز اهمیت زیادی می‌باشد. با توجه به اطلاعات جدول یک ترکیب دو گونه شیرین‌بیان و چای سبز جهت تولید کرم به نظر می‌رسد موجب افزایش عملکرد و تاثیر درمانی آن نشده‌است. زیرا میزان فروش این کرم در مقایسه با سایر کرم‌ها از رتبه پایین‌تری برخوردار شده است. لذا اهمیت فرمولاسیون و استفاده از گونه‌های گیاهی که اثر افزایشی در درمان داشته‌باشند از نظر نوع و میزان مواد مصرفی در فرمولاسیون حائز اهیمت زیادی می‌باشد. همچنین عصاره بابونه نیز موجب افزایش عملکرد و تاثیر درمانی نشده‌است و دارای رتبه‌ی بسیار پایینی می‌باشد و برای درمان سریع لک‌ها مناسب نمی‌باشد که می‌تواند به دلایلی نظیر نوع فرآیند عصاره‌گیری حلال و تولید محصول باشد. افزایش غلظت ترکیبات فعال خاصی در عصاره بابونه منجر به افزایش عملکرد آن می‌شود، که شامل فلاونوئیدها و روغن‌های فرار می‌باشد. عصاره گیاه آلوءورا به صورت مایع و پودر دارای خواص درمانی می‌باشد و میزان عملکرد و اثربخشی قابل ملاحظه‌ای در درمان لک‌پوستی و بیماری‌های پوستی می‌باشد. با توجه به نتایج حاصله بیشترین فروش و اثر بخشی مربوط به کرم اریکه و سپس کرم درماتوم به عنوان یک محصول ارگانیک و گیاهی و داخلی می‌باشد که از نظر قیمت یک دهم قیمت اریکه می‌باشد لذا اهمیت گیاهان دارویی کشور و لزوم استفاده از آنها در فراورده‌های گیاهی را به وضوح نشان می‌دهد.

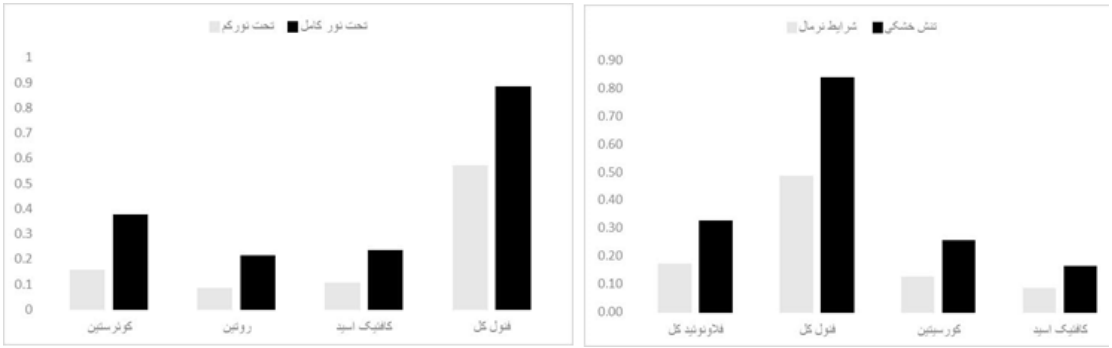
عوامل موثر محیطی در افزایش متابولیت‌های ثانویه موثر

جدول ۲ نشان می‌دهد عوامل مختلف محیطی نظیر میزان و کیفیت نور، خشکی شوری، دما و اسیدیته خاک می‌تواند باعث تغییر در متابولیت‌های ثانویه موثر در درمان بیماری ضد لک پوستی و تاثیر بر مهار و کنترل آنزیم نیروزیناز شود.

جدول ۲. برخی عوامل محیطی و تاثیر آنها در ترکیبات فعال گیاهی و آنزیم تیروزیناز (Makhlouf et al., 2025)

عوامل محیطی	تاثیر بر ترکیبات فعال گیاهی	تاثیر بر مهار تیروزیناز
طیف نوری UV نور	افزایش فلاونوئیدها و فنل‌ها	افزایش مهار تیروزیناز
خشکی و شوری	افزایش آنتی اکسیدان	افزایش فعالیت ضد لک
دمای غیرطبیعی	الفای ترکیبات دفاعی	افزایش مهارتیروزیناز
pH خاک	افزایش جذب مواد معدنی	بهبود بیوسنتز ترکیبات فنلی
استرس زیستی	افزایش ترکیبات دفاعی	افزایش فعالیت آنزیمی

نمودار یک نشان می‌دهد اکثر ترکیبات و متابولیت‌های ثانویه در اثر نور کامل (سمت چپ) بیش از دو برابر ترکیبات موثره در اندام گیاهی تولید نموده‌اند. به عبارتی اثر بخشی مواد اولیه در تولید محصولات گیاهی جهت بیماری ضد لک می‌تواند بطور معنی‌داری در شرایط نور کامل افزایش یابد.



شکل ۱. نمودار تغییرات متابولیت‌ها تحت شرایط تنش متفاوت نوری و خشکی (میزان فنول کل و فلاونوئید کل جهت هم مقیاس کردن داده‌ها و نمایش معادل، ۱/۱۵ در نظر گرفته شده‌است) (Makhlouf et al., 2025).

تاثیر تنش خشکی بر افزایش متابولیت‌ها نشان می‌دهد که تمام ترکیبات موثره بر درمان بیماری لک‌پوستی شامل فلاونوئید کل، کورستین و کافئیک اسید بطور معنی‌داری افزایش داشته‌اند (نمودار ۱). بنابراین هر دو عامل نور زیاد و تنش خشکی می‌تواند باعث افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه موثر در درمان بیماری لک‌پوستی شوند. مهم‌ترین ترکیبات موثر در روشنایی و رفع لک‌های پوستی ابتدا فنول کل می‌باشد که بالاترین مقدار و اثر قوی در مهار تیروزیناز دارد. بعد از آن کوئرستین می‌باشد که اثر تخصصی در روشن کنندگی پوست دارد و در نهایت فلاونوئید کل که نقش پشتیبان مهم در اثرات ضد لک دارند (Polcaro et al., 2024). جدول ۳ نشان می‌دهد با استفاده از نور مناسب و بالا و تنش خشکی می‌توان با استفاده از گونه‌های مرتعی و مقاوم به شرایط محیطی، میزان کورسیتین به عنوان ترکیب آلی موثر در درمان بیماری بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش و اثر بخشی محصول تولیدی را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد.

جدول ۳. عوامل محیطی بر روی چند گیاه مرتعی و تاثیر این عوامل بر تغییر ماده موثره‌ی آن‌ها.

اثر زیستی	ترکیب افزایش یافته	گیاه	عامل محیطی
ضد لک، آنتی‌اکسیدان	کورسیتین، کافئیک اسید	Salsola vermiculata	تنش خشکی
ضد ملانین، آنتی‌اکسیدان	کوئرستین، روتین	Teucrium polium	نور بالا
ضدالتهاب، آنتی‌اکسیدان	آپیژنین، لوتئولین	Artemisia aucheri	دمای بالا

سلیمی و همکاران (۲۰۱۶) مطالعه‌ای با موضوع بررسی اثرات ضد لک پوستی گیاه عناب (*Ziziphus jujuba* L.) با استفاده از دو روش عصاره‌گیری سرد و گرم با استفاده از متانول ۸۰ درصد انجام دادند. بر اساس نتایج این تحقیق میزان ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی استخراجی از روش عصاره‌گیری سرد بطور معنی‌داری بیشتر از روش عصاره گیری گرم گزارش شده است. همچنین مشخص شد تاثیر کنترل‌کنندگی انزیم تیروزیناز به روش عصاره‌گیری سرد مناسبت‌تر می‌باشد (Salimi et al., 2016).لذا اثر بخشی محصولات تولیدی حاصل از فرآوری گونه‌های گیاهی می‌تواند علاوه بر کیفیت و محتوی متابولیت‌های گیاهی در اندام‌های گیاهی، مربوط به فرآیند تولید و استخراج مناسب متابولیت‌های مربوطه باشد که لازم هست مناسب‌ترین روش‌ها برای استخراج متابولیت‌های ثانویه موثر بر درمان بیماری ضد لک پوستی شناسایی و استفاده شوند. با توجه به نتایج به دست‌آمده به نظر می‌رسد مناسب‌ترین کرم‌ها حاوی عصاره‌های گیاهی، در درجه اول مربوط به گیاه شیرین‌بیان بیان با نام تجاری درماتوم و سپس آلوءورا و چای‌سبز می‌باشد.

بیش‌ترین اثر بخشی جهت درمان لک پوستی مربوط به کرم اریکه که تحت لیسانس می‌باشد و پس از آن مربوط به کرم درماتوم از تولیدات داخلی می‌باشد که در تولید آن از فرآورده گیاهی شیرین‌بیان استفاده شده‌است. مطالعات مختلفی تاثیر مثبت و معنی‌دار عصاره شیرین‌بیان جهت درمان لک‌پوستی و روشن‌کنندگی آن را گزارش نموده‌اند (Panichakul et al., 2020) که نتایج بررسی میدانی و انواع کرم‌ها با اثربخشی متفاوت تاثیر شیرین‌بیان را در درمان لک‌پوستی تایید می‌نماید. همچنین با توجه به نتایج مشخص شد با استفاده از گونه‌های مرتعی مقاوم به خشکی و شرایط سخت رویشگاهی می‌توان گونه‌های گیاهی با متابولیت‌های ثانویه و موثر بیشتری تولید نمود و فرآورده‌هایی با اثر بخشی بیشتر برای درمان بیماری لک‌پوستی تولید نمود. مطالعات مختلفی تاثیر تنش‌های محیطی را جهت افزایش متابولیت‌های موثر در درمان این بیماری را گزارش نموده‌اند که اهیمت رویشگاه‌ها مختلف و لزوم شناخت این عوامل و همچنین اعمال این تنش‌ها در مزارع تحت کشت و تکثیر این گونه‌های گیاهی می‌تواند باعث بهبود عملکرد و ماده موثره گیاهی جهت درمان بهتر و سریع‌تر بیماری پوستی لک و تیرگی پوستی شود (Polcaro et al., 2024, Kim et al., 1999).

نتیجه نهایی

با توجه به نتایج به دست آمده مناسب‌ترین کرم‌ها حاوی عصاره‌های گیاهی ، در درجه اول مربوط به کرم تجاری درماتوم تولید داخل می‌باشد که عصاره گیاه شیرین‌بیان در ترکیب و ساخت آن استفاده شده است. از نظر تقاضا و اثر بخشی به نظر می‌رسد کرم روشن‌کننده پوست اریکه در رتبه اول قرار دارد اما این کرم تولید داخل نبوده و تحت لیسانس خارج از کشور بوده و دارای قیمتی بیش از ده برابر قیمت کرم درماتوم تولید داخل با اثر بخشی نسبتاً مشابه می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق می‌توان ماده موثره موجود در گیاهان مورد استفاده در تولید کرم پوستی را تحت شرایط تنش محیطی نظیر خشکی و نور و دما افزایش داد و این تغییرات می‌تواند اثر مثبت بر تولید ماده موثره و درمانی گیاه داشته و باعث بهبود کیفیت و اثربخشی کرم تولید شده شود. لذا شناخت این عوامل محیطی وابسته به نوع گونه گیاهی و اثر درمانی لازم هست بطور دقیق مشخص و بر اساس آن مواد اولیه گیاهی با کیفیت مناسب را برای تولید کرم پوستی و بهداشتی استفاده نمود. بنابراین استفاده صحیح از گیاهان دارویی و فرمولاسیون آن‌ها در ترکیب کرم گیاهی می‌تواند نقش مهمی در بهداشت و درمان بیماری‌های پوستی از یک طرف و از طرفی کاهش هزینه‌های درمان و خروج ارز از کشور به دلیل واردات مواد مصرفی شیمیایی جهت تهیه این گونه داروهای گیاهی داشته باشند. از این‌رو شناخت دقیق و بهره‌برداری صحیح و اصولی از گونه‌های گیاهی مهم و مقاوم به شرایط محیطی که عمدتاً شامل گونه‌های گیاهی مراتع در مناطق خشک و نیمه خشک می‌شوند، می‌تواند علاوه بر ارزش افزوده حاصل از فرآوری و تولیدات این نوع محصولات، باعث بهبود وضعیت سلامت جامعه و محیط زیست، بهره‌وری و تقویت اقتصاد دانش بنیان در کشور شود.

منابع

Kim, K.,Y. J., Shim, K. H., Jun, Y. S., Rhee, S. H., Yokozawa, T., & Chung, H. Y. (2023). Inhibition of tyrosinase by green tea components. Life sciences, 65(21), PL241-PL246.

Makhloufi, N. E., Mazri, M. A., Tabi, S., Manssoury, N. E., Tahiri, A., Naimi, M., & Koufan, M. (2025). Influence of drought and salt stresses on the morpho-physiological and biochemical properties of in vitro seedlings of carob (Ceratonia siliqua L.). Vegetos, 1-14.

Panichakul, T., Rodboon, T., Suwannalert, P., Tripetch, C., Rungruang, R., Boohuad, N., & Youdee, P. (2020). Additive effect of a combination of Artocarpus lakoocha and Glycyrrhiza glabra extracts on tyrosinase inhibition in melanoma B16 cells. Pharmaceuticals, 13(10), 310.

Polcaro, L. M., Cerulli, A., Montella, F., Ciaglia, E., Masullo, M., & Piacente, S. (2024). Chemical Profile and Antioxidant and Tyrosinase Inhibitory Activity of Chamaemelum nobile L. Green Extracts. Cosmetics, 11(3), 94.

Salimi, M., Sarkhail, P., Sarkheil, P., Mostafapour Kandelous, H., & Baeeri, M. (2016). Evaluation of anti-melanogenic activity of Ziziphus jujuba fruits obtained by two different extraction methods. Research Journal of Pharmacognosy, 3(2), 1–7. https://sid.ir/paper/336773/en.

Ullah S, Son S, Yun HY, et al. Tyrosinase Inhibitors: A Patent Review (2015). Expert Opin Ther Pat 2016; 26(3): 347-62.

Evaluation and comparison of some common herbal and chemical products on the market for treating skin blemishes and lightening

Fatemeh Zakeri[1], Alireza KhavaninZadeh[*2]
1. M.Sc. Student in Medicinal and Industrial Plants, Ardakan University, Ardakan, Yazd, Iran
2. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Ardakan University, Ardakan,Yazd, Iran..
[*]*Corresponding Author: Akhavaninzadeh@ardakan.ac.ir*

Abstract

Today, the use of medicinal plants has increased significantly in various fields, especially health and cosmetics. One of the important usages of these plants is the treatment of skin blemishes that are caused by the activity of the enzyme tyrosinase. The method of collecting information is library and field sampling in this research. After the initial review and selection of reliable sources in accordance with the study objectives, the relevant information and data were analyzed and by referring to pharmacies and authorized sellers, the highest sales of products were determined using a questionnaire and then the active ingredients in the compounds were determined according to the medicinal plant species used in the products. Effective environmental factors that cause significant increase organic compounds in the plant leading to more effectiveness, were identified and evaluated by reviewing scientific sources. According to the results, the enzyme tyrosinase plays a key role in the production of melanin and the formation of skin spots, and controlling its activity helps improve skin problems. The active ingredients present in medicinal plants to control the enzyme tyrosinase include phenolic compounds, flavonoids, and Citrosil. Domestically plant based produced cost up to one-tenth the price of chemical and foreign products and have acceptable therapeutic effects and less side effects. In general, according to the results, plants such as licorice, green tea, and chamomile can be cultivated using environmental factors such as temperature and dryness and processed to produce anti-blemish plant-based products that can be used effectively to treat skin diseases.

Keywords: Enzyme, Chamomile, Green tea, Licorice, Melanin

مطالعه پاسخ برخی صفات مورفولوژیکی و عملکردی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) به کاربرد کودهای آلی و زیستی

کیامرث آزادی‌نژاد[۱]، امین صالحی[۲*]، علیرضا یدوی[۳]، پروین رستم‌پور[۴]، حمید الهدادی[۵]

۱- دانشجو کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

۳- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

۴- دانشجوی دکترا، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

۵- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

[*]نویسنده مسئول: aminsalehi@yu.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی اثر نهاده‌های اکولوژیک بر برخی صفات گیاه دارویی گاوزبان اروپایی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در شهرستان نورآباد، از توابع استان فارس اجرا گردید. عامل اول شامل کمپوست در سه سطح (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و عامل دوم شامل کودهای زیستی در چهار سطح (شاهد، قارچ میکوریزا *Funneliformis moseae*، باکتری *Bacillus subtilis* و قارچ میکوریزا+ باکتری) بود. شاخص‌های مورد بررسی شامل صفات مورفولوژیک (تعدا گل در بوته، شاخص سطح برگ و وزن هزار دانه) و در نهایت عملکرد سرشاخه گلدار بود. طبق نتایج، بیشترین تعداد گل در بوته (۶۰۲ عدد)، شاخص سطح برگ (۳/۶۷)، وزن هزار دانه (۳۰/۴۷ گرم) و عملکرد سرشاخه گلدار (۶۵/۶۰ گرم در متر مربع) در زمان کاربرد ۱۰ تن کمپوست در هکتار و کاربرد تلفیقی ریز موجودات مورد بررسی و کمترین میزان نیز از تیمار شاهد یا عدم مصرف کود حاصل شد. به طور کلی کاربرد کود آلی کمپوست (۱۰ تن در هکتار) و کودهای زیستی مورد مطالعه (میکوریزا و باکتری) تأثیر و کارآیی مثبتی بر صفات مورد مطالعه گیاه دارویی گاوزبان اروپایی به خصوص صفت کلیدی عملکرد سرشاخه گلدار داشتند. با این وجود، کاربرد تلفیقی این کودها کارآیی بیشتری در افزایش این صفات داشت. بنابراین با توجه به اثرات مخرب کودهای شیمیایی و همچنین آثار مطلوب مشاهده شده از کودهای زیستی و آلی به‌منظور گسترش کشاورزی پایدار، مصرف کودهای زیستی و آلی برای توسعه کشت گل گاوزبان اروپایی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: باکتری محرک رشد، سرشاخه گلدار، کمپوست، گاوزبان اروپایی، میکوریزا

مقدمه

گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) از خانواده‌ی *Boraginaceae*، گیاهی دارویی با منشأ اصلی منطقه‌ی مدیترانه و بومی سوریه است (Salehzadeh, 1989). در نظام‌های زراعی پایدار، افزایش بهره‌وری در واحد سطح بدون آسیب به منابع طبیعی، از طریق بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها هدف اصلی است. استفاده از ورودی‌های زیستی و آلی، از جمله قارچ‌های میکوریزا، باکتری‌های محرک رشد و کمپوست، راهکاری مؤثر در این راستا است. میکوریزا با برقراری

همزیستی با ریشه گیاه، موجب بهبود جذب عناصر غذایی و افزایش تحمل به تنش‌های محیطی می‌شوند. تأثیر مثبت آن‌ها بر صفات رشدی، عملکرد و ترکیبات متابولیتی در گیاهان دارویی نظیر رازیانه گزارش شده است (Zamani et al., 2019). همچنین، باکتری‌های ریزوسفری با افزایش دسترسی به عناصر غذایی، رشد و عملکرد گیاه را ارتقا می‌دهند (Sajjadi Nik et al., 2011). از سوی دیگر، کاربرد بقایای آلی به‌صورت کمپوست، با بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، توسعه ریشه و افزایش جذب آب و مواد غذایی را تسهیل می‌کند (Behzad Amiri et al., 2017). در این پژوهش سعی شده است که با استفاده از نهاده‌های درون مزرعه‌ای (کاه و کلش برنج) با کمک کود دامی و تبدیل آن به کمپوست، همراه با کاربرد قارچ میکوریزا و باکتری باسیلوس بر تأمین بخشی از منابع کودی مورد نیاز گیاه و کمک به حاصلخیزی پایدار خاک، از هدر رفت بخشی از این منابع در سطح مزرعه نیز جلوگیری شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۰–۱۳۹۹ در شهرستان نورآباد ممسنی (استان فارس) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل کمپوست (تهیه‌شده از کود دامی و بقایای گیاهی) در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و کودهای زیستی در چهار سطح (شاهد، قارچ میکوریزا *Funneliformis mosseae*، باکتری *Bacillus subtilis*، و ترکیب قارچ + باکتری) بودند. بذرها از شرکت پاکان بذر تهیه و نهاده‌های زیستی از مؤسسه آب و خاک کرج تأمین شدند. میکوریزا به‌صورت نواری هنگام کاشت (۲۰ گرم برای هر بوته، معادل ۸۰ کیلوگرم در هکتار) و سوسپانسیون باکتری با آغشته‌سازی ریشه نشا اعمال گردید. کمپوست پس از آنالیز و بر اساس نیاز گیاه، در کرت‌ها پخش و تا عمق ۳۰ سانتی‌متر با خاک مخلوط شد. عملیات زراعی برای تمامی تیمارها به‌صورت یکنواخت انجام گرفت. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، صفاتی مانند تعداد گل در بوته، شاخص سطح برگ، وزن هزار دانه و عملکرد سرشاخه گل‌دار (پس از خشک‌کردن در ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت) اندازه‌گیری شد. داده‌ها با نرم‌افزارهای SAS و Excel تجزیه و تحلیل شدند و مقایسه میانگین‌ها با روش LSD در سطح ۵ درصد انجام گرفت. در صورت معنی‌دار بودن برهم‌کنش، برش‌دهی و تحلیل با روش L.S.Means صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

تعداد گل در هر بوته

اثر کمپوست و کودهای زیستی مورد مطالعه و بر همکنش این دو عامل بر تعداد گل در بوته گاوزبان معنی‌دار گردید (جدول ۱). بیشترین تعداد گل در بوته از تیمار کاربرد ۱۰ تن کمپوست در هکتار و تلفیق کودهای زیستی به‌دست آمد و کمترین میزان نیز از تیمار شاهد حاصل شد. در این سطح کود کمپوستی (۱۰ تن در هکتار) بعد از تیمار تلفیقی کودهای زیستی، تیمار میکوریزا بیشترین تأثیر را در افزایش تعداد گل در هر بوته نشان داد (جدول ۲).

محققین گزارش کرده‌اند که قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفر به دلیل تولید هورمون‌های تحریک کننده رشد از قبیل اکسین و سیتوکینین و بهبود توسعه سامانه ریشه‌ای، دسترسی به منابع موجود به ویژه فسفر افزایش داده که در نتیجه به دلیل بهبود رشد، افزایش اجزای عملکرد گیاه رازیانه را به دنبال داشته است (Zamani et al., 2019). افزایش مصرف کودهای آلی، باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی، عرضه مداوم و پایدار عناصر غذایی ماکرو و میکرو و ذخیره رطوبت خاک می‌شود لذا مواد ذخیره‌ای بیشتری به گیاه منتقل می‌شود و در نهایت تعداد گل در هر شاخه نیز افزایش می‌یابد (Behzad Amiri et al., 2017).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر کودهای مورد استفاده بر صفات مورفولوژیکی و عملکردی گاوزبان اروپایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد گل در بوته	شاخص سطح برگ	وزن هزار دانه	عملکرد سرشاخه گلدار
تکرار	۲	۵۴۷۲/۴۴**	۰/۵۰۴۴**	۴۵/۷۶۹۵**	۴۳/۰۲۸**
کمپوست	۲	۱۷۴۸۹۰/۷۸**	۶/۹۳۶۹**	۲۷۰/۵۶۴۶**	۴۲۰/۱۸۷۳**
کود زیستی	۳	۳۴۵۵۲/۷۱**	۲/۷۵۲۶**	۱۷۰/۳۶۳۵**	۴۶۹/۷۴۳**
کمپوست*کودزیستی	۶	۲۹۱۳/۱۵**	۰/۱۳۸۷*	۵/۰۰۱۶**	۱۷۱/۱۸**
خطا	۲۲	۷۱/۸۳۴	۰/۰۵۱۰	۰/۷۱۸۰	۰/۸۷۶۳
ضریب تغییرات (٪)	-	۲/۱۰	۱۰/۰۴	۴/۱۲	۲/۱۸

ns، * و **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۲. مقایسه میانگین برهمکنش اثر کودهای مورد استفاده بر صفات مورفولوژیکی و عملکردی گاوزبان اروپایی

تیمارها		تعداد گل در بوته	شاخص سطح برگ	وزن هزار دانه gr	عملکرد سرشاخه گلدار g/m^2
کمپوست	کود زیستی				
۰	شاهد	۲۴۶/۰۰^{c}	۰/۹۵^{c}	۱۱/۹۸^{c}	۲۱/۷۷^{d}
	میکوریزا	۳۰۳/۳۳^{b}	۱/۴۵^{b}	۱۵/۶۹^{b}	۳۳/۲۹^{b}
	باکتری	۳۰۳/۲۲^{b}	۱/۳۱^{bc}	۱۴/۷۰^{b}	۲۷/۷۳^{c}
	میکوریزا* باکتری	۳۳۱/۳۳^{a}	۱/۹۷^{a}	۲۰/۱۰^{a}	۳۶/۷۰^{a}
۵	شاهد	۳۴۶/۶۷^{d}	۱/۶۲^{c}	۱۵/۳۷^{d}	۳۲/۷۷^{d}
	میکوریزا	۴۴۶/۶۷^{b}	۲/۸۰^{a}	۲۳/۱۷^{b}	۴۹/۶۳^{b}
	باکتری	۳۹۰/۰۰^{c}	۲/۲۵^{b}	۱۹/۹۸^{c}	۳۹/۴۰^{c}
	میکوریزا* باکتری	۵۲۳/۳۳^{a}	۳/۰۰^{a}	۲۵/۷۳^{a}	۵۵/۴۰^{a}
۱۰	شاهد	۴۲۳/۳۳^{d}	۲/۰۵^{c}	۱۸/۱۰^{d}	۴۰/۸۰^{d}
	میکوریزا	۵۸۰/۰۰^{b}	۲/۸۷^{b}	۲۷/۸۰^{b}	۵۹/۸۷^{b}
	باکتری	۵۴۳/۳۳^{c}	۳/۰۷^{b}	۲۳/۹۵^{c}	۵۲/۷۷^{c}
	میکوریزا*باکتری	۶۰۲/۰۰^{a}	۳/۶۷^{a}	۳۰/۴۷^{a}	۶۵/۶۰^{a}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح (٪۵) اختلاف معنی‌داری ندارد.

شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) نشان داد که اثر عامل‌های مورد بررسی و برهمکنش آن‌ها بر شاخص سطح برگ معنی‌دار شد. با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها بیشترین شاخص سطح برگ گاوزبان اروپایی به میزان ۳/۶۷، از تیمار کاربرد ۱۰ تن کمپوست در هکتار و کاربرد تلفیقی کودهای زیستی به دست آمد و کمترین میزان این صفات (۰/۹۵) نیز در کرت‌هایی که هیچ گونه کمپوست و کود زیستی استفاده نشده بود (شاهد) حاصل شد (جدول ۲).

به نظر می‌رسد افزایش سطح برگ گاوزبان در تیمارهای تلفیقی در مقایسه با شاهد به‌دلیل آزادسازی تدریجی عناصر غذایی باشد که در طول دوره رشد در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. افزایش سطح برگ با مصرف کودهای آلی علاوه بر افزایش تولید برگ می‌تواند به‌دلیل افزایش دوام سطح برگ و تأخیر در پیری و زرد شدن برگ‌ها نیز باشد. در

پژوهشی بر گیاه توت فرنگی و با استفاده از مقادیر ۰ و ۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار مشخص گردید که کاربرد مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست، به‌طور معنی‌داری سطح برگ را درمقایسه با گیاهان شاهد افزایش داد (Arancon et al., 2004). آن‌ها این برتری را به افزایش جمعیت میکروبی خاک و تولید مواد محرک رشد، نظیر هورمون‌های گیاهی که ناشی از فعالیت کرم‌های خاکی در ورمی‌کمپوست بود، نسبت دادند.

وزن هزار دانه

اثر عامل‌های مورد بررسی و برهمکنش این عامل‌ها بر وزن هزار دانه معنی‌دار گردید (جدول ۱). کاربرد کمپوست و کودهای زیستی باکتریایی و میکوریزایی نسبت به عدم کاربردشان بر وزن هزار دانه گاوزبان مؤثر گزارش شد، به طوری‌که بیشترین میزان وزن هزار دانه (۳۰/۴۷ گرم)، از تیمار کاربرد ۱۰ تن کود زیستی در هکتار و کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و کمترین میزان نیز از تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۲).

با مصرف کود آلی کمپوست و ورمی‌کمپوست؛ خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک بهبود یافته و موجب رشد بهتر گیاه شده و مواد فتوسنتزی بیشتری تولید شده و به سمت دانه‌ها منتقل می‌شود. همچنین با توجه به فراهمی بیشتر رطوبت خاک، طول دوره پر شدن دانه افزایش یافته و در نتیجه وزن هزار دانه افزایش می‌یابد. قارچ میکوریزا و باکتری محرک رشد می‌تواند با تشدید فعالیت فتوسنتزی و افزایش عناصر غذایی درون گیاه، تأثیر مثبتی بر وزن هزار دانه داشته باشد. در پژوهشی گزارش شد کاربرد میکوریزا سبب افزایش ۲/۰۶ درصدی وزن هزاردانه در گیاه گاوزبان شد (Shahbazi et al., 2019). همچنین محققان بیان داشته‌اند تلقیح بذر با باکتری محرک رشد (ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم) افزایش معنی‌دار ۷ درصدی در وزن هزاردانه‌ی کنجد ایجاد کرده است (Sajjadi Nik et al., 2011).

عملکرد سرشاخه گلدار

اثر کود آلی کمپوست و کودهای زیستی مورد مطالعه و بر همکنش این عامل‌ها، بر عملکرد گل گاوزبان اروپایی بود (جدول ۱). در تیمار عدم کاربرد کمپوست، کاربرد ۵ تن کمپوست در هکتار و کاربرد ۱۰ تن کمپوست در هکتار بیشترین عملکرد گل به‌ترتیب با میانگین ۳۶/۷۰، ۵۵/۴۰ و ۶۵/۶۰ گرم بر متر مربع در شرایط کاربرد تلفیقی باکتری+ میکوریزا بود که با عملکرد گل در سایر سطوح کود زیستی تفاوت معنی‌داری را نشان داد. این در حالی است که کمترین عملکرد گل در هر یک از سطوح کمپوست مربوط به تیمار شاهد (عدم کاربرد کود زیستی) بود (جدول ۲).

استفاده از کود آلی کمپوست بهبود ساختمان خاک و کاهش جرم مخصوص ظاهری آن را به همراه دارد، ضمن اینکه سبب افزایش نفوذپذیری خاک، افزایش میزان هوموس و ظرفیت بافری خاک و افزایش برخی آنزیم‌ها و درنتیجه سبب تشدید جمعیت و فعالیت میکروبی خاک می‌گردد (Doaei et al., 2018)، در همین راستا تحقیقی بر گاوزبان ایرانی مشخص نمودند با کاربرد کمپوست عملکرد گل خشک نسبت به شاهد به میزان ۱۴ درصد افزایش یافت (Behzad Amiri et al., 2017).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد نهاده‌های اکولوژیک شامل کمپوست و کودهای زیستی (قارچ مایکوریزا و باکتری *Bacillus subtilis*) تأثیر مثبت و معنی‌داری بر بهبود صفات زراعی و عملکرد سرشاخه گلدار گیاه دارویی گاوزبان اروپایی دارد. بیشترین اثر افزایشی در صفاتی چون تعداد گل، شاخص سطح برگ، وزن هزار دانه و عملکرد اقتصادی، زمانی حاصل شد که از تلفیق ۱۰ تن در هکتار کمپوست با هم‌زمانی قارچ مایکوریزا و باکتری استفاده گردید.

این یافته‌ها تأکیدی بر نقش هم‌افزای عناصر زیستی و آلی در افزایش بهره‌وری گیاهان دارویی و ارتقاء کیفیت تولید در شرایط زراعی پایدار است. در نتیجه با توجه به کاهش آثار زیست‌محیطی و حفظ سلامت خاک، مصرف این نهاده‌ها به‌عنوان رویکردی کارآمد در مدیریت تغذیه‌ای کشت‌های دارویی، به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک، توصیه می‌شود.

منابع

Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J.D. (2004). Influence of vermicompost on field strawberries: Part 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology, 93,145-153*.

Behzad Amiri, M., Rezvani Moghaddam, P. and Jahan, M. (2017). Effects of Organic Acids, Mycorrhiza and Rhizobacteria on Yield and Some Phytochemical Characteristics in Low-Input Cropping System, *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 27(2), 45-61*.

Doaei, F., Rezvani Moghddam, P., Ghorbani, R. and Balandari A. (2018). The effect of organic and biological fertilizers application on biomass yield and poly-phenols contents of Dwarf Chicory leaves (*Cichorium pumilum* Jacq.). *Journal of Agroecology, 9(4), 910-921*.

Sajjadi Nik, R., Yadavi, H., Baluchi, H. and Faraji, H. (2011). Comparison of the effect of chemical (urea), organic (vermicompost) and biological (nitroxin) fertilizers on quantitative and qualitative yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.). *Agricultural Science and Sustainable Production, 21(2), 87-101*.

Salehzadeh, A. (1989). Study of different species of borage available in the Iranian herbal medicine market and its comparison with the standard species. *PhD thesis in Pharmacy, Faculty of Pharmacy, Isfahan University of Medical Sciences.*

Shahbazi, Z., Salehi, A., Movahedi Dehnavi, M. and Farajee, H. (2019). The effect of organic fertilizer and mycorrhizal fungus on morphological characteristics, shoot biomass and mucilage of Borage (*Borago officinalis*). *Iranian Journal of Horticultural Science, 50(3), 561-570.*

Zamani, F., Amirnia, R.., Rezaei-chiyaneh, E. and Rahimi, A. (2019). The effect of bacterial bio-fertilizers and mycorrhizal fungi on seed yield and chemical composition of essential oil of three fennel landrace. *Journal of Crops Improvement, 20*(4), 831-848.

Study of the response of some morphological and functional traits of European borage (*Borago officinalis* L) to the application of organic and biological fertilizers

Kiamars Azadinejad[1], Amin Salehi[2*], Alireza Yadvi[3], Parvin Rostampour[4], Hamid Alahdadi[5]
1. M.Sc student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran.
2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran
3. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran.
4. Ph.D. student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran.
5. M.Sc graduate, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran.
[*]*Corresponding Author: aminsalehi@yu.ac.ir*

Abstract

To investigate the effect of ecological inputs on certain traits of the medicinal plant *Borago officinalis*, a factorial experiment was conducted in the form of a randomized complete block design (RCBD) with three replications during the 2020–2021 growing season in Nourabad, a district in Fars Province, Iran. The first factor was compost at three levels (0, 5, and 10 tons per hectare), and the second factor included biofertilizers at four levels (control, mycorrhizal fungus *Funneliformis mosseae*, bacterium *Bacillus subtilis*, and a combination of fungus + bacterium). The evaluated indicators included morphological traits (number of flowers per plant, leaf area index, and thousand seed weight), as well as the yield of flowering shoots. According to the results, the highest number of flowers per plant (602), leaf area index (3.67), thousand seed weight (30.47 g), and flowering shoot yield (65.60 g/m²) were obtained with the application of 10 tons per hectare of compost and the combined use of the studied microorganisms. The lowest values were observed in the control treatment. Overall, the application of organic compost (10 t/ha) and the studied biofertilizers (mycorrhiza and bacteria) had a positive impact and effectiveness on the measured traits of *Borago officinalis*, particularly the key trait of flowering shoot yield. However, the integrated use of these fertilizers resulted in greater effectiveness in improving these traits. Therefore, considering the detrimental effects of chemical fertilizers and the favorable outcomes observed from bio- and organic fertilizers, their use is recommended for the sustainable cultivation of *Borago officinalis*.

Keywords: Compost, European borage, Flowering shoot, Growth-promoting bacteria, Mycorrhiza

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

ارزیابی تأثیر قارچ مایکوریزا و منابع تغذیه‌ای بر برخی صفات فیتوشیمیایی گیاه گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) تحت رژیم‌های آبیاری متفاوت

پروین رستم پور [۱]، امین صالحی [۲*]، محسن موحدی دهنوی [۳]

۱- دانشجوی دکترا، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

۳- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

* نویسنده مسئول: aminsalehi@yu.ac.ir

چکیده

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل رژیم‌های مختلف آبیاری در سه سطح، بدون تنش (آبیاری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه)، تنش ملایم (آبیاری با تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه) و تنش شدید (آبیاری با تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و عامل فرعی به‌صورت فاکتوریل شامل تلقیح با قارچ مایکوریزا در دو سطح (بدون قارچ و تلقیح با قارچ به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار) و سطوح تغذیه‌ای شامل: شاهد (عدم مصرف کود)، تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن (معادل ۹۰ کیلوگرم در هکتار) از طریق کمپوست دامی، تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی زئولیتی، تأمین ۵۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی زئولیتی و در نهایت کود شیمیایی (NPK) بود. در این پژوهش تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری، قارچ مایکوریزا آرباسکولار و منابع تغذیه‌ای بر برخی فاکتورهای فیتوشیمیایی گاوزبان ایرانی بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد، که برهمکنش سه‌گانه رژیم‌های آبیاری + مایکوریزا + منابع تغذیه‌ای بر صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری را نشان نداد. افزایش تنش آبیاری اثری افزاینده بر میزان فنل، فلاونوئید، قدرت احیاکنندگی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی داشت. کاربرد کمپوست و مایکوریزا با افزایش میزان این صفات سبب تعدیل شرایط تنش و مقاومت بیشتر گیاه در برابر خشکی گردید به‌طوری‌که تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی زئولیتی، بیشترین تأثیر را در افزایش صفات فوق نشان داد. بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز در شرایط تلقیح با قارچ مایکوریزا و تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی زئولیتی حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: رژیم‌های آبیاری، زئولیت، کمپوست، گاوزبان ایرانی، مایکوریزا

مقدمه

گل گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) از گیاهان دارویی بومی ایران و متعلق به خانواده‌ی Boraginaceae است که در نواحی کوهستانی با ارتفاعات تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا پراکنش دارد. این گونه به‌دلیل دارا بودن ترکیبات مؤثره‌ای نظیر آلکالوئیدها، فلاونوئیدها و تانن‌ها، در طب سنتی ایران برای خواص ادرارآوری، ضد درد و کاهش فشار خون مورد استفاده قرار می‌گیرد (Momen et al., 2013). در شرایط کم‌آبی، تنظیم اسمزی و افزایش متابولیت‌های سازگار موجب حفظ جذب آب و تقویت مکانیسم‌های دفاعی گیاه می‌شود(Yamaguchi-Shinozaki and Shinozaki, 2006).

تحقیقات نشان داده‌اند که تنش خشکی موجب افزایش معنی‌دار محتوای فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در این گیاه می‌گردد (Pedavas and Heidari, 2013). در این میان، کاربرد کودهای آلی و زیستی، به‌ویژه کمپوست و قارچ‌های مایکوریزا، با بهبود ویژگی‌های فیزیکی و زیستی خاک، ارتقاء فعالیت آنتی‌اکسیدانی، جذب عناصر غذایی و افزایش توان تنظیم اسمزی، می‌توانند در تعدیل اثرات خشکی مؤثر باشند (Chandrasekaran, 2022). استفاده از زئولیت به‌عنوان افزودنی در فرآوری کمپوست، با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و کاهش آبشویی نیتروژن، اثرگذاری کودهای آلی را بهبود می‌بخشد. گزارش شده است که افزودن ۱۵٪ زئولیت به کمپوست موجب بهبود عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش خشکی شده است (Gholamhoseini et al., 2008). با توجه به کاهش منابع آب، پیامدهای منفی مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، و مزایای اثبات‌شده نهاده‌های آلی و زیستی در کشاورزی پایدار، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر قارچ مایکوریزا و کمپوست بر شاخص‌های بیوشیمیایی *Echium amoenum* تحت شرایط مختلف آبیاری اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۹–۱۴۰۰ در شهرستان نورآباد ممسنی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل رژیم‌های آبیاری در سه سطح بود: بدون تنش (تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبی)، تنش ملایم (۷۵٪ نیاز آبی) و تنش شدید (۵۰٪ نیاز آبی). عامل فرعی به‌صورت فاکتوریل شامل دو سطح قارچ مایکوریزا *Glomus mosseae* (تلقیح و عدم تلقیح) و پنج سطح تغذیه‌ای شامل: شاهد، تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی، ۱۰۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی + زئولیت، ۵۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی + زئولیت، و کود شیمیایی (NPK) بود. بذر گیاه گاوزبان ایرانی در مهرماه در سینی نشا کاشته شد و در مرحله ۴-۶ برگی (اواخر آبان)، نشاها به مزرعه منتقل گردیدند. قارچ مایکوریزا (تهیه‌شده از کلینیک گیاه‌پزشکی اسدآباد) به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار، معادل ۵۰ گرم در هر بوته، به‌صورت نواری هنگام کشت به خاک اضافه شد. کوددهی نیتروژنی بر مبنای ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، به‌صورت نصف در زمان کاشت و نیم دیگر پس از تنک، انجام شد. آبیاری به‌صورت قطره‌ای (تیپ) و با کنترل حجمی توسط کنتور انجام گرفت. برای تعیین نیاز آبی گیاه و اعمال دقیق تنش آبی، تبخیر و تعرق گیاه مرجع با استفاده از معادله پنمن-مانتیث و داده‌های هواشناسی منطقه محاسبه و سپس با نرم‌افزار Cropwat میزان آب مورد نیاز تعیین شد. صفات مورد ارزیابی شامل محتوای فنل کل و فلاونوئید کل (Chuah et al., 2008)، ظرفیت احیاء و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل برگ (Turkmen et al., 2005) اندازه‌گیری شدند.

نتایج و بحث

فنل و فلاونوئید کل

اثرات اصلی رژیم‌های آبیاری، قارچ مایکوریزا و منابع تغذیه‌ای بر محتوای فنل و فلاونوئید برگ گاوزبان ایرانی معنی‌دار بود (جدول ۱). طبق مقایسه میانگین‌ها با افزایش شدت تنش آبی، مقدار فنل و فلاونوئید برگ روند افزایشی داشت. تلقیح با قارچ مایکوریزا سبب افزایش ۱۰٪/۱۷ در فنل و ۱۵٪/۵۴ در فلاونوئید نسبت به گیاهان بدون تلقیح شد. در بین تیمارهای تغذیه‌ای، بیشترین فنل از تیمار کمپوست دامی زئولیتی (۱۰۰٪ نیتروژن) به‌دست آمد، در حالی‌که کمترین مقدار (۵/۵۳ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن خشک) مربوط به تیمار شاهد بود. همچنین تیمار کمپوست زئولیتی باعث افزایش ۵۸٪/۳۳ فلاونوئید نسبت به شاهد شد (جدول ۲). بهبود وضعیت خاک از طریق افزودن مواد آلی و زیستی موجب افزایش فتوسنتز خالص و تحریک مسیرهای بیوسنتزی از جمله مسیر فنیل‌پروپانوئید

و شکمیک–استات شده و در نتیجه سنتز ترکیبات ثانویه نظیر فنل و فلاونوئید افزایش می‌یابد (Jugran et al., 2015). تلقیح مایکوریزایی علاوه بر بهبود تغذیه، تولید فنل‌ها را تحریک کرده و در شکل‌گیری همزیستی نیز نقش دارد (Rahmatzadeh and Kazemitabar, 2013). در مطالعات مشابه، افزایش ترکیبات فنلی در گیاهانی مانند زنجبیل در اثر کاربرد کودهای زیستی و آلی نیز گزارش شده است (Ghasemzadeh and Jaafar, 2011).

جدول ۱. تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای رژیم آبیاری، مایکوریزا و منابع تغذیه‌ای بر صفات فیتوشیمیایی گاوزبان ایرانی

منابع تغییرات	درجه آزادی	فنل	فلاونوئید	خاصیت آنتی‌اکسیدانی	قدرت احیا کنندگی
تکرار	۲	۲۱/۳۹۲ **	۰/۱۹۹۳ ns	۳۴۰/۶۷۱ **	۰/۲۷۵۰ **
رژیم آبیاری	۲	۵۱/۵۳۷ **	۱۴/۴۱۲ **	۱۹۶۵/۴۴ **	۱۲/۶۵۴۵ **
خطای ۱	۴	۰/۷۸۹۲	۰/۲۵۷۵	۴/۹۰۰۴	۰/۰۳۸۹
مایکوریزا	۱	۱۱/۰۶۰۰ **	۳/۴۸۸۹ **	۴۴۴/۷۱۱۱ ***	۱/۰۴۱۱ **
منابع تغذیه‌ای	۴	۲۰/۶۹۱ **	۴/۶۹۶۱ **	۵۸۰/۷۶۵ **	۲/۳۴۵۸ **
آبیاری * مایکوریزا	۲	۱/۴۷۹۷ ns	۰/۰۶۵۵ ns	۱۵/۶۵۱ ns	۰/۰۰۱۷ ns
آبیاری * منابع تغذیه‌ای	۸	۰/۳۷۵۱ ns	۰/۰۵۵۱ ns	۶/۸۸۷۳ ns	۰/۰۶۹۵ ns
مایکوریزا* منابع تغذیه‌ای	۴	۰/۰۸۲۵ ns	۰/۰۰۴۰ ns	۱/۴۳۱۷ ns	۰/۰۳۴۲ ns
آبیاری * مایکوریزا *منابع تغذیه‌ای	۸	۰/۰۸۸۸ ns	۰/۰۲۹۸ ns	۲/۴۰۵۵ ns	۰/۰۰۵۹ ns
خطای ۲	۵۴	۰/۶۴۶۱	۰/۰۹۲۴	۹/۸۳۹۰	۰/۰۱۹۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۱۲	۱۱/۲۳	۶/۲۶	۷/۱۶

ns، * و **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات اصلی رژیم‌های آبیاری، قارچ مایکوریزا و منابع تغذیه‌ای قرار گرفت (جدول ۱). بالاترین میزان این شاخص (۵۷٪/۴۳) از تیمار ٪۵۰ نیاز آبی حاصل شد که نسبت به سطوح ٪۷۵ و ٪۱۰۰ به‌ترتیب ۱۱٪/۳۶ و ۳۸٪/۶۲ افزایش نشان داد. تلقیح با مایکوریزا نیز موجب افزایش معنی‌دار فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به تیمار فاقد قارچ شد. در میان تیمارهای تغذیه‌ای، بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی با تأمین ٪۱۰۰ نیتروژن از طریق کمپوست دامی زئولیتی مشاهده شد که با سایر تیمارها در یک گروه قرار نگرفت (جدول ۲).

کودهای زیستی با تولید اسیدهای آلی و افزایش حلالیت عناصر ریزمغذی، موجب تقویت سامانه دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاه می‌شوند (Araim et al., 2009). کاربرد مایکوریزا در مطالعات مشابه نیز موجب افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در گیاهان دارویی مانند سرخارگل شده است. همچنین، افزودن تدریجی کمپوست باعث افزایش غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم و در پی آن، بهبود سنتز ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گردید (Zheng et al., 2006). بهبود شرایط تغذیه‌ای و فتوسنتزی خاک نیز در افزایش ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی مؤثر بوده که با فعالیت آنتی‌اکسیدانی همبستگی مثبت دارد (Ghasemzadeh and Jaafar, 2011). در پژوهشی دیگر، کاربرد کمپوست در گیاه فلفل موجب افزایش قابل‌توجه فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه شد (Aminifard et al., 2012).

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر رژیم‌های آبیاری، مایکوریزا و منابع تغذیه‌ای برخصوصیات فیتوشیمیایی گاوزبان ایرانی

تیمارها	فنل (mg GAE/100g flower DW)	فلاونوئید (mg QE/100g flower DW)	خاصیت آنتی اکسیدانی(%)	قدرت احیا کنندگی (Absorption at 700 nm wavelength)
رژیم آبیاری (نیاز آبی گیاه)				
٪ ۱۰۰	۶/۰۲^{c}	۲/۰۴^{c}	۴۱/۴۳^{c}	۱/۲۴^{c}
٪ ۷۵	۷/۰۴ ^{b}	۲/۶۵^{b}	۵۱/۵۷^{b}	۲/۰۴^{b}
٪ ۵۰	۸/۶۲^{a}	۳/۴۳^{a}	۵۷/۴۳^{a}	۲/۵۳^{a}
قارچ مایکوریزا				
تلقیح شده	۷/۵۸^{a}	۲/۹۰^{a}	۵۲/۳۷^{a}	۲/۰۴^{a}
تلقیح نشده	۶/۸۸^{b}	۲/۵۱^{b}	۴۷/۹۲^{b}	۱/۸۳^{b}
منابع تغذیه‌ای				
شاهد	۵/۵۳^{d}	۱/۹۲^{c}	۴۲/۶۳^{c}	۱/۴۳^{c}
تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی	۷/۸۵^{ab}	۲/۷۷^{b}	۵۳/۳۴^{b}	۲/۱۴^{b}
تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی زئولیتی	۸/۳۶^{a}	۳/۰۴^{a}	۵۷/۴۲^{a}	۲/۳۶^{a}
تأمین ۵۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی زئولیتی	۷/۳۴^{bc}	۲/۴۹^{c}	۵۰/۲۸^{c}	۱/۹۹^{c}
N-P-K کود شیمیایی	۷/۰۶^{c}	۲/۳۰^{d}	۴۷/۰۵^{d}	۱/۷۴^{d}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارد.

قدرت احیا کنندگی

بر اساس جدول ۱، اثرات اصلی رژیم‌های آبیاری، قارچ مایکوریزا و منابع تغذیه‌ای بر قدرت احیاکنندگی برگ گاوزبان ایرانی از لحاظ آماری معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثرات اصلی (جدول ۲) نشان داد با افزایش شدت تنش آبی، قدرت احیاکنندگی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری که آبیاری با ٪۵۰ نیاز آبی، بیشترین مقدار این شاخص را ایجاد کرد. همچنین تلقیح با قارچ مایکوریزا آربوسکولار باعث افزایش قابل توجهی در قدرت احیاکنندگی نسبت به تیمار بدون قارچ شد. در میان منابع تغذیه‌ای، بیشترین قدرت احیاکنندگی در تیمار تأمین ٪۱۰۰ نیتروژن از طریق کمپوست دامی زئولیتی مشاهده شد.

در آزمون قدرت احیاکنندگی، شاخص احیای آهن فریک به فرم فروس به عنوان معیار پتانسیل الکترون‌دهی ترکیبات استفاده می‌شود. ترکیبات فنلی با ایفای نقش به عنوان دهنده الکترون، توانایی خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد را دارند و به کاهش تنش اکسیداتیو در گیاه کمک می‌کنند (Rajesh et al., 2008). مطالعه‌ای دیگر نیز نشان داد که افزایش سطح تنش آبی از شاهد به تنش متوسط و شدید موجب افزایش ۱/۴۲ تا ۲/۰۴ برابری قدرت احیاکنندگی در گیاهان می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر هم‌راستا است (Bettaieb Rebey et al., 2012).

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که گرچه اثر برهم‌کنش رژیم آبی، قارچ مایکوریزا و منابع تغذیه‌ای بر صفات فیتوشیمیایی گاوزبان ایرانی معنی‌دار نبود، اما تنش خشکی به‌طور مستقل موجب افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نظیر فنل و فلاونوئید شد. کاربرد تلفیقی مایکوریزا و کمپوست دامی زئولیتی، به‌ویژه در تأمین ٪۱۰۰ نیتروژن، نقش مؤثری در بهبود پاسخ فیتوشیمیایی گیاه و تعدیل آثار تنش خشکی ایفا کرد. این نتایج بر اهمیت استفاده از نهاده‌های زیستی و آلی در مدیریت پایدار تولید گیاهان دارویی در شرایط تنش آبی تأکید دارد.

منابع

Aminifard, M.H., Aroiee, H., Azizi, M., Nemati, H. and Jaafar Hawa, Z.E. (2012). The influence of compost on antioxidant activities and quality of hot pepper (*Capsicum annum* L.). *1st National Congress on Medicinal Plants, Kish Island, Iran, Pp, 50.*

Araim, G., Saleem, A, Arnason, J.T. and Charest, C. (2009). Root colonization by an arbuscular mycorrhizal (AM) fungus increases growth and secondary metabolism of purple coneflower, *Echinacea purpurea* (L.) Moench. *Journal of agricultural and food chemistry, 57, 2255-2258.*

Bettaieb, I., Bourgou, S. and Slimene, I.B. (2012). Effects of Extraction Solvents and Provenances on Phenolic Contents and Antioxidant Activities of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) Seeds. *Food and Bioprocess Technology an International Journal, 5, 2827-2836.*

Chandrasekaran, M. (2022). Arbuscular Mycorrhizal Fungi Mediated Enhanced Biomass, Root Morphological Traits and Nutrient Uptake under Drought Stress: A Meta-Analysis. *Journal of Fungi, 8, 660.*

Chuah, A.M.M., Lee, Y.C., Yamaguchi, T., Takamura, H., Yin, L.J. and Matoba, T. (2008). Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. *Food* Chemistry, *111(1), 20- 28.*

Ghasemzadeh, A. and Jaafar, H.Z. (2011) Effect of CO2 Enrichment on Synthesis of Some Primary and Secondary Metabolites in Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *International Journal of Molecular Sciences, 12(2), 1101-1114.*

Gholamhoseini, M., Aghaalikhani, M. and Malakouti, M. (2008). Effect of Natural Zeolite and Nitrogen Rates on Canola Forage Quality and Quantity. *Journal of Crop Production and Processing, 12 (45), 537-548.*

Momen, A., Nurzadeh Namaghi, M. and Khorramde, S. (2013). Effects of organic and chemical fertilizer rates on nitrogen efficiency indices of isabgol (*Plantago ovata*). *Journal of Agroecology, 5, 373-382*

Pedavas, Z. and Heidari, R. (2013). Investigation of the effects of drought stress on the antioxidant activity and total phenolic content of (*Echium amoneum* L.). *Second National Conference on Climate Change and its Impact on Agriculture and Environment, Urmia.*

Rahmatzadeh, S. and Kazemitabar, S.K. (2013). Biochemical and antioxidant changes in regenerated periwinkle plantlets due to mycorrhizal colonization during acclimatization. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(14), 1535-1540.*

Rajesh, M., Nagarajan, A, Perumal, S. and Sellamuthu, M. (2008). The antioxidant activity and free radical scavenging potential of two different solvent extracts of camellia sinensis., Ficus bengalensis and Ficus racemosa. *Food Chemistry, 107, 1000-1007.*

Turkmen, N., Sari, F. and Veliglu, Y.S. (2005). The effect of cooking methods on total phenolic and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, 93, 713- 718

Yamaguchi-Shinozaki, K. and Shinozaki, K. (2006). Transcriptional regulatory net-works in cellular responses and tolerance to dehydration and cold stress. *Annual Review Plant* Biology, 57, *781-803.*

Zheng, Y., Dixon, M. and Saxena, P. (2006). Greenhouse production of *Echninacea purpurea* (L.) and *E. angustifolia* using different growing media, NO_3^- /NH_4^+ ratios and watering regimes. *Canadian Journal of Plant Science, 86, 809-815.*

Evaluation of the effect of mycorrhizal fungi and nutritional sources on some physiological and biochemical traits of Persian borage (*Echium amoenum*) under different irrigation regimes.

Parvin Rostampour[1], Amin Salehi[2*], Mohsen Movahhedi Dehnavi[3]
1. Ph.D. student, Department of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran.
2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran
3. Professor, Department of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran.
[*]*Corresponding Author: aminsalehi@yu.ac.ir*

Abstract

This study was conducted during the 2020–2021 cropping year as a split-factorial experiment within a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The main factor consisted of three irrigation regimes: no stress (irrigation supplying 100% of the plant's water requirement), mild stress (75%), and severe stress (50%). The sub-factorial treatments included inoculation with mycorrhizal fungi at two levels (no inoculation and inoculation at 80 kg/ha), along with five nutritional treatments: control (no fertilizer), 100% nitrogen supplied through livestock compost (90 kg/ha), 100% nitrogen via zeolite-enriched livestock compost, 50% nitrogen via zeolite-enriched compost, and chemical fertilizer (N-P-K). The results showed that the triple interaction among irrigation regime, mycorrhizal inoculation, and nutrient source did not have a significant effect on the studied traits. However, increasing irrigation stress led to higher levels of phenol, flavonoids, reducing power, and antioxidant activity. Application of compost and mycorrhiza enhanced these traits, mitigating drought stress and improving plant tolerance. Notably, supplying 100% nitrogen through zeolite-enriched livestock compost had the most significant impact on increasing these biochemical traits. The highest antioxidant activity was observed under combined treatment of mycorrhizal inoculation and 100% nitrogen provision via zeolite-enriched compost.

Keywords: Compost, Irrigation regimes, Mycorrhiza, Persian borage, Zeolite.

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

ارزیابی تأثیر قارچ مایکوریزا و منابع تغذیه‌ای بر برخی صفات فیتوشیمیایی گیاه گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) تحت رژیم‌های آبیاری متفاوت

پروین رستم‌پور[۱]، امین صالحی*[۲]، محسن موحدی دهنوی[۳]

۱- دانشجوی دکترا، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

۳- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

*نویسنده مسئول: aminsalehi@yu.ac.ir

چکیده

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل رژیم‌های مختلف آبیاری در سه سطح، بدون تنش (آبیاری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه)، تنش ملایم (آبیاری با تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه) و تنش شدید (آبیاری با تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و عامل فرعی به‌صورت فاکتوریل شامل تلقیح با قارچ مایکوریزا در دو سطح (بدون قارچ و تلقیح با قارچ به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار) و سطوح تغذیه‌ای شامل: شاهد (عدم مصرف کود)، تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن (معادل ۹۰ کیلوگرم در هکتار) از طریق کمپوست دامی، تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی زئولیتی، تأمین ۵۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی زئولیتی و در نهایت کود شیمیایی (NPK) بود. در این پژوهش تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری، قارچ مایکوریزا آرباسکولار و منابع تغذیه‌ای بر برخی فاکتورهای فیتوشیمیایی گاوزبان ایرانی بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد، که برهمکنش سه‌گانه رژیم‌های آبیاری + مایکوریزا + منابع تغذیه‌ای بر صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری را نشان نداد. افزایش تنش آبیاری اثری افزاینده بر میزان فنل، فلاونوئید، قدرت احیاکنندگی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی داشت. کاربرد کمپوست و مایکوریزا با افزایش میزان این صفات سبب تعدیل شرایط تنش و مقاومت بیشتر گیاه در برابر خشکی گردید به‌طوری‌که تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی زئولیتی، بیشترین تأثیر را در افزایش صفات فوق نشان داد. بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز در شرایط تلقیح با قارچ مایکوریزا و تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی زئولیتی حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: رژیم‌های آبیاری، زئولیت، کمپوست، گاوزبان ایرانی، مایکوریزا

مقدمه

گل گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) از گیاهان دارویی بومی ایران و متعلق به خانواده‌ی Boraginaceae است که در نواحی کوهستانی با ارتفاعات تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا پراکنش دارد. این گونه به‌دلیل دارا بودن ترکیبات مؤثره‌ای نظیر آلکالوئیدها، فلاونوئیدها و تانن‌ها، در طب سنتی ایران برای خواص ادرارآوری، ضد درد و کاهش فشار خون مورد استفاده قرار می‌گیرد (Momen et al., 2013). در شرایط کم‌آبی، تنظیم اسمزی و افزایش متابولیت‌های سازگار موجب حفظ جذب آب و تقویت مکانیسم‌های دفاعی گیاه می‌شود (Yamaguchi-Shinozaki and Shinozaki, 2006).

تحقیقات نشان داده‌اند که تنش خشکی موجب افزایش معنی‌دار محتوای فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در این گیاه می‌گردد (Pedavas and Heidari, 2013). در این میان، کاربرد کودهای آلی و زیستی، به‌ویژه کمپوست و قارچ‌های مایکوریزا، با بهبود ویژگی‌های فیزیکی و زیستی خاک، ارتقاء فعالیت آنتی‌اکسیدانی، جذب عناصر غذایی و افزایش توان تنظیم اسمزی، می‌توانند در تعدیل اثرات خشکی مؤثر باشند (Chandrasekaran, 2022). استفاده از زئولیت به‌عنوان افزودنی در فرآوری کمپوست، با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و کاهش آبشویی نیتروژن، اثرگذاری کودهای آلی را بهبود می‌بخشد. گزارش شده است که افزودن ۱۵٪ زئولیت به کمپوست موجب بهبود عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش خشکی شده است (Gholamhoseini et al., 2008). با توجه به کاهش منابع آب، پیامدهای منفی مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، و مزایای اثبات‌شده نهاده‌های آلی و زیستی در کشاورزی پایدار، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر قارچ مایکوریزا و کمپوست بر شاخص‌های بیوشیمیایی *Echium amoenum* تحت شرایط مختلف آبیاری اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۹–۱۴۰۰ در شهرستان نورآباد ممسنی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل رژیم‌های آبیاری در سه سطح بود: بدون تنش (تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبی)، تنش ملایم (۷۵٪ نیاز آبی) و تنش شدید (۵۰٪ نیاز آبی). عامل فرعی به‌صورت فاکتوریل شامل دو سطح قارچ مایکوریزا *Glomus mosseae* (تلقیح و عدم تلقیح) و پنج سطح تغذیه‌ای شامل: شاهد، تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی، ۱۰۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی + زئولیت، ۵۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی + زئولیت، و کود شیمیایی (NPK) بود. بذر گیاه گاوزبان ایرانی در مهرماه در سینی نشا کاشته شد و در مرحله ۴-۶ برگی (اواخر آبان)، نشاها به مزرعه منتقل گردیدند. قارچ مایکوریزا (تهیه‌شده از کلینیک گیاه‌پزشکی اسدآباد) به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار، معادل ۵۰ گرم در هر بوته، به‌صورت نواری هنگام کشت به خاک اضافه شد. کوددهی نیتروژنی بر مبنای ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، به‌صورت نصف در زمان کاشت و نیم دیگر پس از تنک، انجام شد. آبیاری به‌صورت قطره‌ای (تیپ) و با کنترل حجمی توسط کنتور انجام گرفت. برای تعیین نیاز آبی گیاه و اعمال دقیق تنش آبی، تبخیر و تعرق گیاه مرجع با استفاده از معادله پنمن-مانتیث و داده‌های هواشناسی منطقه محاسبه و سپس با نرم‌افزار Cropwat میزان آب مورد نیاز تعیین شد. صفات مورد ارزیابی شامل محتوای فنل کل و فلاونوئید کل (Chuah, et al., 2008)، ظرفیت احیاء و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل برگ (Turkmen et al., 2005) اندازه‌گیری شدند.

نتایج و بحث

فنل و فلاونوئید کل

اثرات اصلی رژیم‌های آبیاری، قارچ مایکوریزا و منابع تغذیه‌ای بر محتوای فنل و فلاونوئید برگ گاوزبان ایرانی معنی‌دار بود (جدول ۱). طبق مقایسه میانگین‌ها با افزایش شدت تنش آبی، مقدار فنل و فلاونوئید برگ روند افزایشی داشت. تلقیح با قارچ مایکوریزا سبب افزایش ۱۰٪/۱۷ در فنل و ۱۵٪/۵۴ در فلاونوئید نسبت به گیاهان بدون تلقیح شد. در بین تیمارهای تغذیه‌ای، بیشترین فنل از تیمار کمپوست دامی زئولیتی (۱۰۰٪ نیتروژن) به‌دست آمد، در حالی‌که کمترین مقدار (۵/۵۳ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن خشک) مربوط به تیمار شاهد بود. همچنین تیمار کمپوست زئولیتی باعث افزایش ۵۸٪/۳۳ فلاونوئید نسبت به شاهد شد (جدول ۲). بهبود وضعیت خاک از طریق افزودن مواد آلی و زیستی موجب افزایش فتوسنتز خالص و تحریک مسیرهای بیوسنتزی از جمله مسیر فنیل‌پروپانوئید

و شکمیک–استات شده و در نتیجه سنتز ترکیبات ثانویه نظیر فنل و فلاونوئید افزایش می‌یابد (Jugran et al., 2015). تلقیح مایکوریزایی علاوه بر بهبود تغذیه، تولید فنل‌ها را تحریک کرده و در شکل‌گیری همزیستی نیز نقش دارد (Rahmatzadeh and Kazemitabar, 2013). در مطالعات مشابه، افزایش ترکیبات فنلی در گیاهانی مانند زنجبیل در اثر کاربرد کودهای زیستی و آلی نیز گزارش شده است (Ghasemzadeh and Jaafar, 2011).

جدول ۱. تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای رژیم آبیاری، مایکوریزا و منابع تغذیه‌ای بر صفات فیتوشیمیایی گاوزبان ایرانی

منابع تغییرات	درجه آزادی	فنل	فلاونوئید	خاصیت آنتی‌اکسیدانی	قدرت احیا کنندگی
تکرار	۲	۲۱/۳۹۲ **	۰/۱۹۹۳ ns	۳۴۰/۶۷۱ **	۰/۲۷۵۰ **
رژیم آبیاری	۲	۵۱/۵۳۷ **	۱۴/۴۱۲ **	۱۹۶۵/۴۴ **	۱۲/۶۵۴۵ **
خطای ۱	۴	۰/۷۸۹۲	۰/۲۵۷۵	۴/۹۰۰۴	۰/۰۳۸۹
مایکوریزا	۱	۱۱/۰۶۰۰ **	۳/۴۸۸۹ **	۴۴۴/۷۱۱۱ **	۱/۰۴۱۱ **
منابع تغذیه‌ای	۴	۲۰/۶۹۱ **	۴/۶۹۶۱ **	۵۸۰/۷۶۵ **	۲/۳۴۵۸ **
آبیاری * مایکوریزا	۲	۱/۴۷۹۷ ns	۰/۰۶۵۵ ns	۱۵/۶۵۱ ns	۰/۰۰۱۷ ns
آبیاری * منابع تغذیه‌ای	۸	۰/۳۷۵۱ ns	۰/۰۵۵۱ ns	۶/۸۸۷۳ ns	۰/۰۶۹۵ ns
مایکوریزا* منابع تغذیه‌ای	۴	۰/۰۸۲۵ ns	۰/۰۰۴۰ ns	۱/۴۳۱۷ ns	۰/۰۳۴۲ ns
آبیاری * مایکوریزا *منابع تغذیه‌ای	۸	۰/۰۸۸۸ ns	۰/۰۲۹۸ ns	۲/۴۰۵۵ ns	۰/۰۰۵۹ ns
خطای ۲	۵۴	۰/۶۴۶۱	۰/۰۹۲۴	۹/۸۳۹۰	۰/۰۱۹۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۱۲	۱۱/۲۳	۶/۲۶	۷/۱۶

ns، * و **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات اصلی رژیم‌های آبیاری، قارچ مایکوریزا و منابع تغذیه‌ای قرار گرفت (جدول ۱). بالاترین میزان این شاخص (۵۷٪/۴۳) از تیمار ٪۵۰ نیاز آبی حاصل شد که نسبت به سطوح ٪۷۵ و ٪۱۰۰ به‌ترتیب ۱۱٪/۳۶ و ۳۸٪/۶۲ افزایش نشان داد. تلقیح با مایکوریزا نیز موجب افزایش معنی‌دار فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به تیمار فاقد قارچ شد. در میان تیمارهای تغذیه‌ای، بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی با تأمین ٪۱۰۰ نیتروژن از طریق کمپوست دامی زئولیتی مشاهده شد که با سایر تیمارها در یک گروه قرار نگرفت (جدول ۲).

کودهای زیستی با تولید اسیدهای آلی و افزایش حلالیت عناصر ریزمغذی، موجب تقویت سامانه دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاه می‌شوند (Araim et al., 2009). کاربرد مایکوریزا در مطالعات مشابه نیز موجب افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در گیاهان دارویی مانند سرخارگل شده است. همچنین، افزودن تدریجی کمپوست باعث افزایش غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم و در پی آن، بهبود سنتز ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گردید (Zheng et al., 2006). بهبود شرایط تغذیه‌ای و فتوسنتزی خاک نیز در افزایش ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی مؤثر بوده که با فعالیت آنتی‌اکسیدانی همبستگی مثبت دارد (Ghasemzadeh and Jaafar, 2011). در پژوهشی دیگر، کاربرد کمپوست در گیاه فلفل موجب افزایش قابل‌توجه فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه شد (Aminifard et al., 2012).

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر رژیم‌های آبیاری، مایکوریزا و منابع تغذیه‌ای برخصوصیات فیتوشیمیایی گاوزبان ایرانی

تیمارها	فنل (mg GAE/100g flower DW)	فلاونوئید (mg QE/100g flower DW)	خاصیت آنتی اکسیدانی (%)	قدرت احیا کنندگی (Absorption at 700 nm wavelength)
رژیم آبیاری (نیاز آبی گیاه)				
٪ ۱۰۰	۶/۰۲^{c}	۲/۰۴^{c}	۴۱/۴۳^{c}	۱/۲۴^{c}
٪ ۷۵	۷/۰۴ ^{b}	۲/۶۵^{b}	۵۱/۵۷^{b}	۲/۰۴^{b}
٪ ۵۰	۸/۶۲^{a}	۳/۴۳^{a}	۵۷/۴۳^{a}	۲/۵۳^{a}
قارچ مایکوریزا				
تلقیح شده	۷/۵۸^{a}	۲/۹۰^{a}	۵۲/۳۷^{a}	۲/۰۴^{a}
تلقیح نشده	۶/۸۸^{b}	۲/۵۱^{b}	۴۷/۹۲^{b}	۱/۸۳^{b}
منابع تغذیه‌ای				
شاهد	۵/۵۳^{d}	۱/۹۲^{e}	۴۲/۶۳^{e}	۱/۴۳^{e}
تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی	۷/۸۵^{ab}	۲/۷۷^{b}	۵۳/۳۴^{b}	۲/۱۴^{b}
تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی زئولیتی	۸/۳۶^{a}	۳/۰۴^{a}	۵۷/۴۲^{a}	۲/۳۶^{a}
تأمین ۵۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی زئولیتی	۷/۳۴^{bc}	۲/۴۹^{c}	۵۰/۲۸^{c}	۱/۹۹^{c}
کود شیمیاییN-P-K	۷/۰۶^{c}	۲/۳۰^{d}	۴۷/۰۵^{d}	۱/۷۴^{d}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارد.

قدرت احیا کنندگی

بر اساس جدول ۱، اثرات اصلی رژیم‌های آبیاری، قارچ مایکوریزا و منابع تغذیه‌ای بر قدرت احیاکنندگی برگ گاوزبان ایرانی از لحاظ آماری معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثرات اصلی (جدول ۲) نشان داد با افزایش شدت تنش آبی، قدرت احیاکنندگی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری که آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی، بیشترین مقدار این شاخص را ایجاد کرد. همچنین تلقیح با قارچ مایکوریزا آربوسکولار باعث افزایش قابل توجهی در قدرت احیاکنندگی نسبت به تیمار بدون قارچ شد. در میان منابع تغذیه‌ای، بیشترین قدرت احیاکنندگی در تیمار تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن از طریق کمپوست دامی زئولیتی مشاهده شد.

در آزمون قدرت احیاکنندگی، شاخص احیای آهن فریک به فرم فروس به عنوان معیار پتانسیل الکترون‌دهی ترکیبات استفاده می‌شود. ترکیبات فنلی با ایفای نقش به عنوان دهنده الکترون، توانایی خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد را دارند و به کاهش تنش اکسیداتیو در گیاه کمک می‌کنند (Rajesh et al., 2008). مطالعه‌ای دیگر نیز نشان داد که افزایش سطح تنش آبی از شاهد به تنش متوسط و شدید موجب افزایش ۱/۴۲ تا ۲/۰۴ برابری قدرت احیاکنندگی در گیاهان می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر هم‌راستا است (Bettaieb Rebey et al., 2012).

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که گرچه اثر برهم‌کنش رژیم آبی، قارچ مایکوریزا و منابع تغذیه‌ای بر صفات فیتوشیمیایی گاوزبان ایرانی معنی‌دار نبود، اما تنش خشکی به‌طور مستقل موجب افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نظیر فنل و فلاونوئید شد. کاربرد تلفیقی مایکوریزا و کمپوست دامی زئولیتی، به‌ویژه در تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن، نقش مؤثری در بهبود پاسخ فیتوشیمیایی گیاه و تعدیل آثار تنش خشکی ایفا کرد. این نتایج بر اهمیت استفاده از نهاده‌های زیستی و آلی در مدیریت پایدار تولید گیاهان دارویی در شرایط تنش آبی تأکید دارد.

منابع

Aminifard, M.H., Aroiee, H., Azizi, M., Nemati, H. and Jaafar Hawa, Z.E. (2012). The influence of compost on antioxidant activities and quality of hot pepper (*Capsicum annum* L.). *1st National Congress on Medicinal Plants, Kish Island, Iran*, 50.

Araim, G., Saleem, A, Arnason, J.T. and Charest, C. (2009). Root colonization by an arbuscular mycorrhizal (AM) fungus increases growth and secondary metabolism of purple coneflower, *Echinacea purpurea* (L.) Moench. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57, 2255-2258.

Bettaieb, I., Bourgou, S. and Slimene, I.B. (2012). Effects of Extraction Solvents and Provenances on Phenolic Contents and Antioxidant Activities of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) Seeds. *Food and Bioprocess Technology an International Journal*, 5, 2827-2836.

Chandrasekaran, M. (2022). Arbuscular Mycorrhizal Fungi Mediated Enhanced Biomass, Root Morphological Traits and Nutrient Uptake under Drought Stress: A Meta-Analysis. *Journal of Fungi*, 8, 660.

Chuah, A.M.M., Lee, Y.C., Yamaguchi, T., Takamura, H., Yin, L.J. and Matoba, T. (2008). Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. *Food* Chemistry, 111(1), 20- 28.

Ghasemzadeh, A. and Jaafar, H.Z. (2011) Effect of CO_2 Enrichment on Synthesis of Some Primary and Secondary Metabolites in Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *International Journal of Molecular Sciences*, 12(2), 1101-1114.

Gholamhoseini, M., Aghaalikhani, M. and Malakouti, M. (2008). Effect of Natural Zeolite and Nitrogen Rates on Canola Forage Quality and Quantity. *Journal of Crop Production and Processing*, 12 (45), 537-548.

Momen, A., Nurzadeh Namaghi, M. and Khorramde, S. (2013). Effects of organic and chemical fertilizer rates on nitrogen efficiency indices of isabgol (*Plantago ovata*). *Journal of Agroecology*, 5, 373-382.

Pedavas, Z. and Heidari, R. (2013). Investigation of the effects of drought stress on the antioxidant activity and total phenolic content of (*Echium amoneum* L.). *Second National Conference on Climate Change and its Impact on Agriculture and Environment, Urmia.*

Rahmatzadeh, S. and Kazemitabar, S.K. (2013). Biochemical and antioxidant changes in regenerated periwinkle plantlets due to mycorrhizal colonization during acclimatization. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(14), 1535-1540.

Rajesh, M., Nagarajan, A, Perumal, S. and Sellamuthu, M. (2008). The antioxidant activity and free radical scavenging potential of two different solvent extracts of camellia sinensis., Ficus bengalensis and Ficus racemosa. *Food Chemistry*, 107, 1000-1007.

Turkmen, N., Sari, F. and Veliglu, Y.S. (2005). The effect of cooking methods on total phenolic and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, 93, 713- 718.

Yamaguchi-Shinozaki, K. and Shinozaki, K. (2006). Transcriptional regulatory net-works in cellular responses and tolerance to dehydration and cold stress. *Annual Review Plant* Biology, 57, 781-803.

Zheng, Y., Dixon, M. and Saxena, P. (2006). Greenhouse production of *Echninacea purpurea* (L.) and *E. angustifolia* using different growing media, NO_3^- /NH_4^+ ratios and watering regimes. *Canadian Journal of Plant Science*, 86, 809-815.

Evaluation of the effect of mycorrhizal fungi and nutritional sources on some physiological and biochemical traits of Persian borage (*Echium amoenum*) under different irrigation regimes.

Parvin Rostampour[1], Amin Salehi[2*], Mohsen Movahhedi Dehnavi[3]
1. Ph.D. student, Department of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran.
2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran
3. Professor, Department of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran.
[*]*Corresponding Author: aminsalehi@yu.ac.ir*

Abstract

This study was conducted during the 2020–2021 cropping year as a split-factorial experiment within a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The main factor consisted of three irrigation regimes: no stress (irrigation supplying 100% of the plant's water requirement), mild stress (75%), and severe stress (50%). The sub-factorial treatments included inoculation with mycorrhizal fungi at two levels (no inoculation and inoculation at 80 kg/ha), along with five nutritional treatments: control (no fertilizer), 100% nitrogen supplied through livestock compost (90 kg/ha), 100% nitrogen via zeolite-enriched livestock compost, 50% nitrogen via zeolite-enriched compost, and chemical fertilizer (N-P-K). The results showed that the triple interaction among irrigation regime, mycorrhizal inoculation, and nutrient source did not have a significant effect on the studied traits. However, increasing irrigation stress led to higher levels of phenol, flavonoids, reducing power, and antioxidant activity. Application of compost and mycorrhiza enhanced these traits, mitigating drought stress and improving plant tolerance. Notably, supplying 100% nitrogen through zeolite-enriched livestock compost had the most significant impact on increasing these biochemical traits. The highest antioxidant activity was observed under combined treatment of mycorrhizal inoculation and 100% nitrogen provision via zeolite-enriched compost.

Keywords: Compost, Irrigation regimes, Mycorrhiza, Persian borage, Zeolite.

۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

مطالعه اثر کودهای آلی و زیستی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) تحت تأثیر کلرید کادمیوم

زهرا باقری[۱]، امین صالحی[۲*]، محسن موحدی دهنوی[۳] و پروین رستم‌پور[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

۳- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

۴- دانشجوی دکترا، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

[*]نویسنده مسئول: aminsalehi@yu.ac.ir

چکیده

حضور کادمیوم در اتمسفر، خاک و آب می‌تواند باعث مشکلات جدی برای همه میکروارگانیسم‌ها شود و تجمع آن در زنجیره غذائی می‌تواند به شدت خطرناک باشد. در این تحقیق با توجه به اهمیت دارویی و صنعتی گیاه بابونه آلمانی، پاسخ این گیاه در مواجه با آلودگی کلرید کادمیوم مطالعه و برهمکنش کود آلی ورمی‌کمپوست و قارچ مایکوریزا با کادمیوم مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتورها شامل کلرید کادمیوم در پنج سطح (۰، ۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، کود ورمی‌کمپوست در دو سطح (عدم کاربرد و کاربرد آن به ازای یک کیلوگرم در متر مربع گلدان) و قارچ مایکوریزا در دو سطح (عدم کاربرد قارچ و کاربرد دو گرم به ازای هر گلدان) بود. نتایج مربوط نشان داد که تنش کلرید کادمیوم در تمامی سطوح سبب کاهش معنی‌داری در میزان پروتئین محلول کل برگ بابونه آلمانی گردید. در حالی که کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست و کود زیستی مایکوریزا سبب افزایش در میزان این صفت شد. تنش کلرید کادمیوم سبب افزایش معنی‌دار محتوای پرولین، قندهای محلول کل و همچنین افزایش میزان آنزیم آنتی‌اکسیدانی کاتالاز در سطح یک درصد شد. در حالی که حضور ورمی‌کمپوست موجب کاهش در تمامی این صفات (به استثنای قندهای محلول) گردید و مایکوریزا موجب افزایش این صفات شد. به‌طور کلی می‌توان اظهار کرد که کاربرد ورمی‌کمپوست و مایکوریزا در خاک‌های آلوده سبب کاهش اثرات مضر کلرید کادمیوم در رشد و توسعه گیاه بابونه آلمانی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: انباشتگی کادمیوم، صفات مورفولوژیکی، فلزات سنگین، کودهای زیستی، کود آلی

مقدمه

فلزات سنگین از جمله آلاینده‌های پایدار و زیان‌بار محیط‌زیست هستند که به‌دلیل تحرک‌پذیری بالا و تجزیه‌ناپذیری زیستی، خطر جدی برای سلامت گیاهان، جانوران و انسان ایجاد می‌کنند. در این میان، کادمیوم (Cd) به‌عنوان یکی از سمی‌ترین عناصر، با قابلیت جذب بالا توسط ریشه و انتقال سریع به اندام‌های هوایی گیاه شناخته می‌شود (Taji and Golchin, 2010). در راستای کاهش زیست‌دسترسی این عنصر، کودهای آلی و زیستی به‌ویژه ورمی‌کمپوست و قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار نقش مؤثری دارند. ورمی‌کمپوست به‌واسطه ساختار دانه‌ای و تبادل یونی بالا می‌تواند تحرک فلزات سنگین را کاهش دهد (Moradi et al., 2011) و مایکوریزا با بهبود جذب عناصر غذایی،

افزایش پایداری خاک‌دانه‌ها و تولید ترکیبات محرک رشد، مقاومت گیاه به تنش‌های فلزی را ارتقاء می‌بخشد (Shetty et al., 1994). کاهش پرولین در حضور ورمی‌کمپوست، ناشی از کاهش دسترسی زیستی کادمیوم به واسطه افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک است (Falahati and Adhami, 2015). افزایش قندهای محلول در گیاه گلرنگ تحت تنش کادمیوم نیز مشاهده شده است (Noorani Azad and Kafilzadeh, 2011). در فلفل همزیست با قارچ *Glomus intraradices*، مقادیر قندهای فروکتوز، α-گلوکز، β-گلوکز، ساکارز و قند کل به‌طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان فاقد میکوریزا گزارش شده است (Demir, 2004). بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) به‌دلیل خواص دارویی فراوان، گیاهی ارزشمند در صنایع دارویی و بهداشتی است. با توجه به تهدیدات زیست‌محیطی ناشی از کادمیوم و اهمیت دارویی این گیاه، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کودهای آلی و زیستی در تعدیل اثرات کادمیوم بر بابونه آلمانی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج طی سال ۱۳۹۳–۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارها شامل ورمی‌کمپوست در دو سطح (صفر و یک کیلوگرم در مترمربع)، قارچ مایکوریزا آربوسکولار در دو سطح (صفر و دو گرم در هر گلدان)، و کلرید کادمیوم در پنج سطح (۰، ۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بودند. خاک زراعی پس از عبور از الک، با ماسه نرم به نسبت ۱:۴ مخلوط و ضدعفونی شد. کود ورمی‌کمپوست و محلول کلرید کادمیوم به‌صورت دستی و یکنواخت با خاک مخلوط گردید. گلدان‌ها با ۶ کیلوگرم خاک پر شده و پس از یک ماه جهت تثبیت کادمیوم، بذر بابونه کاشته شد. قارچ مایکوریزا هنگام کاشت به خاک افزوده شد. پس از سبز شدن، در مرحله دوبرگی بوته‌ها تنک و در نهایت ده بوته در هر گلدان حفظ شد. اندازه‌گیری پرولین و قندهای محلول (Irigoyen et al., 1992) و پروتئین و فعالیت آنزیم کاتالاز (Kar and Mishra., 1976) انجام گرفت.

نتایج و بحث

محتوای پرولین برگ

نتایج جدول ۱ نشان داد برهم‌کنش ورمی‌کمپوست × کلرید کادمیوم و مایکوریزا × کلرید کادمیوم بر میزان پرولین برگ در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. بر اساس جدول ۲، در نبود ورمی‌کمپوست، افزایش غلظت کادمیوم منجر به افزایش معنی‌دار پرولین شد، به‌طوری‌که کمترین مقدار در تیمار شاهد و بیشترین مقدار در تیمار ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم مشاهده شد. مقایسه میانگین‌ها در برهم‌کنش مایکوریزا و کادمیوم (جدول ۳) نیز نشان داد که کاربرد مایکوریزا در شرایط افزایش غلظت کادمیوم، منجر به افزایش محتوای پرولین گردید. به‌ویژه در سطح ۱۲۰ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم، بیشترین میزان پرولین در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا ثبت شد، اما حضور قارچ موجب افزایش بیشتر پرولین شد. مطابق با نتایج پژوهشگران در نخود افزایش پرولین تحت تنش کادمیوم و تیمارهای زیستی (باکتری‌های محرک رشد و قارچ‌های مایکوریزایی) تأیید شده است (Faiazan et al., 2011). از سوی دیگر، کاهش پرولین در حضور ورمی‌کمپوست نشان می‌دهد این کود آلی از طریق کاهش دسترسی زیستی کادمیوم (به‌واسطه افزایش بار منفی خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی)، شرایط مساعدتری برای رشد گیاه فراهم کرده است (Falahati and Adhami, 2015).

جدول ۱. میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس برخی صفات فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده در بابونه آلمانی

منابع تغییرات	درجه آزادی	پرولین برگ	قند محلول برگ	پروتئین محلول برگ	فعالیت کاتالاز
ورمی‌کمپوست	۱	۵۶/۶۲**	۲۵۰۹/۸۶**	۸۹۸/۵۲**	۴/۰۹**
مایکوریزا	۱	۰/۰۲^{ns}	۵۴/۱۴**	۶۲/۵۱*	۵/۳۸**
کلرید کادمیوم	۴	۵/۵۵**	۹۵**	۲۹۳/۵۹^{ns}	۴/۷۴**
ورمی‌کمپوست × مایکوریزا	۱	۰/۰۱^{ns}	۶۴/۴۷**	۱۹/۷۱^{ns}	۰/۰۵^{ns}
ورمی‌کمپوست × کادمیوم	۴	۰/۱۵*	۵/۴۲^{ns}	۱۷/۶۹^{ns}	۰/۱۱*
مایکوریزا × کادمیوم	۴	۰/۱۹*	۲/۹۴^{ns}	۱۱/۲۵^{ns}	۰/۱۸^{ns}
ورمی‌کمپوست × مایکوریزا ×کادمیوم	۴	۰/۰۶^{ns}	۲/۳۷^{ns}	۲۴/۴۸^{ns}	۰/۰۲^{ns}
خطا	۴۰	۰/۰۵	۵/۸۱	۹/۶۴	۰/۰۳
ضریب تغییرات		۱۰/۶۳	۱۰/۳۵	۱۵/۶۵	۱۳/۰۳

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح ۵٪ و ۱٪ را نشان می‌دهد.

جدول ۲. مقایسه میانگین برهمکنش ورمی‌کمپوست و کلرید کادمیوم برای محتوای پرولین برگ در بابونه آلمانی

ورمی‌کمپوست	کلرید کادمیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	پرولین برگ (میکرومول بر گرم وزن تر برگ)	فعالیت آنزیم کاتالاز (میلی‌مول بر گرم در دقیقه)
عدم کاربرد	۰	^{d}۱/۹۳	^{c}۰/۸۵
	۲۰	^{c}۲/۶۵	^{b}۱/۵۷
	۴۰	^{c}۲/۷۳	^{b}۱/۵۵
	۸۰	^{b}۳/۴۲	^{a}۲/۵۳
	۱۲۰	^{a}۳/۸۳	^{a}۲/۴۴
کاربرد	۰	^{d}۰/۸۲	^{d}۰/۴۴
	۲۰	^{c}۱/۱۲	^{c}۱/۰۲
	۴۰	^{b}۱/۶۴	^{b}۱/۳۱
	۸۰	^{a}۲/۱۸	^{a}۱/۸۳
	۱۲۰	^{a}۲/۲۷	^{a}۱/۷۴

در هر ستون حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون L.S.Means می‌باشد.

جدول ۳. مقایسه میانگین برهمکنش مایکوریزا و کلرید کادمیوم برای محتوای پرولین برگ در بابونه آلمانی

مایکوریزا	کلرید کادمیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	پرولین برگ (میکرومول بر گرم بافت تر برگ)
عدم کاربرد	۰	^{d}۱/۵۰
	۲۰	^{d}۱/۷۲
	۴۰	^{c}۲/۲۸
	۸۰	^{b}۲/۷۰
	۱۲۰	^{a}۲/۹۹
کاربرد	۰	^{c}۱/۲۵
	۲۰	^{b}۲/۰۵
	۴۰	^{b}۲/۰۹
	۸۰	^{a}۲/۹۰
	۱۲۰	^{a}۳/۱۱

در هر ستون حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون L.S.Means می‌باشد.

قندهای محلول برگ

تیمار کلریدکادمیوم و برهم‌کنش ورمی‌کمپوست×مایکوریزا بر میزان قندهای محلول کل برگ اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۱). در حضور ورمی‌کمپوست، کاربرد مایکوریزا قندهای محلول را نسبت به شاهد ۱۴/۳۳درصد افزایش داد (جدول ۴). این الگو با گزارش افزایش قندهای محلول در گیاه گلرنگ تحت سطوح بالاتر کلریدکادمیوم مطابقت دارد (Noorani Azad and Kafilzadeh, 2011). همچنین در فلفل همزیست با قارچ *G. intraradices*، مقادیر فروکتوز، α- گلوکز، β-گلوکز، ساکارز و قند کل به‌طور معنی‌داری بیش از گیاهان غیرمیکوریزایی گزارش شده است (Demir, 2004). افزون بر این ورمی‌کمپوست با افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، بهبود تهویه و اکسایش گوگرد و تحریک ریزجانداران حل‌کننده فسفات، دسترسی گیاه به عناصر غذایی را ارتقا می‌دهد (Mohammadi Aria *et al.*, 2010).

جدول ۴. مقایسه میانگین برهمکنش ورمی‌کمپوست و مایکوریزا بر محتوای قندهای محلول کل برگ بابونه آلمانی

ورمی‌کمپوست	مایکوریزا	قند محلول برگ (میلی‌گرم بر گرم بافت تر برگ)
عدم کاربرد	عدم کاربرد	^{a}۱۶/۹۰
	کاربرد	^{a}۱۶/۷۳
کاربرد	عدم کاربرد	^{b}۲۷/۷۶
	کاربرد	^{a}۳۱/۷۴

در هر ستون حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون L.S.Means می‌باشد.

پروتئین محلول برگ

تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد در بین تیمارهای اعمال شده اثر مایکوریزا و ورمی‌کمپوست بر میزان پروتئین محلول برگ معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین اثر ساده ورمی‌کمپوست (جدول ۵) نشان دهنده‌ی افزایش (۴۹ درصدی) در میزان پروتئین با کاربرد ورمی‌کمپوست بود. مقایسه میانگین اثر ساده مایکوریزا (جدول ۵) نیز نشان داد کاربرد مایکوریزا سبب افزایش ۱۰/۹ درصدی میزان پروتئین می‌شود. در مطالعه‌ای بر روی بیان پروتئین در دو رقم نخود با حساسیت متفاوت به کادمیوم، مشخص شد که قارچ *Glomus mosseae* سبب افزایش مقاومت رقم حساس به فلز سنگین می‌شود (Reptto and Bestel-Corr, 2003). همچنین، گزارش شده است که کلیه کودهای آلی مورد استفاده در آزمایش، محتوای پروتئین بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشتند (Jahan *et al.*, 2013).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر ورمی‌کمپوست و مایکوریزا برای پروتئین محلول برگ در بابونه آلمانی

ورمی‌کمپوست	پروتئین محلول برگ (میلی‌گرم بر گرم بافت تر برگ)
عدم کاربرد	^{b}۱۵/۷۸
کاربرد	^{a}۲۳/۵۲
مایکوریزا	
عدم کاربرد	^{b}۱۸/۶۳
کاربرد	^{a}۲۰/۶۷

در هر ستون حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون L.S.Means می‌باشد.

فعالیت آنزیم کاتالاز

برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و کلرید کادمیوم تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم کاتالاز داشت (جدول ۱). طبق مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲)، در شرایط بدون ورمی‌کمپوست و حضور کلرید کادمیم، بیشترین فعالیت کاتالاز در سطح ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم مشاهده شد و کمترین آن مربوط به شاهد بود. در حضور ورمی‌کمپوست نیز بیشترین فعالیت به همین سطح کادمیوم اختصاص داشت. این نتایج بیانگر اثر تعدیلی ورمی‌کمپوست در کاهش تنش فلزات سنگین و بهبود پاسخ آنتی‌اکسیدانی گیاه است. یافته‌های حاصل با گزارش‌هایی که افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز را در شرایط حضور کادمیوم نشان داده‌اند، مطابقت دارد (Hassanpour Darvishi, 2015). همچنین، نقش ورمی‌کمپوست در کاهش قابلیت زیستی فلزات سنگین به واسطه دارا بودن هورمون‌های گیاهی و ترکیبات تثبیت‌کننده‌ای مانند فسفات‌ها و اکسیدهای فلزی، تأیید شده است (Moradi *et al*., 2014).

نتیجه‌گیری

کلرید کادمیوم به‌عنوان یک آلاینده محیطی، باعث اختلال در رشد و کاهش پروتئین محلول برگ‌های بابونه آلمانی شد و تنش این فلز سنگین باعث افزایش مقادیر پرولین، قندهای محلول و فعالیت آنزیم کاتالاز گردید که نشانه پاسخ تنشی گیاه است. استفاده همزمان از ورمی‌کمپوست و قارچ مایکوریزا توانست به‌طور موثری اثرات منفی کادمیوم را کاهش داده و باعث بهبود وضعیت رشد و تعدیل صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه شود. بنابراین، کاربرد این کودها و قارچ می‌تواند به عنوان راهکار مؤثری در مدیریت خاک‌های آلوده به کادمیوم و افزایش پایداری گیاه بابونه آلمانی مطرح شود.

منابع

Demir, S. (2004). Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. *Turkish Journal of Biology, 28,85-90.*

Faiazan, S., Kausar, S. and Perveen, R. (2011). Varietal differences for cadmium-induced seedling mortality, foliar toxicity symptoms, plant growth, proline and nitrate reductase activity in chickpea (*Cicer arietimum* L.). *Biology and Medicine, 3,196-206.*

Falahati, S. and Adhami, E. (2015). Effect of Vermicompost and Two Types of Zeolite (Firoozkoh and Semnan) on the Kinetic of Nickel Fixation in Two Calcareous Soils. *Journal of Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources), 19(71), 253-264.*

Hassanpour Darvishi, H. (2015). Effect of lead and zinc and mycorhiza fungi role on antioxidant enzymes activity and biomarkers of destruction in alfalf, green pea and vetch. *Crop Physiology Journal, 6(24),73-88.*

Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. and Sanchez-Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of prolins and total soluble supers in modulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiological planetarium, 84,55-60.*

Jahan, M., Behzad Amiri, M., Aghvani Shajari, M. and Tohami, M.K. (2013). Study on the quantity and quality of papery pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) production under the influence of winter cover crops of Lathyrus sativus and Persian clover (Trifolium resopinatum), inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria, and application of organic fertilizers. *Iranian Journal of Field Crops Research, 11(2), 337-356.*

Kar, M. and Mishra, D. (1976). Catalase Peroxides and poly phenol oxides activities during rice leaf senescence. *Plant Physiology, 57, 315-319.*

Mohammadi Aria, M., Lakzian, A. and Haghnia, G. (2010). The Effect of inoculants of *Thiobacillus* and *Aspergillus* on corn growth. *Iranian Journal of Field Crops Research, 8, 82-89.*

Moradi, M., Yousefi-Rad, M., Eradatmand Asli, D. and Ehteshami, S.M.R. (2011). The ability of sorghum plant in phytoremediation of lead in the presence of mycorrhizal fungi. *First National Conference on New Topics in Agriculture, Islamic Azad University, Saveh Branch, 5 p*.

Moradi, S.A., Baghaei, H. and Jafarinia, R. (2014). The effect of smectite clay and vermicompost on cadmium concentration in corn plants. International Conference on Sustainable Development, Solutions and Challenges with a Focus on Agriculture, *Natural Resources, Environment and Tourism, 15 P*.

Noorani Azad, H. and Kafilzadeh, F. (2011). The effect of cadmium toxicity on growth, soluble sugars, photosynthetic pigments and some of enzymes in safflower (*Carthamus tinctorius* L.), *Iranian Journal of Biology, 24(6), 858-867.*

Reptto, O. and Bestel-Corre, G. (2003). Targeted proteomics to identify cadmium-induced protein modificationin (*Glomus mosseae* L.) inoculated pea roots. *News Phytologist, 157, 555-567.*

Shetty, K.G., Hetrick, B.A.D., Figge, D.A.H. and Schwab, A.P. (1994). Effects of mycorrhizae and other soil microbes on revegetation of heavy metal contaminated mine spoil. *Environmental Pollution, 86 (2), 181–188.*

Taji, H. and Golchin, A. (2010). Investigation of different levels of cadmium and sulfur on yield and concentration of cadmium and some trace elements in leaves and roots of corn (*Zea Mays* L.) under greenhouse conditions. *Science and technology of greenhouse cultivation, 1(4), 23-32.*

Studying the effect of organic and biological fertilizers on some physiological characteristics of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under the influence of cadmium chloride

Zahra Bagheri[1], Amin Salehi*[,2], Mohsen Movahhedi Dehnavi[3], Parvin Rostampour[4]
1. M.Sc. student, Department of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran.
2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran
3. Professor, Department of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran.
4. Ph.D. student, Department of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran.
Corresponding Author: aminsalehi@yu.ac.ir

Abstract

The presence of cadmium in the atmosphere, soil, and water can cause serious problems for all microorganisms, and its accumulation in the food chain can be extremely dangerous. In this study, considering the medicinal and industrial importance of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.), the response of this plant to cadmium chloride ($CdCl_3$) contamination was studied, and the interaction of vermicompost and mycorrhizal fungi with cadmium was investigated. The experiment was performed as factorial and in the form of completely randomized design with three replications. It consisted of cadmium chloride at five levels (0, 20, 40, 80 and 120 mg per kg of soil), vermicompost fertilizer at two levels (non-application and application for 1 kg per square meter of pot) and mycorrhiza on two levels (without the use of fungi and the use of two grams per pot), respectively. The results showed that cadmium chloride stress at all levels significantly reduced the total soluble protein content of German chamomile leaves. However, the presence of vermicompost decreased all of these traits (except soluble sugars), whereas mycorrhizae increased them**.** Cadmium chloride stress significantly increased the content of proline, total soluble sugars, and also increased the amount of the antioxidant enzyme catalase in the plant. While the presence of vermicompost decreased all of these traits (except soluble sugars), and mycorrhizae increased these traits. In general, it can be stated that the application of vermicompost and mycorrhizae biofertilizer in contaminated soils reduces the harmful effects of cadmium chloride on the growth and development of German chamomile.

Keywords: Cadmium accumulation, Morphological traits, Heavy metals, Organic fertilizers.

بررسی رشد گیاه همیشه بهار تحت تنش روی در حضور سوپر جاذب ثعلب غنی شده با برخی مواد آلی

بتول رهنمای[۱]، نسیبه پورقاسمیان[۲]، سمیه محمدی[۳]

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، گروه تولیدات گیاهی، مرکز آموزش عالی کشاورزی بردسیر، دانشگاه باهنر کرمان، کرمان، ایران

۲- دانشیار گروه تولیدات گیاهی، مرکز آموزش عالی کشاورزی بردسیر، دانشگاه باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳- دانش آموخته دکتری، گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه باهنر کرمان، کرمان، ایران

*نویسنده مسئول: batoolrahnamy@bardsir.uk.ac.ir

چکیده

همیشه بهار (*Calendula officinalis*)، گیاهی دارویی و زینتی از تیره کاسنیان است که رشد آن تحت تنش فلزات سنگین مانند روی، به ویژه در خاک‌های اسیدی و مناطق معدنی، کاهش می‌یابد. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سوپرجاذب ثعلب غنی شده با تفاله موم زنبور عسل و اسید هیومیک بر رشد گیاه همیشه بهار تحت تنش روی انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و سه سطح تنش روی (۰، ۱۰۰۰، و ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) طراحی و اجرا گردید. این آزمایش در سال ۱۴۰۳ در آزمایشگاه پژوهشی مرکز آموزش عالی کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان اجرا گردید. داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شدند. نتایج نشان داد که در شرایط تنش متوسط روی، تیمار تفاله موم کپسوله شده در سوپرجاذب ثعلب، منجر به افزایش ۲۰۰ درصدی وزن خشک بخش هوایی و بهبود معنی‌دار رشد ساقه در مقایسه با شاهد شد. این یافته‌ها مؤید اثربخشی این روش در کاهش اثرات سوء تنش روی و بهبود پارامترهای رشدی گیاه همیشه بهار است.

واژه‌های کلیدی: اسید هیومیک، تفاله موم زنبور عسل، روی، سوپرجاذب ثعلب، وزن خشک.

مقدمه

گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis*) از تیره کاسنیان (*Asteraceae*)، گیاهی یک‌ساله با پراکندگی گسترده در آسیا و ایران است که به دلیل خواص دارویی و زینتی خود از اهمیت اقتصادی بالایی برخوردار است (Lukas and Novak, 2013). این گیاه به طور سنتی در طب محلی برای درمان التهابات، زخم‌ها و مشکلات پوستی مورد استفاده قرار می‌گیرد و عصاره‌های آن دارای ترکیبات فعال بیولوژیکی مانند فلاونوئیدها و ترپنوئیدها هستند. در دهه‌های اخیر، افزایش آلودگی خاک به فلزات سنگین، به ویژه در مناطق معدنی و صنعتی، به یکی از چالش‌های اصلی کشاورزی تبدیل شده است. تنش فلزات سنگین مانند روی (*Zn*)، حتی در غلظت‌های متوسط، می‌تواند رشد و عملکرد گیاهان را به شدت محدود کند (Chaney, 1993). روی، اگرچه یک ریزمغذی ضروری برای گیاهان است، اما در غلظت‌های بالا می‌تواند سمی باشد و با اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، از جمله فتوسنتز و جذب عناصر غذایی، منجر به کاهش وزن خشک، مهار رشد ساقه و آسیب‌های اکسیداتیو در گیاه همیشه بهار شود. این

مشکل به خصوص در خاک‌های اسیدی که قابلیت جذب روی توسط گیاه افزایش می‌یابد، حادتر است (Chaney, 1993). برای مقابله با اثرات نامطلوب تنش‌های محیطی و بهبود رشد گیاهان در شرایط نامساعد، در کشاورزی مدرن، استفاده از محرک‌های زیستی و مواد آلی مورد توجه قرار گرفته است (Thomas et al., 2009). اسید هیومیک به عنوان یکی از اجزای اصلی مواد آلی خاک، می‌تواند با بهبود ساختار خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی، و کاهش جذب فلزات سنگین توسط گیاه، به افزایش تحمل گیاهان در برابر تنش‌ها کمک کند. تفاله موم زنبور عسل نیز یک محصول جانبی غنی از ترکیبات آلی است که می‌تواند خواص بهبود دهندگی خاک را داشته باشد و به عنوان یک منبع غذایی آهسته رهش برای گیاه عمل کند. اخیراً، روش‌های نوین کپسوله‌سازی این محرک‌های زیستی در سوپرجاذب‌ها، به ویژه هیدروژل‌های پایه زیستی مانند هیدروژل ثعلب، به عنوان راهکاری موثر برای آزادسازی کنترل‌شده مواد آلی و کاهش اثرات تنش فلزات سنگین مطرح شده‌اند (Chaparro Rodríguez et al., 2023). سوپرجاذب‌ها به دلیل قابلیت جذب و نگهداری بالای آب و مواد مغذی، می‌توانند محیط رشد بهتری را برای ریشه فراهم کرده و جذب عناصر سمی را کاهش دهند. کپسوله‌سازی، پایداری و کارایی این مواد را در خاک افزایش داده و امکان بهره‌برداری طولانی‌مدت از آن‌ها را فراهم می‌آورد. با توجه به اهمیت گیاه همیشه بهار و چالش‌های ناشی از تنش روی، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر تفاله موم زنبور عسل و اسید هیومیک کپسوله شده در سوپرجاذب ثعلب بر پارامترهای رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه همیشه بهار تحت سطوح مختلف تنش روی انجام شده است (Rahnamy et al., 2024). نتایج این پژوهش می‌تواند راهکارهای نوین و پایداری را برای مدیریت تنش فلزات سنگین در کشاورزی و افزایش تولید گیاهان دارویی ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

۱. طراحی و اجرای آزمایش

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و سه سطح تنش روی (۰، ۱۰۰۰، و ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) طراحی و اجرا گردید. آزمایش در سال ۱۴۰۳ در آزمایشگاه پژوهشی مرکز آموزش عالی کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان به انجام رسید.

۲. سنتز، بارگذاری و مشخصه‌یابی هیدروژل ثعلب

هیدروژل بر پایه کوپلیمر پیوندی آکریلیک اسید و آکریل آمید بر روی ثعلب سنتز شد. فرآیند سنتز شامل حل کردن پودر ثعلب در آب، افزودن آکریل آمید، آکریلیک اسید و عامل اتصال عرضی N,N'-متیلن‌بیس‌آکریل‌آمید (MBA)، و در نهایت آغاز واکنش با آمونیوم پرسولفات (APS) بود. پس از سنتز، هیدروژل با استفاده از اتانول آب‌گیری و خالص‌سازی شد. ظرفیت تورم (SC) هیدروژل با فرمول SC = (W2 - W1) / W1 محاسبه گردید. برای بارگذاری مواد آلی (عصاره تفاله موم زنبور عسل و اسید هیومیک)، از روش اصلاح شده Torres-Figueroa و همکاران (۲۰۲۳) استفاده شد که شامل مخلوط کردن محلول هیدروژل با محلول عصاره‌ها، فریز کردن و فریز درایر کردن بود.

۳. آماده‌سازی خاک و کشت گیاه همیشه بهار

بذرهای گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis*) تهیه و در محیط کشت اولیه شامل خاک زراعی، ماسه بادی و خاکبرگ با نسبت ۲:۱:۱ کشت شدند. محیط کشت با غلظت‌های ۰، ۱۰۰۰، و ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولفات روی آلوده شد. پس از ۳۰ روز، نشاءهای ۳ تا ۴ برگی انتخاب و به گلدان‌های مجزا حاوی تیمارهای مختلف منتقل

گردیدند. تیمارها شامل: ۱) هیدروژل صنعتی SOPER ABSORBENT، ۲) تفاله موم زنبور عسل کپسوله‌شده در سوپرجاذب ثعلب، ۳) اسید هیومیک کپسوله‌شده در سوپرجاذب ثعلب، ۴) تفاله موم زنبور عسل محلول در آب، و ۵) اسید هیومیک محلول در آب بودند. آبیاری گیاهان به صورت روزانه و در حد ظرفیت زراعی خاک انجام شد.

۴. اندازه‌گیری پارامترهای گیاهی

در مرحله ۵۰٪ گلدهی، پارامترهای زیر اندازه‌گیری شدند: وزن خشک اندام هوایی (با خشک کردن در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت)، طول ساقه (با خط‌کش)، وزن تر اندام هوایی، مشخصات گل (تعداد و قطر گل)، رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها با اسپکتروفتومتر)، محتوای آب برگ (RWC) (بر اساس فرمول استاندارد)، پراکسیداسیون لیپیدها (MDA) (با روش TBA)، پرولین (با روش Bates et al. و اسپکتروفتومتر)، و ترکیبات فنولی کل (با واکنش فولین-سیوکالتو).

۵. تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹,۴ تجزیه و تحلیل شدند. میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ ($P \leq 0.05$) مقایسه شدند.

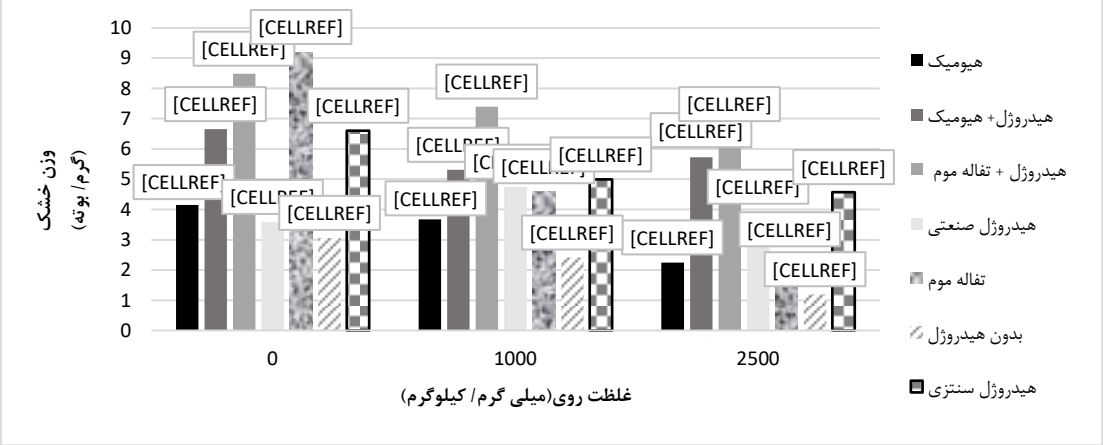
نتایج و بحث

نتایج

نتایج حاصل از این پژوهش به وضوح نشان داد که تنش روی و تیمارهای کاربردی، همچنین اثر متقابل آن‌ها، تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک بخش هوایی و طول ساقه گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis*) داشتند ($P \leq 0.05$).

۱. وزن خشک بخش هوایی (dw)

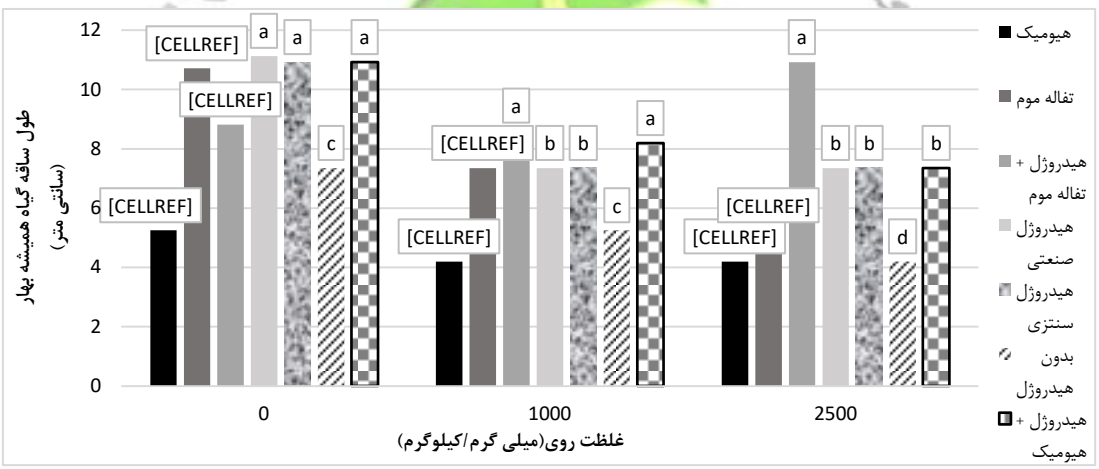
همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در شرایط بدون تنش روی (غلظت ۰)، تیمارهای تفاله موم زنبور عسل (به‌تنهایی و کپسوله‌شده) بیشترین وزن خشک اندام هوایی را تولید کردند که نشان‌دهنده نقش تغذیه‌ای مثبت این ماده است. این امر احتمالاً به دلیل فراهم‌آوری مواد مغذی و بهبود فعالیت‌های بیولوژیکی در خاک است.



شکل ۱

با افزایش غلظت روی، وزن خشک بخش هوایی به طور کلی کاهش یافت. با این حال، در شرایط تنش متوسط روی (۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، تیمار تفاله موم کپسوله‌شده در سوپرجاذب ثعلب نسبت به تیمار شاهد (بدون هیدروژل و مواد آلی)، افزایش چشمگیر ۲۰۰ درصدی در وزن خشک بخش هوایی را نشان داد (شکل ۱). این نتایج تأکید می‌کند که کپسوله‌سازی تفاله موم در سوپرجاذب، کارایی آن را در شرایط تنش روی به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. این تیمار در مقایسه با سایر تیمارها (از جمله هیدروژل صنعتی، هیدروژل سنتزی بدون ماده آلی، و اسید هیومیک کپسوله‌شده) نیز عملکرد برتری داشت. در غلظت بالای روی (۲۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، اگرچه وزن خشک به طور کلی کمتر بود، اما همچنان تیمارهای حاوی تفاله موم کپسوله‌شده و هیدروژل+هیومیک عملکرد بهتری نسبت به شاهد و هیدروژل صنعتی داشتند.

۲. طول ساقه (طول ساقه گیاه همیشه بهار - سانتی‌متر)نتایج مربوط به طول ساقه (شکل ۲) نیز الگوی مشابهی را با وزن خشک نشان می‌دهد. در شرایط بدون تنش روی (غلظت ۰)، تیمار تفاله موم (به‌تنهایی) بیشترین طول ساقه را ایجاد کرد که بیانگر نقش تغذیه‌ای این ماده است.تحت تنش متوسط روی (۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، تیمار تفاله موم کپسوله‌شده در سوپرجاذب ثعلب بهترین نتایج را در افزایش طول ساقه به ارمغان آورد (شکل ۲). این بهبود، حاکی از اثر هم‌افزایی محافظتی سوپرجاذب و مواد مغذی موجود در تفاله موم است. سایر تیمارها (مانند اسید هیومیک کپسوله‌شده و سوپرجاذب تنها) نیز اثرات مثبتی، هرچند کمتر، بر طول ساقه داشتند. حتی در بالاترین سطح تنش (۲۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی)، تیمار هیدروژل+تفاله موم و هیدروژل+هیومیک توانستند طول ساقه را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد (بدون هیدروژل) افزایش دهند و آسیب ناشی از تنش را کاهش دهند.



شکل ۲

نتیجه‌گیری کلی

این یافته‌ها تأیید می‌کند که کپسوله‌سازی مواد آلی در سوپرجاذب ثعلب راهکار مؤثری برای بهبود رشد گیاه تحت تنش روی است.

منابع

Chaney, R., & Daniels, R. (1993). *Cadmium, lead, zinc, copper, and nickel in agricultural soils of the United States of America*. Wiley Online Library.

Chaparro-Rodríguez, M., Estrada-Bonilla, G., Rosas-Pérez, J., Gómez-Álvarez, M., & Cruz-Barrera, M. (2023). Hydrogel capsules as new approach for increasing drying survival of plant biostimulant gram-negative consortium. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *107*(21), 6671–6682.

Lukas, B., & Novak, J. (2013). The complete chloroplast genome of *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae). *Gene*, *528*(2), 163–169.

Mirzaie, A., Halaji, M., Dehkordi, F. S., Ranjbar, R., & Noorbazargan, H. (2020). A narrative literature review on traditional medicine options for treatment of corona virus disease 2019 (COVID-19). *Complementary Therapies in Clinical Practice*, *40*, 101214.

Thomas, E. F., McGarty, C., & Mavor, K. I. (2009). Aligning identities, emotions, and beliefs to create commitment to sustainable social and political action. *Personality and Social Psychology Review*, *13*(3), 194–218.

Pourghasemian, N., Moradi, R., & Iriti, M. (2023). Assessing anti-transpiration potential of beeswax waste on Calendula officinalis under drought stress conditions. Scientia Horticulturae, 315, 111987.

Evaluation of Marigold (Calendula officinalis) Growth Under Zinc Stress Using Organic-Modified Tragacanth Gum Superabsorbent Hydrogel

Batool Rahnamy[1], Nasibeh Pourghasemian[2], Somayeh Mohammady[3]
1. Master student, Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2. Associate Professor, Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
3. Phd gradute of Department of Chemistry, Faculty of Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
*Corresponding Author: batoolrahnamy@bardsir.uk.ac.ir

Abstract

Marigold (*Calendula officinalis*) a medicinal and ornamental plant from the Asteraceae family, experiences reduced growth under heavy metal stress, particularly zinc, especially in acidic soils and mining areas. This research aimed to investigate the effect of tragacanth gum-based superabsorbent hydrogel enriched with beeswax residue and humic acid on *Calendula officinalis* growth under zinc stress. The experiment was conducted in 2024 at the research laboratory of Bardsir Higher Education Center of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran. It was designed as a factorial experiment in a completely randomized design with 3 replications and three levels of zinc stress (0, 1000, and 2500 mg/kg soil). Data were analyzed using SAS software. Results indicated that under moderate zinc stress, treatment with beeswax residue encapsulated in the tragacanth superabsorbent hydrogel led to a 200% increase in shoot dry weight and a significant improvement in stem growth compared to the control. These findings confirm the efficacy of this method in mitigating the adverse effects of zinc stress and enhancing the growth parameters of *Calendula officinalis*.

Keywords: Beeswax residue, Dry weight, Humic acid, Tragacanth superabsorbent, Zinc

۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه گاوزبان تحت تنش کم‌آبی در منطقه خداآفرین

رسول حاجی‌پور[۱]، احمد افکاری[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

۲- گروه زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

*نویسنده مسئول: Afkari@iau.ac.ir

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه گاوزبان تحت تنش کم‌آبی، این آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ در منطقه خداآفرین انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش خشکی (۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A) و فاکتور دوم شامل محلول‌پاشی با سالیسیلیک‌اسید در چهار سطح (عدم مصرف، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) بود. با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی تنش خشکی و سالیسیلیک‌اسید بر کلیه صفات مورد مطالعه معنی‌داری شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تنش خشکی و سالیسیلیک‌اسید بر ارتفاع بوته، میزان کلروفیل، تعداد گل در بوته و عملکرد گل خشک اثر معنی‌داری داشتند. با افزایش شدت تنش خشکی ناشی از فاصله زیاد آبیاری از ارتفاع بوته، میزان کلروفیل، تعداد گل در بوته و عملکرد گل خشک کاسته شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۹۹/۸۷ سانتی‌متر)، میزان کلروفیل (۲۰/۵۷ میکروگرم در گرم وزن تر)، تعداد گل در بوته (۳۹۹۲/۲۹ عدد) و عملکرد گل خشک (۳۷۹۲/۲۳ گرم در متر مربع) از ترکیب تیماری سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار در شرایط آبیاری کامل (۷۰ میلی‌متر تبخیر) حاصل گردید. نتایج آزمایش نشان داد که مصرف سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار می‌تواند میزان تحمل گاوزبان را نسبت به تنش خشکی افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، تنظیم کننده رشد، تعداد برگ، عملکرد و گاوزبان.

مقدمه

گیاه دارویی گاوزبان یکی از گیاهان مهم متعلق به خانواده گاوزبان است. بررسی شیمیوتاکسونومیکی روی گیاهان خانواده گاوزبان مشخص کرده است که بذر اکثر توده‌های این خانواده دارای گامالینولئیک اسید بوده و بیشترین میزان این اسید چرب در گیاه گاوزبان است. از این روغن برای درمان بیماری‌های قلبی، اگزمای موضعی، دیابت و ورم مفاصل استفاده می‌گردد (Karami and Sepehri, 2015). تنش خشکی زمانی در گیاهان ایجاد می‌گردد که میزان آب دریافتی کمتر از تلفات آن بوده، این امر ممکن است به‌علت اتلاف بیش از حد آب یا کاهش جذب و یا وجود هر دو مورد باشد (Afkari, 2018). سالیسیلیک‌اسید یا اورتوهیدروکسی بنزوئیک‌اسید و ترکیبات متعلق به آن از مشتقات فنل‌های گیاهی می‌باشد که معمولاً قابل حل در آب بوده و یک ترکیب که نقش مهمی در مقاومت به آنتی‌اکسیدانتی و از جمله هورمون‌های گیاهی است. نتایج پژوهش‌های انجام شده حاکی از تأثیر غیر قابل انکار

سالیسیلیک‌اسید و دیگر مشتقات سالیسیلات بر بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه می‌باشد. میزان این تغییرات بسیار متفاوت بوده و ممکن است در بعضی واکنش‌ها تحریک کننده، در بعضی تسریع کننده و در بعضی دیگر متوقف کننده باشد (Mahdvian, 2017). پژوهش‌های گذشته نشان داده است که استفاده از سالیسیلیک‌اسید در گیاهان زراعی باعث بهبود عملکرد و اجزاء عملکرد می‌شود که ناشی از تأثیر سالیسیلیک‌اسید بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه است (امیدی و همکاران، ۲۰۱۲). اسیدسالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار سطح برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی و مقدار کلروفیل کل در مقایسه با عدم مصرف اسید در شرایط تنش خشکی می‌گردد (Rafique, et al., 2011). این پژوهش به‌منظور تاثیر سالیسیلیک‌اسید در کاهش اثرات تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های موفولوژیک و عملکرد در گاوزبان اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید بر عملکرد و برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گیاه گاوزبان تحت تنش کم‌آبی، این آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ در منطقه خداآفرین انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش خشکی (۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس آ) و فاکتور دوم شامل محلول‌پاشی با سالیسیلیک‌اسید در چهار سطح (عدم مصرف، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) بود. کاشت در نیمه اول اردیبهشت ۱۴۰۴ به‌روش دستی انجام شد. در درون هر کرت فاصله بین ردیف‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی دارای ۴ ردیف با فاصله کشت ۲۰ سانتیمتر و روی ردیف ۴ سانتیمتر به‌طول ۳ متر بود. پس از سبز شدن و استقرار کامل گیاه، تنک بوته‌ها در طی دو مرحله (۳- ۲ و ۴ –۳ برگی) انجام شد. آبیاری تا زمان ۶-۴ برگی به‌طور منظم انجام گرفت و پس از آن، تیمار آبیاری اعمال گردید. میزان کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج مدل CCM 200 گیاه اندازه‌گیری شد (Dere and Sivaci, 1998). برای سنجش آن از هر پلات ۳ بوته به طور تصادفی انتخاب و میزان میزان کلرفیل برگ آنها ثبت گردید. برای تعیین ارتفاع بوته، تعداد گل در بوته تعداد ۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی انتخاب و میانگین آنها به‌طور تصادفی شمارش گردید. برای تعیین عملکرد گل خشک تعداد ۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی انتخاب و برداشت شد و سپس با استفاده از یک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ SAS گرم وزن شدند. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری نسخه ۹/۱و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده سالیسیلیک‌اسید و تنش خشکی بر تمامی صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و تنش کم‌آبی بر صفات مذکور در سطح احتمال ۵٪ تأثیر معنی‌داری داشتند. (جدول۱). نتایج بیانگر این بود که کلیه صفات در شرایط تنش خشکی روندی کاهشی داشتند، به‌طور کلی تغییرات ارتفاع گیاه متناسب با مصرف سالیسیلیک‌اسید به گونه‌ای که یک روند کاهشی در ارتفاع گیاه متناسب با کاهش مصرف سالیسیلیک‌اسید مشاهده شد. در این بررسی بیش‌ترین ارتفاع بوته (۹۹/۸۷ سانتی‌متر) به تیمار ۷۰ میلی‌متر تبخیر و ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید اختصاص یافت و کم‌ترین ارتفاع بوته (۷۴/۸۲ سانتی‌متر) به تیمار ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم استفاده از سالیسیلیک‌اسید اختصاص یافت (جدول ۲). تنش خشکی از طریق

کاهش سرعت رشد گیاه باعث کاهش ارتفاع بوته می‌شود و هر چه زمان اعمال تنش به مراحل انتهایی فصل رشد نزدیکتر شود تاثیر کمتری بر ارتفاع گیاه دارد (Mahdavian, 2017). نتایج این تحقیق در خصوص اثر تنش کمبود آب و اثر تعدیل کنندهٔ سالیسیلیک‌اسید در کاهش خسارت ناشی از تنش با یافته‌های (Mahdavian, 2017) مطابقت داشت.

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه گاوزبان

		میانگین مربعات			
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	کلروفیل	تعداد گل در بوته	عملکرد گل خشک
تکرار	۲	۲۱۳/۴۲۳ ns	۰/۰۳ ns	۹۳۲۸۴۲ ns	۳۹۴۶۲۹ ns
تنش خشکی	۲	۴۲/۱۷**	۰/۱۲**	۳۱۰۲۲۸۱**	۱۲۲۶**
سالیسیلیک‌سید	۳	۴۸۳/۲۸**	۸/۵۲**	۱۵۸۳۷۲۱**	۱۲۷۴۳۲۸**
سالیسیلیک‌سید× تنش خشکی	۸	۱۵۳/۱۷ *	۰/۰۷۸*	۸۰۱۳۷۲/۱۲*	۱۲۷۵۶/۰۱*
خطای آزمایش	۲۲	۲/۰۰۳	۰/۰۳	۱۶۲۶۲	۲۲۱۵۳۱
ضریب تغییرات (٪)		۸/۲۳	۹/۰۶	۱۲/۴۸	۱۲/۳۸

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار

نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل تیمارهای تنش و سالیسیلیک‌اسید نشان داد بیشترین تعداد گل در بوته با میانگین (۳۹۹۲/۲۹ عدد) و عملکرد گل خشک (۳۷۹۲/۲۳ گرم در متر مربع) از تیمار ۷۰ میلی‌متر تبخیر و ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و کم‌ترین تعداد گل در بوته با میانگین (۱۹۴۳/۹۱ عدد)، عملکرد گل خشک (۱۷۶۱/۲۴ گرم در مترمربع) از تیمار ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم استفاده از سالیسیلیک‌اسید به‌دست آمد (جدول ۲). محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید باعث افزیش رشد در ریشه و اندام هوایی در سویا گردید (Krishna, et al., 2001). پژوهش‌های گذشته نشان داده است که استفاده از سالیسیلیک‌اسید در گیاهان زراعی باعث بهبود عملکرد و اجزاء عملکرد می‌شود که ناشی از تأثیر سالیسیلیک‌اسید بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه است. در این بررسی در اثر تنش، میزان کلروفیل به شدت کاهش یافت به‌طوریکه بیش‌ترین میزان کلروفیل (۲۰/۵۷ میکروگرم در گرم وزن تر) به تیمار ۷۰ میلی‌متر تبخیر و ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید اختصاص یافت و کم‌ترین ارتفاع بوته (۶/۰۲ میکروگرم در گرم وزن تر) به تیمار ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم استفاده از سالیسیلیک‌اسید اختصاص یافت (جدول ۲). نتایج حاصل از اندازه گیری کلروفیل کل برگ‌ها، روند کاهش تدریجی را همراه با افزایش تنش خشکی نشان داد کاهش این رنگیزه‌های مهم فتوسنتزی می‌تواند به علت اختلال در جذب عناصر غذایی ضروری در سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی باشد. تنش موجب افزایش تولید انواع اکسیژن واکنش‌گر می‌شود و کاهش میزان کلروفیل، نشان دهنده وسعت آسیب‌های اکسیداتیو است. این کاهش می‌تواند به دلیل بازدارندگی مراحل مختلف بیوسنتز کلروفیل باشد (Goldani, 2012). نتایج آزمایشات نشان داد که محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید گیاه، نه تنها تأثیرات ممانعت کنندگی خشکی را کاهش داد بلکه اثر تحریک کنندگی نیز بر افزایش وزن خشک قسمت‌های هوایی ریشه‌ها داشت (Hamada, et al., 2001). نتایج آزمایشات نشان داد که میزان فتوسنتز و کلروفیل کل گلرنگ در خاک‌هایی با کلسیم بالا در مقایسه با گیاهانی که بذرهای آن‌ها با غلظت‌های متفاوتی از سالیسیلیک‌اسید پرایم شده بود به‌طور معنی‌داری پایین‌تر بود (Jamshidi, et al., 2013). نتایج آزمایشات نشان داد که ۰/۰۵ میلی‌مول سالیسیلیک‌اسید که به شکل آبیاری تیمار شد، باعث بهبود

رشد گندم گردید. نتایج پژهشگران نشان داد که پیش تیمار کردن گیاهان گوجه‌فرنگی با سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش فتوسنتز، محتوای کلروفیل، کاروتنوئید و گزانتوفیل در گیاهان تحت تنش و غیر تنش گردید (Bezrukova, et al., 2004).

جدول ۲. برهمکنش تنش خشکی و سالیسیلیک‌اسید بر صفات مورد ارزیابی در گیاه گاوزبان

تیمارها		ارتفاع بوته	کلروفیل	تعداد گل	عملکرد گل خشک
تنش (میلی‌متر تبخیر)	سالیسیلیک‌اسید (میلی‌مولار)	(سانتی‌متر)	(میکروگرم در گرم وزن تر)	در بوته	(کیلوگرم در هکتار)
	عدم مصرف	b۸۷/۲۴	b۱۱/۳۴	c۲۳۲۱/۱۸	b۲۴۳۸/۲۳
	۰/۵	ab۹۲/۹۲	ab۱۵/۱۲	b۲۷۳۲/۲۹	ab۲۸۹۲/۳۱
۷۰	۱	a۹۵/۷۴	a۱۷/۹۴	۳۱۹۸/۱۷	a۳۲۸۶/۴۷
	۱/۵	a۹۹/۸۷	a۲۰/۵۷	ab	a۳۷۹۲/۲۳
	۲	c۸۰/۱۲	c۸/۰۲	a۳۹۹۲/۲۹	c۲۱۳۷/۴۵
	عدم مصرف	c۸۰/۱۲	c۸۰/۱۲	d۲۲۳۷/۶۲	c۸۰/۱۲
				c۸۰/۱۲	
	۰/۵	b۸۵/۷۸	bc۹/۹۱	b۲۶۶۰/۵۴	b۲۵۶۴/۷۸
۱۴۰	۱	b۸۷/۶۱	b۱۲/۹۴	۳۰۷۳/۴۹	ab۲۹۶۴/۴۹
	۱/۵	ab۹۰/۶۳	ab۱۴/۴۳	ab	a۳۴۹۶/۱۲
	۲	d۷۴/۸۲	d۶/۰۲	a۳۵۱۲/۷۸	d۱۷۶۱/۲۴
	عدم مصرف	cd۷۸/۴۸	cd۷/۴۸	d۱۹۴۳/۹۱	c۲۰۹۷/۳۳
	۰/۵	cd۷۸/۴۸	cd۷۸/۴۸	c۲۳۶۳/۸۳	cd۷۸/۴۸
۲۱۰	۱	c۸۰/۲۹	bc۹/۹۳	cd۷۸/۴۸	b۲۴۸۱/۴۱
	۱/۵	bc۸۳/۳۸	b۱۲/۳۸	b۲۶۸۱/۲۱	ab۲۷۸۶/۳۸
	۲	bc۸۳/۳۸	b۱۲/۳۸	b۲۹۲۶/۴۴	b۱۲/۳۸
				b۱۲/۳۸	

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

نتیجه‌گیری

نتایج حاکی از آن است که با افزایش تنش خشکی ناشی از افزایش فواصل آبیاری تعداد گل در بوته، ارتفاع بوته میزان کلروفیل و عملکرد گل خشک کاهش یافت. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار تعداد گل در بوته، ارتفاع بوته میزان کلروفیل و عملکرد گل خشک شد. در مجموع آبیاری نرمال بدون تنش (۷۰ میلی‌متر تبخیر) و مصرف ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید به عنوان تیمار برتر برای دستیابی به بالاترین مقدار اندام‌های هوایی و عملکرد گاوزبان توصیه می‌گردد.

منابع

Afkari, A. (2018). Effects of drought stress and nitrogen fertilizer rate on some physiological characteristics, essential oil percentage, and yield of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 33(6)*: 1047-1059.

Bezrukova, M.V., Kildibekova, A.R., Avalbaev, A.M. and Shakirova, F.M. (2004). Participation of wheat germ agglutinin in regulation of cell division in apical root meristem of wheat seedlings. *Testologiya, 46*: 35-38.

Dere, S., Gunes, T. and Sivaci, R. (1998). Spectrophotometric determination of chlorophyll- a, b and total carotenoids contents of some algae species using different solvents. *Botany, 22*: 13-17.

Gemes, K., Poor, P., Szepesi, A. and Tari, I. (2008). Role of salicylic acid pre-treatment on the photosynthetic performance of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill. L. cvar. Rio Fuego) under salt stress. *Acta Biologica Szegediensis. 52:*161-162.

Goldani, M. (2012). Effect of irrigation intervals on some growth indices ecotypes basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian agricultural research, 10(2):* 412-420.

Hamada, A.M. and Al-Hakimi, A.M.A. (2001). Salicylic acid versus salinity-droughtinduced stress on wheat seedlings. *Rostl. Vyr. 47:* 444-450.

Jamshidi Jam, B., Shekari, F. and Zangani, E. (2013). Application of bio-sulfur fertilizer and seed pretreatment with salicylic acid improved photosynthetic parameters of safflower. *J. Agron. Plant Prod, 4 (11):* 3068-3075.

Karami, A. and Sepehri, A. (2015). Effects of deficit irrigation and application of biofertilizers on the growing characteristics and water use efficiency on borage (*Borago officinalis* L.). *Plant Prroductions, 1 (38):* 91-102.

Krishna, S., Surinder, K., Thind, S.K. and Gurpreet, K.. (2004). Interactive effects of phenolics and light intensity on vegetative parameters and yield in soybean (*Glycine max L. Merrill*). *Environ. Ecol, 22:* 390-394.

Mahdavian, K. (2017). The effect of different concentrations of salicylic acid on adjustment of the effects of sodium chloride stress on growth parameters and photosynthetic pigments in sunflower plant (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Plant Environmental Physiology, 47(12)*: 93-106.

Omidi, H., Movahadi, F. and Movahadi, S.H. (2012). The effect of salicylic acid and scarification on germination characteristics and proline, protein and soluble carbohydrate content of Prosopis (*Prosopis farcta* L.) seedling under salt stress. *Range and Desert Research, 18(4)*: 608-623.

Rafique, N., Raza, H., Qasim, M. and Iqbal, N. (2011). Pre-sowing application of ascorbic acid and salicylic acid to seed of pumpkin and seedling response to salt. *Pak. J. Bot., 43:* 2677-2682.

The effect of salicylic acid foliar application on some morpho-physiological characteristics and performance of borage plant under water deficit stress

Hajipour, Rasoul[1], Afkari, Ahmad[2]*
1. Master's student in Agronomy, Kalibar branch, Islamic Azad University, Kalibar, Iran
2. Department of Agronomy, Kaleibar Branch, Islamic Azad University, Kaleibar, Iran
*Corresponding Author: Afkari@iau.ac.ir

Abstract

In order to investigate the effect of salicylic acid foliar spray on some morphophysiological characteristics and yield of borage plant under water deficit stress, this experiment was conducted as a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications in the 2024-2025 crop year in Khoda Afarin region. The experimental treatments included three levels of drought stress (70, 140, and 210 mm evaporation from a class A evaporation pan) and the second factor included foliar spray with salicylic acid at four levels (no application, 0.5, 1, and 1.5 mM). According to the results of analysis of variance, the main effect of drought stress and salicylic acid on all studied traits was significant. The results of analysis of variance showed that the interaction of drought stress and salicylic acid had a significant effect on plant height, chlorophyll content, number of flowers per plant, and dry flower yield. With increasing drought stress intensity due to long irrigation intervals, plant height, chlorophyll content, number of flowers per plant, and dry flower yield decreased. The results showed that the highest plant height (99.87 cm), chlorophyll content (20.57 µg/g fresh weight), number of flowers per plant (3992.29), and dry flower yield (3792.23 g/m2) were obtained from the treatment combination of salicylic acid at a concentration of 1.5 mM under full irrigation conditions (70 mm evaporation). The results of the experiment showed that the use of salicylic acid at a concentration of 1.5 mM can increase the tolerance of borage to drought stress.

Keywords: Borage, Drought stress, Growth regulator, Number of leaves and Yield.

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و تنش خشکی بر میزان غلظت عناصر گاوزبان (*Borago officinalis L.*) در منطقه خداآفرین

رسول حاجی‌پور[۱]، احمد افکاری[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

۲- گروه زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

*نویسنده مسئول: Afkari@iau.ac.ir

چکیده

به‌منظور بررسی اثر اسید سالیسیلیک و تنش خشکی بر میزان غلظت عناصر گاوزبان، این آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ در منطقه خداآفرین انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش خشکی (۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس آ) و فاکتور دوم شامل محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در چهار سطح (عدم مصرف، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) بود. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که تأثیر تیمار سالیسیلیک‌اسید بر تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار بود، هم‌چنین نتایج حاکی از آن بود که تیمارهای مختلف تنش سبب افزایش معنی‌دار تمام صفات اندازه‌گیری شده به‌جز غلظت فسفر شد. اثر برهمکنش تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر صفات منیزیم، سدیم و کلر در سطح یک‌درصد، معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تیمارها مشخص نمود که با افزایش تنش خشکی میزان غلظت فسفر، سدیم و کلر افزایش و پتاسیم و نیتروژن کاهش یافت. بنابراین، استفاده از اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک تنظیم کننده رشد، علاوه بر افزایش رشد گیاه، می‌تواند راهکار مناسبی برای کم کردن اثرهای منفی ناشی از غلظت زیاد سدیم و کلر در خاک‌ها بر رشد گاوزبان باشد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، تنش کم‌آبی، تنظیم‌کننده رشد، منیزیم و گاوزبان.

مقدمه

گاوزبان (*Borago officinalis* L.) گیاهی است یکساله از تیره Boraginacea که دارای خواص متعدد دارویی، صنعتی و علوفه‌ای می‌باشد و در برخی از مطالعات، به مقاومت به شوری و جذب بالای املاح توسط این گیاه اشاره شده است (Amiri *et al.*, 2016). تنش خشکی زمانی در گیاهان ایجاد می‌گردد که میزان آب دریافتی کمتر از تلفات آن بوده، این امر ممکن است به‌علت اتلاف بیش از حد آب یا کاهش جذب و یا وجود هر دو مورد باشد (افکاری، ۱۳۹۷). اسید سالیسیلیک یا اورتوهیدروکسی بنزوئیک‌اسید و ترکیبات متعلق به آن از مشتقات فنل‌های گیاهی می‌باشد که معمولاً قابل حل در آب بوده و یک ترکیب که نقش مهمی در مقاومت به آنتی‌اکسیدانتی و از جمله هورمون‌های گیاهی است (مهدویان، ۱۳۹۶). در تحقیقی گزارش شده، گاوزبان قادر است به‌طور متوسط سدیم را به میزان ۵ درصد در برگ و ساقه و حدود ۳/۱ درصد در گل آذین ذخیره کند. همچنین درصد کلر در برگ و ساقه این گیاه ۷/۴۹ درصد و در گل آذین ۵/۷۸ درصد می‌باشد (Amiri *et al.*, 2016). در گیاهان متحمل به تنش‌های مختلف، مانند ارزن پادزهری ارزیابی تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در شرایط تنش‌زا راهکاری مناسب جهت

مطالعه جنبه‌های وراثتی تحمل به تنش فراهم میآورد (Eshghizadeh *et al.*, 2014).این پژوهش به‌منظور تاثیر اسید سالیسیلیک در کاهش اثرات تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های موفولوژیک و عملکرد در گاوزبان اجرا گردید. برخی از پژوهشگران بیان کردند که در اغلب خاک‌های شور، جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم به دلیل رقابت با سدیم پایین است (Munns & Tester, 2008). نتایج تحقیقات محققان بیانگر آن است که مصرف کود ریزمغذی روی مقاومت گیاهان را به تنش‌های محیطی مانند خشکی را افزایش می‌دهد و باعث کاهش اثرات سوء تنش خشکی در گیاهان می‌شود (Movahhedy-Dehnavy *et al.*, 2009). نیتروژن در تشکیل بسیاری از ترکیبات آلی گیاهی نقش داشته و تأثیر نیتروژن بر رشد گیاه به دلیل اثرات مثبت نیتروژن بر فعالیت فتوسنتزی و فرآیندهای متابولیکی ترکیبات آلی در گیاه و تقویت رشد رویشی گیاه می‌باشد (El-Gendy *et al.*, 2015).

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر اسید سالیسیلیک و تنش خشکی بر میزان غلظت عناصر گاوزبان، این آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ در منطقه خدآفرین انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش خشکی (۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A) و فاکتور دوم شامل محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در چهار سطح (عدم مصرف، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) بود. تهیه زمین بعد از شخم عمیق (۲۵-۳۰ سانتی‌متر) شامل دو دیسک عمود برهم، تسطیح و عملیات کرتبندی زمین بود. قبل از اجرای طرح بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی خاک، کود شیمیایی قبل از کشت ریحان به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کود فسفره به مقدار ۶۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات‌تریپل و کود پتاس به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم به‌عنوان کود پایه، به‌صورت یکسان به زمین داده شد. کاشت در نیمه اول اردیبهشت ۱۴۰۴ به‌روش دستی انجام شد. در درون هر کرت فاصله بین ردیف‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی دارای ۴ ردیف با فاصله کشت ۲۰ سانتیمتر و روی ردیف ۴ سانتیمتر به‌طول ۳ متر بود. پس از سبز شدن و استقرار کامل گیاه، تنک بوته‌ها در طی دو مرحله (۳- ۲ و ۴ –۳ برگی) انجام شد. آبیاری تا زمان ۶-۴ برگی به‌طور منظم انجام گرفت و پس از آن، تیمار آبیاری اعمال گردید.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

هدایت الکتریکی $dS.m^{-1}$	pH	ماده آلی درصد	روی پی پی ام	آهن پی پی ام	منگنز پی پی ام	فسفر پی پی ام	پتاسیم پی پی ام	نیتروژن درصد	رس درصد	سیلت درصد	شن درصد
۱/۸	۷/۱	۱/۴	۴/۸	۲/۲	۳/۱	۱۲	۱۸۵	۰/۰۶	۳۲	۲۷	۴۱

مقادیر سدیم و پتاسیم بر حسب پی پی ام در دستگاه فلیم فتومتر قرائت و در نهایت با کمک جدول استاندارد، مقادیر این دو عنصر بر اساس میلی‌گرم در گرم ماده خشک محاسبه شدند. مقدار فسفر هم با روش اسپکتوفتومتری در طول موج ۴۲۰ و مقدار کلر با روش جذب اتمی به‌دست آمد (Rayan *et al.*, 2001). برای اندازه‌گیری نیتروژن از دستگاه کجلدال استفاده شد (Kjeldal, 1998). تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده سالیسیلیک‌اسید و تنش خشکی بر تمامی صفات مورد ارزیابی معنی‌دار بود. اثر برهمکنش سالیسیلیک‌اسید و تنش خشکی بر غلظت منیزیم، سدیم و کلر در سطح احتمال یک درصد و بر غلظت فسفر، نیتروژن و پتاسیم معنی‌دار نبود (جدول۲).

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه گاوزبان

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		منیزیم	کلر	فسفر	نیتروژن	پتاسیم	سدیم
تکرار	۳	۰/۰۱	^{ns}۰/۰۴	^{ns}۰/۰۴	^{ns}۰/۰۳	^{ns}۰/۰۶	^{ns}۰/۰۶
تنش خشکی	۲	۰/۱۷**	۹/۲۰**	*۰/۲۱	۳/۰۶*	۳/۴۷*	۲۸/۵۱**
اسید سالیسیلیک	۳	۰/۲۳**	۳۷۱/۰۹**	۰/۹۲**	۴/۹۷**	۵۱/۰۱**	۱۰۸/۴۱*
تنش× اسید سالیسیلیک	۶	۰/۰۹**	۰/۲۱**	^{ns}۰/۰۳	^{ns}۰/۲۳	^{ns}۰/۲۹	۱/۱۱**
خطا	۲۲	۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۰۰۱	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۷
ضریب تغییرات (٪)	–	۶/۶۳	۸/۳۲	۱۰/۷۴	۹/۰۳	۸/۰۱	۱۱/۵۲

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار

نتایج مقایسات میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان غلظت منیزیم (درصد)، کلر (درصد) و سدیم (درصد) از ترکیب تیماری ۷۰ میلی‌متر تبخیر و ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید به‌دست آمد (جدول ۳). در شرایط تنش، جذب یون پتاسیم کاهش یافته و گیاه با کمبود این یون روبرو می‌شود. غلظت زیاد سدیم در خاک دامنه‌ای از مشکلات را موجب شده که به موازات افزایش سدیم در آب آبیاری از تجمع پتاسیم در دانه زنیان (*Trachyspermum ammi* L.) کاسته شده است (Bijani *et al.*, 2015). بنا بر نظر برخی محققین، رابطه آنتاگونستی بین سدیم و پتاسیم و هم‌چنین کاهش در نفوذپذیری غشای یاخته‌های ریشه می‌تواند سبب کاهش جذب پتاسیم در گیاه *Spartina densiflora* گردد (Mateos-Naranjo *et al.*, 2010).

جدول ۳. برهمکنش تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر میزان غلظت عناصر در گیاه گل گاوزبان

تنش (میلی‌متر تبخیر)	ساسید سالیسیلیک (میلی‌مولار)	منیزیم (درصد)	کلر (درصد)	سدیم (درصد)
۷۰	عدم مصرف	۸۷/۲۴^{b}	۱۱/۳۴^{b}	۲۴۳۸/۲۳^{b}
	۰/۵	۹۲/۹۲^{ab}	۱۵/۱۲^{ab}	۲۸۹۲/۳۱^{ab}
	۱	۹۵/۷۴^{a}	۱۷/۹۴^{a}	۳۲۸۶/۴۷^{a}
	۱/۵	۹۹/۸۷^{a}	۲۰/۵۷^{a}	۳۷۹۲/۲۳^{a}
۱۴۰	عدم مصرف	۸۰/۱۲^{c}	۸/۰۲^{c}	۲۱۳۷/۴۵^{c}
	۰/۵	۸۵/۷۸^{b}	۹/۹۱^{bc}	۲۵۶۴/۷۸^{b}
	۱	۸۷/۶۱^{b}	۱۲/۹۴^{b}	۲۹۶۴/۴۹^{ab}
	۱/۵	۹۰/۶۳^{ab}	۱۴/۴۳^{ab}	۳۴۹۶/۱۲^{a}
۲۱۰	عدم مصرف	۷۴/۸۲^{d}	۶/۰۲^{d}	۱۷۶۱/۲۴^{d}
	۰/۵	۷۸/۴۸^{cd}	۷/۴۸^{cd}	۲۰۹۷/۳۳^{c}
	۱	۸۰/۲۹^{c}	۹/۹۳^{bc}	۲۴۸۱/۴۱^{b}
	۱/۵	۸۳/۳۸^{bc}	۱۲/۳۸^{b}	۲۷۸۶/۳۸^{ab}

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که مصرف غلظت ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در مقایسه با سطح بدون کاربرد آن به ترتیب موجب افزایش غلظت نیتروژن به میزان ۲/۴، ۲/۸۳ و ۴/۶۶ درصد، فسفر ۲/۳۱، ۴/۱۲ و ۶/۴۴ درصد و پتاسیم ۳/۶۷، ۵/۵۳ و ۷/۲۳ درصد در اندام هوایی گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد که تنش خشکی درصد پتاسیم و نیتروژن موجود در گیاه گاوزبان را به‌طور معنی‌داری کاهش ولی درصد فسفر موجود در گیاه را افزایش داد. بنابراین بیشترین غلظت پتاسیم و نیتروژن به‌ترتیب با میانگین (۵/۴۴ درصد و ۲/۷۱ درصد) از تیمار ۷۰ میلی‌متر تبخیر و بیشترین غلظت فسفر با میانگین (۰/۹۰۸ درصد) از سطح تنش (۲۱۰ میلی‌متر تبخیر) و کم‌ترین غلظت پتاسیم و نیتروژن به‌ترتیب با میانگین (۰/۹۷ درصد و ۰/۸۵ درصد) از سطح تنش خشکی (۱۲۰ میلی متر تبخیر)، و کم‌ترین غلظت فسفر با میانگین (۰/۱۰۸ درصد) از تیمار شاهد (بدون تنش) به‌دست آمد (جدول ۵).

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده گل گاوزبان تحت تأثیر اسید سالیسیلیک

(میلی‌مولار) اسید سالیسیلیک	نیتروژن (درصد)	پتاسیم (درصد)	فسفر (درصد)
عدم مصرف	۰/۷۴^{c}	۰/۹۶^{d}	۰/۱۷۲^{c}
۰/۵	۱/۷۲^{b}	۳/۲۹^{c}	۰/۳۷۸^{b}
۱	۲/۲۲^{b}	۵/۰۸^{b}	۰/۶۴۷^{ab}
۱/۵	۳/۲۹^{a}	۶/۴۲۸^{a}	۱/۱۷۸^{a}

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده گل گاوزبان تحت تأثیر تنش خشکی

(میلی‌متر تبخیر) تنش خشکی	نیتروژن (درصد)	پتاسیم (درصد)	فسفر (درصد)
۷۰	۲/۷۱^{a}	۵/۴۴^{a}	۰/۱۰۸^{c}
۱۴۰	۱/۶۱^{b}	۲/۶۴^{b}	۰/۴۴۲^{b}
۲۱۰	۰/۹۷^{c}	۰/۸۵^{c}	۰/۹۰۸^{a}

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، می‌توان بیان کرد که تنش خشکی تأثیرات منفی متفاوتی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه می‌گذارد. بنابراین با افزایش تنش خشکی مقادیر فسفر، سدیم و کلر افزایش و منیزیم، پتاسیم و نیتروژن کاهش یافت. از طرفی مشخص شد اسید سالیسیلیک با تأثیر بر شکل قابل جذب این عناصر بر میزان غلظت آن‌ها در گیاه اثر معنی‌دار داشت و باعث کاهش اثرات تنش خشکی شد.

منابع

Afkari, A. (2018). Effects of drought stress and nitrogen fertilizer rate on some physiological characteristics, essential oil percentage, and yield of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 33(6): 1047-1059.

Amiri, M., Rezvani, B., Moghaddam, P. and Jahan, M. (2016). Study the morphological characteristics affecting yield of Echium amoenum under different organic and chemical fertilizers and plant densities. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 47(1): 55-69.

Bijani, M., Yadollahi, P., Heidari, M., Latifi, M., Asgharipour, M.R. and Ramrudi, M. (2015). Effect of saline water and chemicalorganic fertilizers on nutrient uptake and yield of ajowan (*Carum copticum* L.). *Journal of Plant Ecophysiology*, *22(7)*: 124-141.

El-Gendy, A.G., Gohary, E.l., Omer, E.A., Hendawy, S.F. and Hussein, M.S. (2015). Effect of nitrogen and potassium fertilizer on herbage and oil yield of chervil plant (*Anthriscus cerefolium* L.). *Industrial Crops and Products*, *69*: 167-174.

Eshghizadeh, H.R., Kafi, M., Nezami, A. and Khoshgoftarmanesh, A.H. (2014). Effect of salinity on leaf water status, proline and total soluble sugar concentrations and activity of antioxidant enzymes in blue panic grass. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture Soilless Culture Research Center*, *5(2)*: 11–25.

Kjeldal, S.E. (1998). An investigation of several psychological factors impinging on the perception of fresh fruits and vegetables. Unpublished PhD Thesis. University of New England, Australia.

Mahdavian, K. (2017). The effect of different concentrations of salicylic acid on adjustment of the effects of sodium chloride stress on growth parameters and photosynthetic pigments in sunflower plant (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Plant Environmental Physiology*, *47(12)*: 93-106.

Mateos-Naranjo, E., Redondo-Gomez, S., Alvarez, R., Cambrolle, J., Gandullo, J .and Figueroa, M.E. (2010). Synergiceffect of salinity and CO_2 enrichment on growth and photosynthetic responses of the invasive cordgrass *Spartina densiflora*. *Journal of Experimental Botany*, *61(6)*: 1643-1654.

Movahhedy-Dehnavy, M., Modarres-Sanavy, S.A.M. and Mokhtassi-Bidgoli, A. (2009). Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. *Industrial Crops and Products*, *30*: 82-92.

Munns, R. and Tester, M. (2008). Mechanism of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Physio*, *59*: 651-681.

Rayan, J.R, Estefan, G. and Rashid, A. (2001). Soil and plant analysis laboratory manual, (2nd edition). ICARDA, Syria, pp: 231.

The effect of salicylic acid foliar spraying and drought stress on the concentration of elements in borage (*Borago officinalis* L.) in the Khodaafrin region

Hajipour, R[1], Afkari, A[2]*
1. Master's student in Agronomy, Kalibar branch, Islamic Azad University, Kalibar, Iran
2. Department of Agronomy, Kaleibar Branch, Islamic Azad University, Kaleibar, Iran
*Corresponding Author: Afkari@iau.ac.ir

Abstract

In order to investigate the effect of salicylic acid and drought stress on the concentration of elements in borage, this experiment was conducted as a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications in the 1403-1404 crop year in the Khadafarin region. The experimental treatments included three levels of drought stress (70, 140 and 210 mm evaporation from a class A evaporation pan) and the second factor included foliar spraying with salicylic acid at four levels (no use, 0.5, 1 and 1.5 mM). The results of the experiment showed that the effect of salicylic acid treatment on all studied traits was significant, and the results also indicated that the different stress treatments caused a significant increase in all measured traits except phosphorus concentration. The interaction effect of drought stress and salicylic acid on the traits of magnesium, sodium and chlorine was significant at the 1% level. Comparison of the treatment means revealed that with increasing drought stress, the concentration of phosphorus, sodium, and chlorine increased and potassium and nitrogen decreased. Therefore, the use of salicylic acid as a growth regulator, in addition to increasing plant growth, can be a suitable solution to reduce the negative effects of high sodium and chlorine concentrations in soils on borage growth.

Keywords: Borage, Growth regulator, Magnesium, Potassium, and Water stress.

۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

بررسی تأثیر کودهای بیولوژیکی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی مرزه تحت تنش کم‌آبی در منطقه اهر

شهلا نورالهی[۱]، احمد افکاری[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

۲- گروه زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

[*]نویسنده مسئول: Afkari@iau.ac.ir

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر کودهای بیولوژیک بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک مرزه تحت تنش کم‌آبی در منطقه اهر، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ انجام شد. آزمایش شامل آبیاری در سه سطح ۶۰ میلی‌متر (آبیاری نرمال)، ۱۲۰ میلی‌متر (تنش ملایم) و ۱۸۰ میلی‌متر (تنش شدید) تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و کود بیولوژیک در چهار سطح (عدم تلقیح (شاهد)، تلقیح با ازوتوباکتر و قارچ میکوریزا، تلقیح با قارچ *میکوریزا* و تلقیح با *ازوتوباکتر* با نسبت ۱:۱ برای تیمار ترکیبی قارچ *میکوریزا* و *ازوتوباکتر*) اجرا شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که اعمال تنش بر صفات کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تنش خشکی و کود بر صفات کلروفیل a، کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشتند. بر اساس نتایج مقایسات میانگین، آبیاری کمتر باعث کاهش معنی‌دار و نوع کود بیولوژیک سبب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ گردید. به طورکلی، نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف کودهای بیولوژیک چه به‌صورت منفرد و یا مصرف توأم (*ازوتوباکتر+ میکوریزا*) در مقایسه با تیمار عدم مصرف (شاهد)، توانست کلیه صفات فیزیولوژیکی را هم در شرایط بدون تنش و هم در شرایط تنش شدید خشکی ارتقاء دهد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، رنگیزه‌های فتوسنتزی، قارچ‌های میکوریزا و مرزه.

مقدمه

مرزه با نام علمی *Satureja hortensis* L. گیاهی است خانواده نعناع که در بسیاری از نقاط دنیا به عنوان سبزی، گیاهی ادویه‌ای و آشپزخانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. اندام هوایی گل‌دار مرزه در طب سنتی با اثرات شناخته شده ضد نفخ، ضد دل درد، ضد از کرم، مقوی معده، محرک و خلط‌آور به کار می‌رود (Hajibagheri and Enteshari, 2011). کشت گیاهان دارویی و معطر از دیرباز دارای جایگاه ویژه‌ای در نظام‌های سنتی کشاورزی ایران بوده و این نظام‌ها از نظر ایجاد تنوع و پایداری نقش مهمی ایفا کرده‌اند. تنش خشکی زمانی در گیاهان ایجاد می‌گردد که میزان آب دریافتی کمتر از تلفات آن بوده، این امر ممکن است به‌علت اتلاف بیش از حد آب یا کاهش جذب و یا وجود هر دو مورد باشد (Afkari, 2018). تنش خشکی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که رشد و عملکرد گیاهان را تحت

تأثیر قرار می‌دهد. هم‌چنین باعث کاهش جذب آب توسط سیستم ریشه گیاه، کاهش تعرق، کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز و همچنین به هم خور دن موازنه هورمونی در گیاه می‌گردد (Kheirandish *et al.*, 2016). قارچ میکوریزای وزیکولار– آربوسکولار یکی از انواع کودهای زیستی است. میکوریزا همزیستی مسالمت‌آمیز انواعی از قارچ‌های خاکزی و ریشه گیاهان است، انتقال مواد بین سلول‌های کورتکس ریشه گیاه کلونیزه شده با قارچ و آربوسکول‌های قارچ، مهمترین مشخصه‌ی همزیستی میکوریزآربوسکولار می‌باشند (Smith *et al.*, 2010). قارچ‌های میکوریزایوزیکولار– آربوسکولار در سال‌های اخیر برای مقابله با کم آبی و تنش‌های خشکی در بسیاری از گیاهان مورد استفاده قرار گرفته است (Mohammadi *et al.*, 2016). نتایج پژوهش‌ها نشان داد که امکان استفاده از کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی رشد رویشی، عملکرد و میزان اسانس گیاه رازیانه در تیمارهای کود زیستی افزایش یافت (Azazz *et al.*, 2009). نتایج پژوهش‌ها نشان دادند که با افزایش شدت تنش خشکی تمام صفات رویشی از قبیل تعداد برگ، مساحت سطح و وزن خشک برگ، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، وزن خشک ساقه، طول و وزن خشک ریشه در گیاه مرزه کاهش یافت؛ به طوری که بیشترین مقادیر برای تمامی این صفات در تیمار آبیاری کامل حاصل شد و کمترین مقادیر نیز در شرایط تنش آبی شدید (درصد رطوبت ظرفیت مزرعه) به‌دست آمد (Ghaedi Jashni and Musavi Nik, 2015). کاهش وزن خشک ریشه، ساقه و برگ و ارتفاع بوته گیاهان مرزه (*Satureja hortensis* L.) را در شرایط تنش خشکی گزارش کردند (Baher *et al.*, 2002). بنابراین، پژوهش حاضر، به‌منظور بررسی اثر کودهای بیولوژیکی بر برخی صفات فیزیولوژیکی گیاه دارویی مرزه تحت تنش خشکی در منطقه اهر اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی تأثیر کودهای بیولوژیکی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی مرزه تحت تنش کم‌آبی در منطقه اهر، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ انجام شد. آزمایش شامل آبیاری در سه سطح ۶۰ میلی‌متر (آبیاری نرمال)، ۱۲۰ میلی‌متر (تنش ملایم) و ۱۸۰ میلی‌متر (تنش شدید) تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و کود بیولوژیک در چهار سطح (عدم تلقیح (شاهد)، تلقیح با ازوتوباکتر و قارچ میکوریزا، تلقیح با قارچ میکوریزا و تلقیح با ازوتوباکتر با نسبت ۱:۱ برای تیمار ترکیبی قارچ میکوریزا و ازوتوباکتر) اجرا شد. کود بیولوژیک مایع (نیتروکسین) به میزان ۲ لیتر در هکتار به‌خوبی در سایه با بذر آغشته گردید. به منظور تلقیح بذور به باکتری ازتوباکتر، ابتدا بذرها را با صمغ عربی و باکتری ازتوباکتر به طور کامل مخلوط کرده و به هم زده تا سطح تماس صمغ عربی و باکتری با بذر مرزه افزایش یابد، تلقیح بذور با باکتری محرک رشد در شرایط تاریکی انجام شد. بذر مرزه از توده بومی شهر اهر و قارچ از میکوریزا از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد. هر کرت آزمایشی شامل ۶ ردیف کاشت به طول ۳ متر، با فاصله ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بوته‌ها به فاصله ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف در عمق ۶ سانتی‌متر کشت شدند. کاشت در نیمه اول اردیبهشت ۱۴۰۴ به‌روش دستی انجام شد. برای اندازه‌گیری محتوای رنگدانه‌های کلروفیل و کارتنوئید ۲۰۰ میلی‌گرم برگ تازه با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده شد و محلول حاصل به مدت پنج دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ اندازه‌گیری شدند. سپس جذب محلول رویی در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۴ و ۴۷۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. محتوای نسبی آب، میزان کلروفیل آ، ب و کلروفیل کل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ با استفاده از رابطه‌های ۱ تا ۳ محاسبه شدند (Afkari, 2018; Dere *et al.*, 1998).

رابطه ۱: $RWC= (Fw-Dw)/ (Sw-Dw) \times 100$

رابطه ۲: Chlorophyllb= 27.05A653 -11.21A666

رابطه۳: Chlorophylla= 15.65A666 -7.340A653

رابطه ۴: ChlorophyllT= Chlorophylla+ Chlorophyllb

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری سس نسخه ۹/۱، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

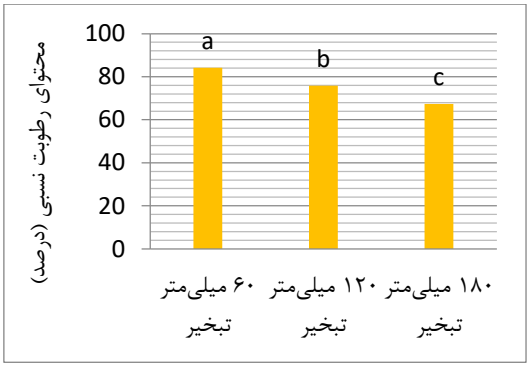
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات کودهای بیولوژیک و تنش خشکی بر تمامی صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال ۱٪ و برهمکنس کود و تنش کم‌آبی بر صفات کلروفیل a و کلروفیل کل در سطح احتمال ۵٪ تأثیر معنی‌داری داشتند. (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه مرزه در واکنش از کود بیولوژیک و تنش کم‌آبی

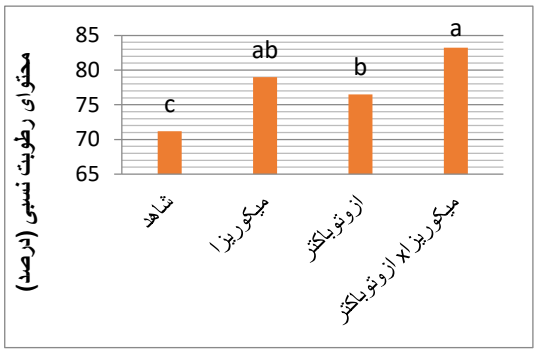
منابع تغییرات		میانگین مربعات			
	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	محتوای رطوبت نسبی
تکرار	۲	۰/۰۰۰۰۶ ns	۰/۰۰۰۴ ns	۰/۰۰۵ ns	۳۱/۷۷ ns
تنش خشکی	۲	۲۶۷/۱۷**	۶۵۸/۱۲**	۴۹۷/۲۲**	۵۴۲/۰۱**
کود	۳	۴/۴۸**	۳/۲۲**	۲/۹۷**	۱۵۳/۱۱**
کو× تنش خشکی	۶	۷/۵۱ *	۵/۸۱ ns	۲۴/۷۲*	۶/۸۲ ns
خطای آزمایش	۲۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	۴/۳۸
ضریب تغییرات (٪)		۸/۷۲	۱۰/۰۶	۹/۴۸	۹/۲۷

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار

نتایج طبق نتایج حاصله با اعمال تنش کمبود آب محتوای نسبی آب برگ نیز کاهش یافت. بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ (۸۴/۲۱ درصد) مربوط به سطح ۶۰ میلی‌متر تبخیر و کمترین محتوای نسبی آب برگ (۶۷/۳۷ درصد) مربوط به سطح ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر بود (شکل ۱) مقایسه میانگین‌های صفت محتوای نسبی آب برگ نشان داد با مصرف کودهای بیولوژیک محتوای نسبی آب برگ افزایش یافت. در این میان بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ (۸۳/۲۳ درصد) از تیمار مصرف توأم ازوتوباکتر و قارچ میکوریزا و کم‌ترین محتوای نسبی آب برگ (۷۱/۱۹ درصد) از تیمار عدم مصرف کود (شاهد) به‌دست آمد (شکل ۲). می‌توان گفت که افزایش محتوای نسبی آب برگ احتمالاً باعث می‌شود که میزان باز بودن روزنه‌ها و در نتیجه میزان فتوسنتز افزایش یافته و تولید ماده خشک را افزایش دهد.

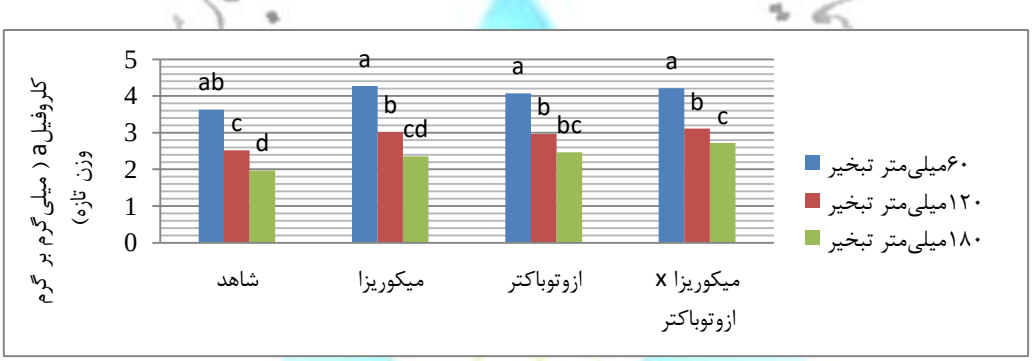


شکل ۱. اثر تنش خشکی بر محتوای نسبی آب



شکل ۲. اثر کودهای بیولوژیکی بر محتوای نسبی آب

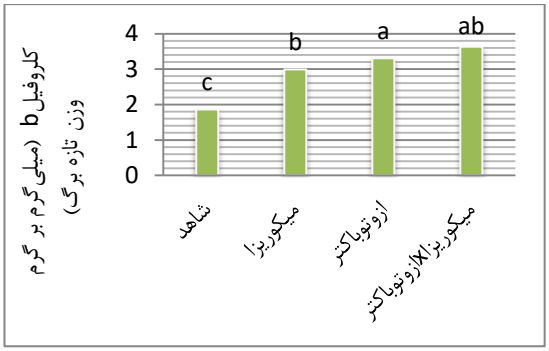
نتایج مقایسه میانگین‌های صفت کلروفیل a نشان داد که کودهای بیولوژیک به‌طور معنی‌داری بر مقدار کلروفیل a تأثیر داشتند و با افزایش سطح تنش، میزان کلروفیل a کاهش یافت. به‌طوری که بیش‌ترین مقدار کلروفیل a (۴/۲۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمارهای آبیاری نرمال (۶۰ میلی‌متر تبخیر) و مصرف توأم ازوتوباکتر و قارچ میکوریزا وکم‌ترین مقدار کلروفیل a (۱/۹۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمارهای تحت تنش شدید (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر) و شاهد (عدم مصرف کود) مشاهده گردید (شکل ۳).



شکل ۳. اثر متقابل کودهای بیولوژیکی و تنش خشکی بر کلروفیل a

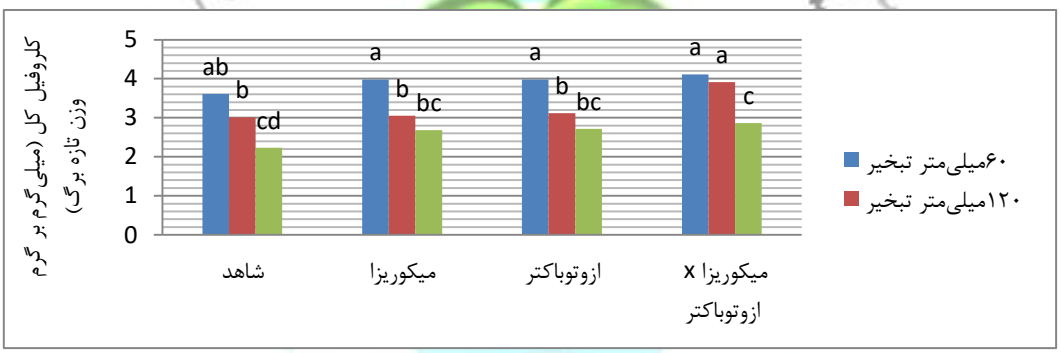
نتایج مقایسه میانگین‌های صفت کلروفیل b نشان داد که کودهای بیلوزیک به‌طور معنی‌داری بر میزان کلروفیل b تأثیر داشتند و با افزایش سطح تنش، میزان کلروفیل b کاهش یافت. به‌طوری که بیش‌ترین مقدار کلروفیل b (۲/۷۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمارآبیاری نرمال (۶۰ میلی‌متر تبخیر) وکم‌ترین مقدار کلروفیل b (۱/۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمار تحت تنش شدید (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر) مشاهده گردید (شکل ۴). مقایسه میانگین‌های صفت مقدار کلروفیل b نشان داد با مصرف کودهای بیولوژیکی مقدار کلروفیل b افزایش یافت. در این میان بیش‌ترین مقدار کلروفیل b (۳/۶۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) از تیمار مصرف توأم ازوتوباکتر و قارچ میکوریزا و کم‌ترین مقدار کلروفیل b (۱/۸۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) از تیمار عدم مصرف کود (شاهد) به‌دست آمد (شکل ۵). افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان تلقیح شده با تلفیق کودهای زیستی می تواند ناشی از افزایش جذب نیتروژن و فسفر باشد، زیرا نیتروژن در ساختمان کلروفیل و اسیدهای آمینه نقش فعالی دارد. از سوی دیگر تبدیل آمونیاک در چرخه فعالیت گلوتامین سنتاز و گلوتامات سنتاز نیز می تواند میزان کلروفیل را به سرعت افزایش دهد (Boyrideh Sheikh *et al.*, 2014).

شکل ۴- اثر تنش خشکی بر میزان کلروفیل b



شکل ۵- اثر کودهای بیولوژیکی بر میزان کلروفیل b

مقایسه میانگین‌های صفت کلروفیل کل نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل برگ (۴/۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمارهای (۶۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف توأم ازوتوباکتر و قارچ میکوریزا) وکم‌ترین میزان کلروفیل برگ (۲/۲۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمارهای (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر و شاهد (عدم مصرف کود) مشاهده گردید (شکل ۶). رنگیزه‌های فتوسنتزی نقش مهمی را از نظر جذب نور و تولید توان احیایی (انرژی) در گیاهان ایفا می‌کنند و شامل طیف وسیعی از رنگدانه‌های مختلف می‌باشند که به‌طور مستقیم غیر مستقیم در فتوسنتز نقش داشته از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به کلروفیل اشاره کرد (Nourzad *et al.*, 2014).



شکل ۶- اثر متقابل کودهای بیبولوژیکی بر میزان کلروفیل کل

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، می‌توان بیان کرد که با اعمال تنش خشکی صفات فیزیولوژیکی مانند محتوای نسبی آب برگ و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی کاهش یافت. اما استفاده از کودهای بیولوژیک به‌طور معنی‌داری صفات مذکور را افزایش داد. بنابراین می‌توان از تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف توأم (ازوتوباکتر+ میکوریزا) در مناطقی که با کمبود آب برای کشاورزی روبرو هستند و کشت و کار گیاهان در شرایط تنش باید انجام گیرد، استفاده نمود.

منابع

Afkari, A. (2018). Effects of drought stress and nitrogen fertilizer rate on some physiological characteristics, essential oil percentage, and yield of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 33(6)*: 1047-1059.

Azzaz NA, Hassan EA and Hamad EH. (2009). The Chemical Constituent and Vegetative and Yielding Characteristics of Fennel Plants Treated with Organic and Bio-fertilizer Instead of Mineral Fertilizer. *Australian Journal of Basic and Applied Sci, 3 (2):* 579 - 87.14.

Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbani, M. and Rezaii, M.B. (2002). The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in (*Satureja hortensis* L.). *Flavor and Fragrance Journal, 17*: 275-277.

Boyrideh Sheikh, A., Mahmoudi Sourestani, M., Zolfaghari, M. and Enayati Zamir, N. (2016). The effect of plant growth promoting rhizobacteria, chemical fertilizer and humic acid on morpho-physiological characteristics of Basil (*Ocimum basilicum* var. *thyrsiflorum*). *Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 26(4)*: 129-142.

Dere, S., Gunes, T. and Sivaci, R. (1998). Spectrophotometric determination of chlorophyll- a, b and total carotenoids contents of some algae species using different solvents. *Botany, 22*: 13-17.

Ghaedi Jashni, M. and Musavi Nik, S.M. (2015). Effects of drought stress and phosphorus fertilizer on the morphological characteristics and amount essential oil of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences, 8(1)*: 65-72. (In Persian)

Hajibagheri, S. and Enteshari, S.h. (2011). Effects of mycorrhizal fungi on some physiological characteristics of salt stressed *Ocimum basilicum* L. *Journal of Plant Physiology, 1*: 215-222.

Kheirandish, E., Roshdi, M. and Yousefzadeh, S. (2016). Effects of water stress and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). *Electronic Journal of Crop Production, 9(1)*: 109-125.

Mohammadi, L., Rizi, S. and Barzgar, R. (2016). Application of mycorrhiza (*Glomus mosseae*) the decrease in salinity in Guinea henna flowers. *Journal of Crops Improvement, 18(2)*: 289-301.

Nourzad, S., Ahmadian, A., Moghaddam, M. and Daneshfar, A. (2014). Effect of drought stress on yield, component yield and essential oil of cilantro under the influence of a variety of organic and chemical fertilizer. *Journal of Crops Improvment, 16(2)*: 289-302.

Smith SE and Read DJ. (2010). Mycorrhizal Symbiosis. 3rd ed., Academic Press, London.

Investigating the effect of biological fertilizers on some physiological characteristics of *(Satureja hortensis* L.) under water stress in Ahar region

Nourollahi, SH[1], Afkari, A[2]*
1. Master's student in Agronomy, Kalibar branch, Islamic Azad University, Kalibar, Iran
2. Department of Agronomy, Kaleibar Branch, Islamic Azad University, Kaleibar, Iran
*Corresponding Author: Afkari@iau.ac.ir

Abstract

In order to evaluate the effect of biological fertilizers on some physiological characteristics of savory under water deficit stress in Ahar region, a factorial experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications in the 2024-2025 crop year. The experiment included irrigation at three levels of 60 mm (normal irrigation), 120 mm (mild stress), and 180 mm (severe stress), evaporation from a class A evaporation pan, and biological fertilizer at four levels (no inoculation (control), inoculation with *Azotobacter* and *mycorrhizal* fungi, inoculation with *mycorrhizal* fungi, and inoculation with *Azotobacter* at a ratio of 1:1 for the combined treatment of *mycorrhizal* fungi and *Azotobacter*). The results of the analysis of variance of the studied traits showed that applying stress on all evaluated traits was significant at the 1% probability level. The results of analysis of variance showed that the interaction of drought stress and fertilizer had no significant effect on chlorophyll a and total chlorophyll at the 1% probability level and on other traits. Based on the results of mean comparisons, less irrigation caused a significant decrease and the type of biological fertilizer caused a significant increase in chlorophyll and relative leaf water content. In general, the results of this experiment showed that the use of biological fertilizers, whether individually or in combination (*Azotobacter* + *mycorrhiza*), compared to the no-use treatment (control), was able to improve all physiological traits both in non-stressed and severe drought stress conditions.

Keywords: Drought stress, Mycorrhizal fungi, Photosynthetic pigments, (*Satureja hortensis* L.).

۲۶شهریورماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی

استخراج پکتین از پوست نرم پسته درحضوراسید سیتریک

آناگل کرکیان[۱]، قدسیه باقرزاده[۲]، نرگس رحیمی[۳*]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند

۲- دانشیارگروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند

۳-استادیارگروه علوم و صنایع غذایی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران

*نویسنده مسئول: nargess.rahimi@iau.ac.ir

چکیده

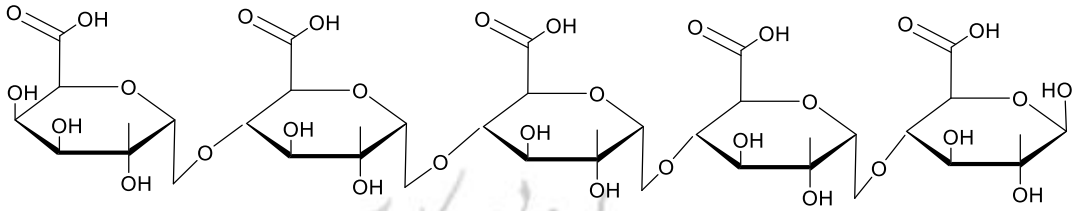
پسته (*Pistacia vera L*) متعلق به‌تیره‌پسته‌ایان (*Anacardiaceous*) می‌باشد. پسته یکی از محصولات کشاورزی ارزشمندست که علاوه بر مصرف داخلی، نقش مهمی در صادرات محصولات غیرنفتی دارد. پکتین هتروپلی‌ساکاریدی است که جزء ساختاری مهم دیواره سلولی‌گیاهان را تشکیل می‌دهد. این هتروپلی‌ساکارید به‌عنوان عامل ژل‌دهنده و پایدارکننده درصنایع غذاییو داروسازی کاربرد دارد. تحقیق حاضرروی پوست نرم پسته محصول یکی ازباغات استان خراسان رضوی انجام شد. در این پژوهش، پکتین از پوست نرم پسته با استفاده از روش اسید سیتریک در شرایط کنترل pH و دما استخراج گردید. این روش می‌تواند به تولید محصولات تبدیلی غذایی و استفاده از ترکیبات مفید پوست پسته کمک کند. نتایج طیف‌سنجی FT-IR و NMR نشان دهنده استخراج موفق این ترکیب بودند. در طیف FT-IR، نوارهای جذبی ظاهرشده در ناحیه ۱۷۴۹ و ۳۴۹۸ cm^{-1} به ترتیب ارتعاش کششی پیوندگروه‌کربونیل و بخش استری را به‌خوبی‌آشکار می‌نمایند. همچنین ارتعاش کششی گروه هیدروکسیل به وضوح قابل مشاهده است. علاوه بر این درجه استریفیکاسیون پکتین استحصالی نیز محاسبه گردید.

واژه‌های کلیدی: استخراج، پکتین، پوست پسته، درجه استریفیکاسیون

مقدمه

درخت پسته اهلی (*Pistacia vera L*) متعلق به تیره سماق یا تیره پَسته‌ایان (*Anacardiaceae*) است. بر اساس آخرین آمار، ایالات متحده آمریکا و ایران با مجموع حدود ۷۰۰۰۰۰ تن در سال (بیش از ۷۰ درصد تولید کل پسته جهان) در کاشت و تولید پسته پیشتاز جهان هستند. علاوه بر این دو کشور، ترکیه، چین و سوریه نیز از جمله کشورهای تولیدکننده پسته هستند. براساس مطالعات انجام شده مشخص شده است که پوست نرم پسته محتوی حدود ۵۰٪ پکتین و سلولز می‌باشد؛ همچنین محتوی پروتئین خام (۲ تا ۱۰ درصد)، دسته‌ای از ترپن‌ها و ترکیبات اسانسی معطر بوده که در صنایع غذایی و دارویی کاربرد دارد. پوست نرم پسته حدود ۵ تا ۹ درصد چربی خام، مواد معدنی از جمله پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم و آهن نیز در ساختار آن وجود دارد. همچنین منبع غنی ترکیبات فنولیک، فلاونوئید، آنتوسیانین و سایر آنتی‌اکسیدان‌هاست که نقش مهمی در خاصیت ضدالتهابی و محافظتی آن دارند (Toghiani et al., 2023). لذا این ماده غذایی مهم که به عنوان دورریز ممکن است به آن توجه شود، منبع قابل توجهی از ترکیبات ارزشمند غذایی می‌باشد و جا دارد که در پروتکل‌های مهم غذایی و دارویی با دیدگاه کاربردی و توسعه‌ای مورد بازنگری قرار گیرد. در کار پژوهشی حاضر از پوست نرم پسته هوموپلی‌ساکارید پکتین به‌دست آمده

است که همان‌طور که به آن اشاره شد یک ترکیب مهم در صنایع غذایی به شمار می‌آید. پکتین به‌طور طبیعی در دیواره سلولی گیاهان و به ویژه در تیغه میانی و دیواره‌های اولیه سلول‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند. که به عنوان یک ماکرومولکول با وزن مولکولی بالا شناخته می‌شود که می‌تواند در اثر پیوند با بعضی از یون‌ها به هیدروژل تبدیل شود و شبکه انعطاف‌پذیری از زنجیره‌های پلیمری را تشکیل دهد. پکتین از مواد پلیمری قندی می‌باشند که ستون اصلی آن را واحدهای متوالی گالاکتورونیک اسید متیل استر تشکیل می‌دهند.



شکل ۱. پکتین (پلیمر آلفا-گالاکتورونیک اسید با تعدادی گروه‌های متیل استر متغیر)

در انواع پکتین بسته به نوع گیاه، واحدهای گالاکتورونیک اسید موجود در برخی مناطق در گروه کربوکسیل خود با استیل یا متیل استری شده‌اند که بر این اساس (درجه استریفیکاسیون) پکتین به دو گروه متفاوت از نظر ساختاری و ویژگی‌های عملکردی تقسیم می‌شود: پکتین با درجه استری بالاتر از ۵۰ درصد و پکتین با درجه استری پایین‌تر از ۵۰ درصد می‌باشد. نحوه استخراج پکتین و نوع گیاه مورد استفاده در درجه استیلاسیون مؤثر است (Riyamol et al ., 2023). استخراج پکتین از پوست سبز پسته به روش‌های مختلفی انجام می‌شودکه شامل استخراج آبی، استخراج به کمک مایکروویو و استخراج با استفاده از امواج اولتراسوند است. جداسازی پکتین از پوست نرم پسته با اسیدهای معدنی نظیر اسید هیدروکلریک و اسید نیتریک نیز انجام می‌شود. این اسیدها به دلیل هزینه پایین‌تر نسبت به اسیدهای آلی انتخاب می‌شوند، اما احتمالا باعث تخریب ساختار پکتین می‌شوند. شرایط استخراج بهینه معمولاً شامل دما و سطوح pH خاصی است (Kazemi et al., 2019). همچنین پکتین بعنوان امولسیفایری کاربردی در صنعت غذا می‌تواند در پایداری بافت انواع آبمیوه‌ها یا فراورده‌هایی از قبیل سس‌کاربرد داشته باشد. هدف از این پژوهش بررسی امکان استحصال پکتین کم متوکسی ازپوست نرم پسته به عنوان نوعی ماده ضایعاتی‌درصنایع تبدیلی کشاورزی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آماده سازی نمونه‌ها: جمع‌آوری، آماده‌سازی و خشک کردن پوست پسته و خردکردن پوست خشک پسته با آسیاب آزمایشگاهی

جداسازی پکتین به کمک اسید سیتریک: بدین منظور ابتدا محلول سیتریک اسید یک مولار تهیه گردید (Barış et al., 2023). سپس ۵ گرم پوست پسته را در اندازه‌های مناسب خرد و آنگاه با آب مقطر و آب دیونیزه شست‌وشو داده و آنزیم‌زدایی انجام شد. در مرحله بعد عصاره‌گیری انجام شد و ۱۲۵ میلی‌لیتر محلول اسید سیتریک اضافه شد. سپس مخلوط را در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۰ دقیقه حرارت دادیم و بعد از سرد شدن با استفاده از کاغذ صافی واتمن و قیف بوخنر صاف کردیم. به منظور حذف ذرات معلق احتمالی در مخلوط واکنش با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ (مدل HETTICH) (ROTOFIX 32A) جداسازی انجام شد. سپس مقدار ۱/۵ برابر حجم عصاره استخراج‌شده، اتانول ۹۶٪ به‌آرامی و به صورت مداوم به عصاره اضافه گردید و این مخلوط به مدت ۴۸ ساعت در

یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. در این مدت، الکل پیوندهای موجود بین آب و پکتین را هیدرولیز کرده و پکتین به شکل ابر یا توده‌های ژله‌ای در محیط مایع رسوب داد. سپس بازده استخراج پکتین محاسبه شد. ویژگی‌های پکتین استخراج‌شده شامل پکتین با درصد متوکسی پایین می‌باشد. استفاده از اسید سیتریک به عنوان حلال استخراج به خاطر سمیت پایین و تأثیر محیطی حداقلی نسبت به اسیدهای معدنی قابل‌توجه است.

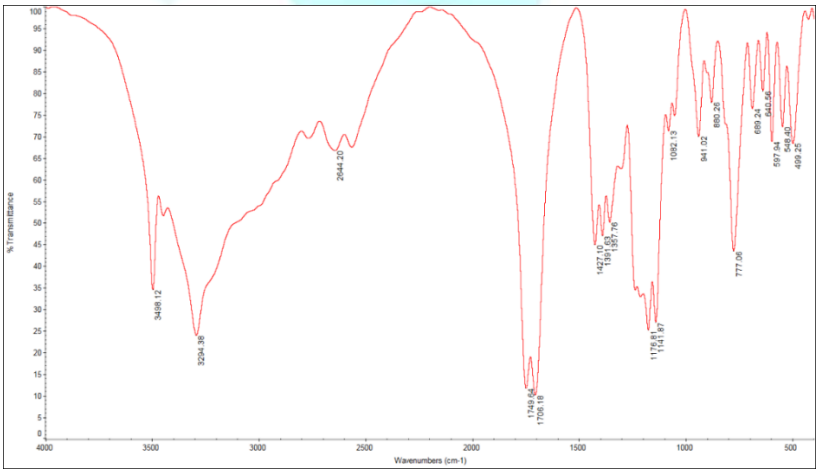
اندازه‌گیری درجه استریفیکاسیون: ۰/۰۲ گرم پکتین خشک داخل ارلن ریخته شد. سپس با ۳ میلی‌لیتر اتانول ۹۶٪ مخلوط گردید و ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد تا انحلال پکتین به مدت ۱ ساعت هم زده شد. بعد از گذشت ۱ ساعت ۵ قطره فنل فتالئین اضافه شد و با سود ۰/۱ مولار تا تشکیل رنگ صورتی تیتر گردید (Hosseini., 2016).

آنالیز طیف‌سنجی مادون‌قرمز: آنالیز در محدوده فرکانسی ۴۰۰۰ تا ۴۰۰ cm^{-1} انجام می‌گیرد که به شناسایی گروه‌های عاملی و پیوندهای شیمیایی موجود در پکتین پرداخت. این روش به بررسی ساختار مولکولی و ویژگی‌های شیمیایی پکتین کمک می‌کند و امکان شناسایی دقیق گروه‌های عاملی آن را فراهم می‌آورد.

آنالیز HNMR: طیف‌سنجی رزونانس مغناطیسی هسته‌ای پروتون یکی از مهم‌ترین روش‌های طیف‌سنجی برای شناسایی ساختار ترکیبات آلی است که بر اساس بررسی هسته‌های هیدروژن در مولکول انجام می‌شود. از این روش برای تعیین ساختار پکتین جداسازی‌شده استفاده گردید.

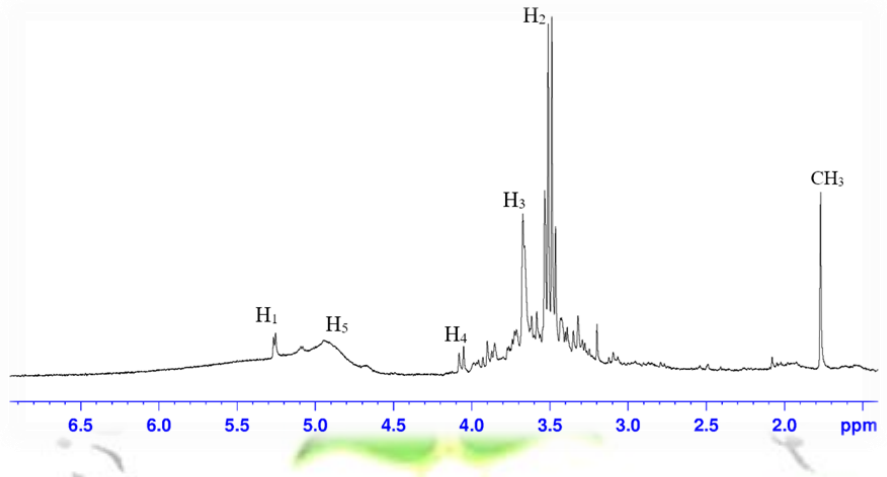
نتایج و بحث

طیف‌سنجی مادون‌قرمز: همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، یک نوار جذبی بسیار پهن در محدوده ۳۵۰۰-۲۵۰۰ cm^{-1} به همراه یک نوار جذبی بسیار قوی در ناحیه ۱۷۰۶ cm^{-1} مشخصه وجود گروه عاملی کربوکسیلیک اسید است (COOH-)؛ که به ترتیب مربوط به ارتعاشات کششی پیوند C=O (کربونیل) و جذب کششی پیوند O-H کربوکسیلیک اسید می‌باشد؛ و پهن‌شدگی طیف در محدوده ۲۵۰۰-۳۵۰۰cm^{-1} به علت پیوند هیدروژنی قوی بین‌مولکولی در گروه‌های کربوکسیلیک اسید است. قله‌های جذب قوی ظاهرشده که در نواحی ۱۱۴۱ cm^{-1}، ۱۱۷۶ cm^{-1} و ۱۳۰۰-۱۲۰۰ cm^{-1} نیز ناشی از ارتعاشات کششی پیوند در گروه‌های عاملی اتر آلیفاتیک استر و کربوکسیلیک اسید است.



شکل ۲. طیف مادون‌قرمز پکتین استخراج‌شده از پوست نرم پسته

آنالیز HNMR: در طیف به‌دست‌آمده، پیک‌های مشخصی در مقادیرمختلف ppm مشاهده‌شد که به گروه‌های خاصی از هیدروژن‌ها در ترکیبات شیمیایی اشاره دارند. این پیک‌ها به ترتیب مربوط به تعداد زیادی پیک با ۵/۲۷، ۴/۹۵، ۴/۰۵، ۳/۶۷ و ۳/۵۱ ppm به ترتیب مربوط به H-1, H-5, H-4, H-3, H-2 است. همچنین، سیگنال در ۳/۸۱ ppm به گروه‌های متوکسی نسبت داده شده است. وجود این پیک‌های متعدد احتمالاً ناشی از وجود گلوکز و گزیلوز است که به همراه استخراج همی‌سلولز از دیواره سلولی گیاهان مشاهده می‌شود. همی‌سلولز یکی از اجزای اصلی دیواره سلولی گیاهان است و ترکیبی از پلی‌ساکاریدهای مختلف را شامل می‌شود که نقش مهمی در ساختار و استحکام دیواره سلولی ایفا می‌کند.



شکل ۳. طیف HNMR پکتین استخراج شده از پوست پسته در حلال D_2O

پارامترهای مهم در فرآیند استخراج پکتین شامل زمان، pH و دما تأثیرات مختلفی بر راندمان پکتین دارد. دراین پژوهش با استفاده از سیتریک اسید یک مولار در دمای اتاق، زمان استخراج ۲۰ دقیقه و pH= ۱/۷۴ پکتین کم متوکسی با درجه استریفیکاسیون ۵۰ و با بازده ۳/۳۳٪ استخراج شد . نتایج حاصل از طیف‌سنجی IR و NMR نیز مبین به‌دست آوردن این ماده است. طیف‌های جذبی برای گروه‌های عاملی متعدد از قبیل کربونیل و متوکسی قابل مشاهده بودند. همچنین در طیف NMR این ترکیب یک پیک در ناحیه ۳/۵۱ ppm وجود دارد که ازگروه متیل ال-رامنوز مشتق شده است. یک پیک بسیار بزرگ در ناحیه ۴/۸۳ppm از گروه‌های متیلی متصل به گروه‌های کربوکسیل گالاکتورونیک اسید نسبت داده می‌شود. پکتین استخراج‌شده از منابع گیاهی مختلف با توجه به درجه استری شدن متفاوت می‌باشد. به عنوان مثال پکتین از پوست پرتقال به رنگ سفید و پوست سیب به رنگ متمایل به زرد می‌باشد. رنگ پکتین استخراج‌شده توسط سیتریک اسید سفید مایل به زرد می‌باشد.

منابع

Barış, S., Elik, A., Göğüş, F., & Yanık, D. K. (2023). Pistachio hull as an alternative pectin source: Its extraction and use in oil in water emulsion system. Preparative Biochemistry & Biotechnology, 53(4), 433-442.

Hosseini, S. S., Khodaiyan, F., & Yarmand, M. S. (2016). Optimization of microwave assisted extraction of pectin from sour orange peel and its physicochemical properties. Carbohydrate polymers, 140, 59-65.

Kazemi, M., Khodaiyan, F., Labbafi, M., Hosseini, S. S., & Hojjati, M. (2019). Pistachio green hull pectin: Optimization of microwave-assisted extraction and evaluation of its physicochemical, structural and functional properties. Food chemistry, 271, 663-672.

Riyamol, Gada Chengaiyan, J., Rana, S. S., Ahmad, F., Haque, S., & Capanoglu, E. (2023). Recent advances in the extraction of pectin from various sources and industrial applications. ACS omega, 8(49), 46309-46324.

Toghiani, J., Fallah, N., Nasernejad, B., Mahboubi, A., Taherzadeh, M. J., & Afsham, N. (2023). Sustainable pistachio dehulling waste management and its valorization approaches: A review. Current Pollution Reports, 9(1), 60-72

Using the Citric Acid Method for the Separation of Pectin from Soft Pistachio Skin

Anagol Korkian[1], Ghodsiye Bagherzadeh[2], Nargess Rahimi[*3]
1. M.Sc. Graduate, Department of Chemistry, Faculty of Science, Birjand University, Iran.
2. Associate Professor , Department of Chemistry, Faculty of Science, Birjand University, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Bi.C., Islamic Azad University, Birjand, Iran.
Corresponding Author: nargess.rahimi@ iau.ac.ir

Abstract

The cultivated pistachio tree (Pistacia vera L.)belongs to the pistachio family (Anacardiaceae). Pistachio is one of the valuable agricultural products that, besides domestic consumption, plays an important role in the export of non-oil products. Pectin is a heteropolysaccharide that constitutes an important structural component of the plant cell wall. This heteropolysaccharide is used as a gelling agent and stabilizer in the food and pharmaceutical industries.The present study was conducted on the soft shell of pistachios from an orchard in Khorasan Razavi province. In this research, pectin was extracted from the soft shell of pistachios using the citric acid method under controlled pH and temperature conditions.The citric acid method is a safe and environmentally friendly technique that is preferred over acids such as hydrochloric acid. This method can contribute to the production of value-added food products and the utilization of beneficial compounds from pistachio shells. The extracted pectin was analyzed using spectroscopic methods. The resultsof FT-IR and NMR spectroscopy indicated successful extraction of this compound. In the FT-IR spectrum, absorption bands appearing at 1749 cm^{-1} and 1348 cm^{-1} correspond respectively to the stretching vibrations of the carbonyl group and the ester portion, clearly revealing their presence. The stretching vibration of the hydroxyl group is also distinctly visible. Additionally, the degree of esterification of the extracted pectin was calculated.

Keywords: Degree of Esterification, Extraction, Pectin, Pistachio Shell

۲۶شهریورماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی

اثر کودهای زیستی و تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژیکی و مقدار پرولین برگ مرزه در منطقه اهر

شهلا نورالهی[۱]، احمد افکاری[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

۲- گروه زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

[*]نویسنده مسئول: Afkari@iau.ac.ir

چکیده

به‌منظور ارزیابی تأثیر کودهای زیستی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک مرزه تحت تنش خشکی در منطقه اهر، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ انجام شد. آزمایش شامل آبیاری در سه سطح ۶۰ میلی‌متر (آبیاری نرمال)، ۱۲۰ میلی‌متر (تنش ملایم) و ۱۸۰ میلی‌متر (تنش شدید) تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و کود زیستی در چهار سطح (عدم تلقیح (شاهد)، تلقیح با *ازوتوباکتر* و قارچ میکوریزا، تلقیح با قارچ میکوریزا و تلقیح با *ازوتوباکتر* با نسبت ۱:۱ برای تیمار ترکیبی قارچ میکوریزا و *ازوتوباکتر*) اجرا شد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی تنش حشکی و کودهای زیستی بر صفات مورد مطالعه معنی‌دار شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تنش خشکی و کودهای زیستی بر صفات مورد مطالعه اثر معنی‌داری نداشتند. نتایج نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی بر میزان تجمع پرولین در بافت سبز برگ افزوده شد به‌طوریکه بیش‌ترین میزان پرولین با میانگین (۰/۶۹۶ میکرومول در گرم وزن تر) از تیمار آبیاری ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین مقدار پرولین با میانگین (۰/۳۹۸ میکرومول در گرم وزن تر) از تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیربه‌دست آمد. هم‌چنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقدار پرولین با میانگین (۰/۶۸۱ میکرومول در گرم وزن تر) از تیمار مصرف توأم (*ازوتوباکتر*+ میکوریزا) و کم‌ترین مقدار پرولین با میانگین (۰/۴۰۴ میکرومول در گرم وزن تر) از تیمار عدم تلقیح به‌دست آمد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک ریشه (۰/۷۴گرم)، برگ (۴۰۳/۷۰کیلوگرم در هکتار)، ساقه (۴۱/۱۳ گرم) مربوط به سطح (۷۰ میلی‌متر تبخیر) بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که مصرف کودهای زیستی به‌طور معنی‌داری بر وزن خشک اندام‌های هوایی تأثیر داشت. به طورکلی، نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف کودهای بیولوژیک چه به‌صورت منفرد و یا مصرف توأم (*ازوتوباکتر*+ میکوریزا) در مقایسه با تیمار عدم مصرف (شاهد)، توانست کلیه صفات مورفولوژیکی را هم در شرایط بدون تنش و هم در شرایط تنش شدید خشکی ارتقاء دهد.

واژه‌های کلیدی: اندام‌های هوایی، پرولین، تنش کم‌آبی، قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار، گیاه دارویی.

مقدمه

مرزه گیاهی است از خانواده نعناع که در بسیاری از نقاط دنیا به عنوان سبزی، گیاهی ادویه ای و آشپزخانه ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. اندام هوایی گل‌دار مرزه در طب سنتی با اثرات شناخته شده ضد نفخ، ضد دل درد، ضد از کرم، مقوی معده، محرک و خلط آور به کار می‌رود (Hajhashemi *et al.*, 2000). در حال حاضر بشر با دخالت‌های غیر

متعارف خود نظیر مصرف مداوم سموم و کودهای غیر طبیعی و یا استفاده از ادو ات و نهادهای مصنوعی، صدمات شدیدی به سیستم‌های زراعی و محیط زیست تحمیل کرده است. یکی از شیوه‌های شایسته در دستیابی به اهداف نقش به سزایی در تامین غذایی گیاهان و همچنین حفاظت از آنها بر عهده دارند و در این ارتباط همزیستی و همراهی میکوریزایی یکی از روش‌های مهم جهت توسعه و تکمیل کشاورزی پایدار است (Askary *et al.*, 2017). در دهه‌های گذشته نظام‌های کشاورزی رایج که به نهاده‌های خارجی و از جمله موادشیمیایی کاملا متکی بوده اند، در تولید محصولات زراعی نقش چشمگیری داشته‌اند. قارچ‌های میکوریزا از عوامل ضروری در سیستم پایدار خاک گیاه محسوب می‌شوند (Smith and Read, 2008). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هم‌چنین باعث کاهش جذب آب توسط سیستم ریشه گیاه، کاهش تعرق، کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز و همچنین به‌هم خوردن موازنه هورمونی در گیاه می‌گردد (Kheirandish *et al.*, 2016). قارچ‌های میکوریزایوزیکولار– آربوسکولار در سال‌های اخیر برای مقابله با کم آبی و تنش‌های خشکی در بسیاری از گیاهان مورد استفاده قرار گرفته است (Mohammadi *et al.*, 2016). نتایج پژوهش‌ها نشان داد که امکان استفاده از کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی رشد رویشی گیاه رازیانه در تیمارهای کود زیستی افزایش یافت (Azazz *et al.*, 2009). نتایج پژوهش‌ها نشان دادند که با افزایش شدت تنش خشکی تمام صفات رویشی از قبیل تعداد برگ، مساحت سطح و وزن خشک برگ، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، وزن خشک ساقه، طول و وزن خشک ریشه در گیاه مرزه کاهش یافت؛ به‌طوری که بیشترین مقادیر برای تمامی این صفات در تیمار آبیاری کامل حاصل شد و کمترین مقادیر نیز در شرایط تنش آبی شدید (درصد رطوبت ظرفیت مزرعه) به‌دست آمد (Ghaedi Jashni and Musavi Nik, 2015). بنابراین، پژوهش حاضر، به‌منظور بررسی اثر کودهای بیولوژیک بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاه دارویی مرزه تحت تنش خشکی در منطقه اهر اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تأثیر کودهای زیستی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک مرزه تحت تنش خشکی در منطقه اهر، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ انجام شد. آزمایش شامل آبیاری در سه سطح ۶۰ میلی‌متر (آبیاری نرمال)، ۱۲۰ میلی‌متر (تنش ملایم) و ۱۸۰ میلی‌متر (تنش شدید) تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و کود بیولوژیک در چهار سطح (عدم تلقیح (شاهد)، تلقیح با *ازوتوباکتر* و قارچ *میکوریزا*، تلقیح با قارچ *میکوریزا* و تلقیح با *ازوتوباکتر* با نسبت ۱:۱ برای تیمار ترکیبی قارچ *میکوریزا* و *ازوتوباکتر*) اجرا شد. کود بیولوژیک مایع (نیتروکسین) به میزان ۲ لیتر در هکتار به‌خوبی در سایه با بذر آغشته گردید. به منظور تلقیح بذور به باکتری ازتوباکتر، ابتدا بذرها را با صمغ عربی و باکتری ازتوباکتر به‌طور کامل مخلوط کرده و به هم زده تا سطح تماس صمغ عربی و باکتری با بذر مرزه افزایش یابد، تلقیح بذور با باکتری محرک رشد در شرایط تاریکی انجام شد. بذر مرزه از توده بومی شهر اهر و قارچ از میکوریزا از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد. هر کرت آزمایشی شامل ۶ ردیف کاشت به طول ۳ متر، با فاصله ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بوته‌ها به فاصله ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف در عمق ۶ سانتی‌متر کشت شدند. نظر گرفته شد. کاشت در نیمه اول اردیبهشت ۱۴۰۴ به‌روش دستی انجام شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل وزن خشک ریشه، ساقه و برگ گیاه مرزه بود. برای اندازه‌گیری پرولین برگ، ۰/۵ گرم از نمونه‌های برگ تَر در ۱۰ میلی‌متر اسید سولفوسالیسیلیک ۳٪ به وسیله هاون، هموژن شده و عصاره حاصل صاف گردید. ۲ میلی‌لیتر اسید استیک و ۲ میلی‌لیتر ناین هیدرین به ۲ میلی‌متر از عصاره صاف شده فوق، اضافه شد. محلول

حاصل به مدت یک ساعت در حمام آب و در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. غلظت پرولین نمونه‌ها در تولوئن با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر و در نهایت با توجه به منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف پرولین، بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تَر محاسبه شد (Bates *et al.*, 1973). تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری سس نسخه ۹/۱، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده کود زیستی و تنش خشکی بر تمامی صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل کودهای زیستی و تنش خشکی بر هیچ یک از صفات مورد ارزیابی تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه مرزه در واکنش از کود زیستی و تنش خشکی

منابع تغییرات		میانگین مربعات			
	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه	مقدار پرولین
تکرار	۲	^{ns}۱۲۳/۲۳۱	^{ns}۲۱۷/۰۷	^{ns}۹۳/۱۲۳	^{ns}۰/۰۱۷
تنش خشکی	۲	۲/۱۷**	۱۱/۶۵**	۱/۳۶**	۱/۱۴۵**
کود	۳	۱/۰۸**	۴/۸۲*	۰/۹۷**	۰/۲۶۳**
کو× تنش خشکی	۶	^{ns}۰/۰۹	^{ns}۳/۸۱	^{ns}۰/۷۲	^{ns}۰/۰۰۹
خطای آزمایش	۲۲	۰/۰۶	۰/۴۱۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات (٪)		۸/۶۱	۹/۷۲	۱۰/۴۸	۱۲/۲۷

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار

نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر پرولین نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی بر میزان تجمع پرولین در بافت سبز برگ افزوده شد. بنابراین بیش‌ترین میزان پرولین با میانگین (۰/۶۹۶ میکرومول در گرم وزن تر) از تیمار آبیاری ۱۸۰میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین مقدار پرولین با میانگین (۰/۳۹۸ میکرومول در گرم وزن تر) از تیمار آبیاری معمولی بدون تنش (۶۰ میلی‌متر تبخیر) به‌دست آمد (جدول ۲). بنابراین می‌توان بیان نمود که با کاهش رطوبت خاک، میزان پرولین افزایش می‌یابد. نتایج مشابهی را در ریحان با کاهش رطوبت خاک بر میزان پرولین گزارش داده‌اند (Hassani *et al.*, 2008). هم‌چنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقدار پرولین با میانگین (۰/۶۸۱ میکرومول در گرم وزن تر) از تیمار مصرف توأم (*ازوتوباکتر*+ میکوریزا) و کم‌ترین مقدار پرولین با میانگین (۰/۴۰۴ میکرومول در گرم وزن تر) از تیمار عدم تلقیح به‌دست آمد (جدول ۲). طبق نتایج حاصله با اعمال تنش کمبود آب وزن خشک برگ کاهش یافت. بیش‌ترین وزن خشک برگ (۴۵۲/۳۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به سطح ۷۰ میلی‌متر تبخیرو کم‌ترین وزن خشک برگ (۳۲۴/۷۱) مربوط به سطح ۲۱۰ میلی‌متر تبخیربود. نتایج مقایسه میانگین‌های صفت وزن خشک برگ نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک برگ (۴۹۸/۳۴ کیلوگرم در هکتار) از تیمار میکوریزا+ *ازوتوباکتر* و کم‌ترین وزن خشک برگ (۳۳۳/۷۲ کیلوگرم در هکتار) از تیمار عدم تلقیح به‌دست آمد (جدول ۲). کاهش وزن خشک ریشه، ساقه و برگ و ارتفاع بوته گیاهان لوبیا، ریحان و مرزه را در شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند (Baher *et al.*, 2002).

پیشنهاد شده است که رشد کم، یک حالت سازگارکننده برای زنده ماندن گیاه در شرایط تنش است، به این دلیل که گیاه، مواد غذایی و انرژی را به جای استفاده برای رشد شاخساره، به سمت مولکول‌های نگهداری کننده در برابر تنش، هدایت می‌کند (Khalid, 2006). نتایج مقایسات میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک ریشه (۱/۳۶ گرم) مربوط به سطح ۷۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین وزن خشک ریشه (۰/۳۷ گرم) مربوط به سطح ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر بود. هم‌چنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک ریشه (۱/۶۲) از تیمار *میکوریزا+ ازوتوباکتر* و کم‌ترین وزن خشک ریشه (۰/۳۵) از تیمار عدم تلقیح به‌دست آمد. طبق نتایج حاصله با اعمال تنش کمبود آب وزن خشک برگ کاهش یافت. بیش‌ترین وزن خشک ساقه (۴۹/۷۸ گرم) مربوط به سطح ۷۰ میلی‌متر تبخیرو کم‌ترین وزن خشک ساقه (۳۳/۱۳ گرم) مربوط به سطح ۲۱۰ میلی‌متر تبخیربود. هم‌چنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک ساقه (۵۲/۲۶) از تیمار *میکوریزا+ ازوتوباکتر* و کم‌ترین وزن خشک ساقه (۳۴/۷۴) از تیمار عدم تلقیح به‌دست آمد. با افزایش شدت تنش خشکی ناشی از افزایش فواصل آبیاری، از میزان وزن خشک بخش هوایی بوته کاسته شد.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثرات ساده کودهای بیولوژیک و تنش خشکی بر صفات مورد ارزیابی

تیمار	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)
تنش خشکی (میلی‌متر)				
۷۰	۴۵۲/۳۲a	۴۹/۸۷a	۱/۳۶a	۰/۳۹۸c
۱۴۰	۴۰۱/۲۷b	۴۴/۸۱b	۰/۷۷b	۰/۵۱۵b
۲۱۰	۳۲۴/۷۱c	۳۳/۱۳c	۰/۳۷C	۰/۶۹۶a
کودهای بیولوژیک				
عدم تلقیح	۳۳۳/۷۲d	۳۴/۳۴d	۰/۳۵d	۰/۴۰۴d
ازوتوباکتر	۴۴۷/۶۷b	۴۸/۲۷b	۱/۰۸b	۰/۴۸۳c
میکوریزا	۴۰۹/۷۰c	۴۳/۳۳c	۰/۷۹c	۰/۵۴۴bc
میکوریزا+ ازوتوباکتر	۴۹۸/۳۴a	۵۲/۲۶a	۱/۶۲a	۰/۶۸۱a

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که شدت تنش خشکی باعث کاهش مقدار وزن خشک اندام‌های گیاهی و افزایش میزان پرولین برگ شد. در این پژوهش استفاده از ترکیب تیمار *میکوریزا+ ازوتوباکتر* نسبت به شاهد (عدم تلقیح) مثبت ارزیابی شد.

منابع

Afkari, A. (2018). Effects of drought stress and nitrogen fertilizer rate on some physiological characteristics, essential oil percentage, and yield of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 33(6)*: 1047-1059.

Askary, M., Talebi, S.M., Amini, F. and Bangan, A.D.B. (2017). Effects of iron nanoparticles on Mentha piperita L. under salinity stress. *Biologija. 63(1)*, 65-75.

Azzaz NA, Hassan EA and Hamad EH. (2009). The Chemical Constituent and Vegetative and Yielding Characteristics of Fennel Plants Treated with Organic and Bio-fertilizer Instead of Mineral Fertilizer. *Australian Journal of Basic and Applied Sci, 3 (2):* 579 - 87.14.

Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbani, M. and Rezaii, M.B. (2002). The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in (*Satureja hortensis* L.). *Flavor and Fragrance Journal, 17*: 275-277.

Bates, L S., Waldern, R.P. and Tear, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.

Ghaedi Jashni, M. and Musavi Nik, S.M., 2015. Effects of drought stress and phosphorus fertilizer on the morphological characteristics and amount essential oil of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences, 8(1)*: 65-72. (In Persian)

Hajhashemi, V., Sadraei, H., Ghannadi, A.R., and Mohseni, M. 2000. Antispasmodic and anti- diarrhoel effect of *Satureja hortensis* L. essential oil. *Journal of Ethnopharmacology* 71: 187-192.

Hassani, A., Omidbaigi, R., and Heidarisharif Abad, H. (2008). Effect of different soil moisturelevels on growth, yield and accumulation of compatible solutes in Basil (*Ocimumbosilicus* L.). *Journal of Water and Soil. 17*: 210-219.

Kheirandish, E., Roshdi, M. and Yousefzadeh, S. (2016). Effects of water stress and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). *Electronic Journal of Crop Production, 9(1)*: 109-125.

Maassoumi, A. ((2010). Effect of drought stress on morpho-physiological parameters indigenous double mass of Kochia under field and greenhouse. Thesis Submitted for the Degree of Philosophy (Ph.D.) in Agronomy Department of Agronomy Faculty of Agriculture Ferdowsi Mashhad University, Mashhad.

Mohammadi, L., Rizi, S. and Barzgar, R. (2016). Application of mycorrhiza (*Glomus mosseae*) the decrease in salinity in Guinea henna flowers. *Journal of Crops Improvement, 18(2)*: 289-301.

Smith SE and Read DJ. (2010). Mycorrhizal Symbiosis. 3rd ed., Academic Press, London.

The effect of biofertilizers and drought stress on some morphological traits and proline content of *(Satureja hortensis* L.) in Ahar region

Nourollahi, SH[1], Afkari, A[2]*
1. Master's student in Agronomy, Kalibar branch, Islamic Azad University, Kalibar, Iran
2. Department of Agronomy, Kaleibar Branch, Islamic Azad University, Kaleibar, Iran
*Corresponding Author: Afkari@iau.ac.ir

Abstract

In order to evaluate the effect of biofertilizers on some morphological characteristics of savory under drought stress in Ahar region, a factorial experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications in the 2024-2025 crop year. The experiment included irrigation at three levels of 60 mm (normal irrigation), 120 mm (mild stress), and 180 mm (severe stress), evaporation from a class A evaporation pan, and biofertilizer at four levels (no inoculation (control), inoculation with *Azotobacter* and *mycorrhizal* fungi, inoculation with mycorrhizal fungi, and inoculation with Azotobacter at a ratio of 1:1 for the combined treatment of *mycorrhizal* fungi and *Azotobacter*). According to the results of analysis of variance, the main effect of drought stress and biofertilizers on the studied traits was significant. The results of analysis of variance showed that the interaction of drought stress and biofertilizers had no significant effect on the studied traits. The results showed that increasing the level of drought stress increased the accumulation of proline in the green leaf tissue, so that the highest proline content with an average of (0.696 micromoles per gram of fresh weight) was obtained from the irrigation treatment of 180 mm evaporation and the lowest proline content with an average of (0.398 micromoles per gram of fresh weight) was obtained from the treatment of 60 mm evaporation. The results also showed that the highest proline content with an average of (0.681 micromoles per gram of fresh weight) was obtained from the combined treatment (*Azotobacter* + *mycorrhiza*) and the lowest proline content with an average of (0.404 micromoles per gram of fresh weight) was obtained from the treatment of no inoculation. The results showed that the highest dry weight of roots (0.74 g), leaves (403.70 kg/ha), and stems (41.13 g) were related to the surface (70 mm evaporation). Comparison of mean data showed that the use of biofertilizers had a significant effect on the dry weight of aerial organs. In general, the results of this experiment showed that the use of biofertilizers, either individually or in combination (*Azotobacter* + *mycorrhiza*), compared to the non-use treatment (control), was able to improve all morphological traits both in non-stressed and severe drought stress conditions.

Keywords: Aerial parts, *Arbuscular mycorrhizal* fungi, Drought stress, Medicinal plants, Proline.

سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

اثر محلول‌پاشی کلرمکوات‌کلراید بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و محتوای نسبی آب ریحان در شرایط تنش خشکی

مهدی مشفقی[۱]، احمد افکاری[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

۲- گروه زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

[*]نویسنده مسئول: Afkari@iau.ac.ir

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر محلول‌پاشی کلرمکوات‌کلراید بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و محتوای نسبی آب گیاه ریحان در شرایط تنش خشکی در منطقه تبریز، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش خشکی (۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A) و فاکتور دوم شامل محلولپاشی با سایکوسل در چهار سطح (عدم مصرف، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که اعمال تنش بر تمام صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تنش خشکی و کود بر صفات کلروفیل a، کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشتند. نتایج برهمکنش تنش خشکی و سایکوسل نشان داد که بیش‌ترین مقدار کلروفیل a (۳/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ)، کلروفیل کل (۴/۳۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) و محتوای نسبی آب با میانگین (۷۵/۶۲ درصد) در تیمارهای (۶۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف ۱۵۰۰ میلی‌مولار سایکوسل) وکم‌ترین میزان کلروفیل a (۱/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ)، میزان کلروفیل کل (۱/۸۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) و محتوای نسبی آب با میانگین (۵۷/۱۳ درصد) در تیمارهای (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر و شاهد (عدم مصرف سایکوسل) مشاهده گردید. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که محلول‌پاشی گیاه با غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل موجب تعدیل وضعیت گیاه در برابر تنش خشکی شد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، سایکوسل، کلروفیل، گیاه دارویی و محتوای نسبی آب.

مقدمه

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی یکساله علفی و معطر از تیره نعنائیان می‌باشد. ریحان دارای ساقه منشعب از قاعده و به ارتفاع ۱۵ تا ۴۵ سانتی‌متر، برگ‌ها متقابل، بیضوی، نوک تیز با کناره دندانه دار و گل‌هایی معطر به رنگ‌های سفید گلی و گاهی بنفش و مجتمع به‌صورت دسته‌های ۴ تا ۶ تایی در طول قسمت انتهایی ساقه قرار دارند (Boyrideh Sheikh *et al.*, 2016). تنش‌های زیستی و غیرزیستی از عوامل اصلی کاهش عملکرد محسوب می‌شوند (Afkari, 2018). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هم‌چنین باعث کاهش جذب آب توسط سیستم ریشه گیاه، کاهش تعرق، کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز و هم‌چنین به هم خوردن موازنه هورمونی در گیاه می‌گردد (Kheirandish *et al.*, 2016). سایکوسل یک

کندکنندهٔ رشد مصنوعی گیاه و یکی از مشتقات کولین است که بدون این که اثری بر میزان تنفس گیاه داشته باشد موجب افزایش مقاومت آن به تنش خشکی می‌گردد. سایکوسل با اختلال در مسیر چرخه ساخته شدن جیبرلیک اسید مانع از فعالیت آنزیم اِنت کائورن سنتتاز شده و ارتفاع گیاه را کاهش می‌دهد (Shekoofa and Emam, 2008). گزارش شده که کاربرد سایکوسل تا حدی کاهش رشد، عملکرد و برخی صفات بیوشیمیایی را تعدیل می‌کند. اثرات تعدیلی سایکوسل می‌تواند به دلایل مختلفی مانند بسته شدن روزنه، افزایش محتوای کلروفیل، افزایش غلظت CO_2 و تغییرات تحریک کنندگی در سایر ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی باشد (Zand *et al.*, 2017). سایکوسل هم‌چنین می‌تواند موجب تحریک رشد ریشه، کاهش تعرق، افزایش کارایی مصرف آب، جلوگیری از تخریب کلروفیل و در نتیجه و بهبود تحمل گیاه به تنش گردد (Weisany *et al.*, 2012). بنابراین، پژوهش حاضر، به‌منظور بررسی اثر سایکوسل بر برخی صفات فیزیولوژیکی گیاه دارویی ریحان تحت تنش خشکی در منطقه تبریز اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثر محلول‌پاشی کلرمکوات‌کلراید بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و محتوای نسبی آب گیاه ریحان در شرایط تنش خشکی در منطقه تبریز، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش خشکی (۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A) و فاکتور دوم شامل محلول‌پاشی با سایکوسل در چهار سطح (عدم مصرف، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل) بود. قبل از اجرای طرح بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی خاک، کود شیمیایی قبل از کشت ریحان به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کود فسفره P_2O_5 به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات‌تریپل و کود پتاس به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم (K_2SO_4) به‌عنوان کود پایه، به‌صورت یکسان به زمین داده شد.کاشت در نیمه اول اردیبهشت ۱۴۰۴ به‌روش دستی انجام شد. در درون هر کرت فاصله بین ردیف‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. جهت اعمال تیمار خشکی، ۱۰ روز بعد از جوانه زنی و استقرار کامل گیاهچه‌ها در سطح خاک با استفاده از دستگاه (Time Domain Reflectometry TDR) میزان رطوبت خاک تعیین و آبیاری براساس تیمارهای آزمایش در کل دوره رشد انجام شد. هر کرت آزمایشی دارای ۴ ردیف با فاصله کشت ۲۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۴ سانتی‌متر به‌طول ۳ متر بود. پس از سبز شدن و استقرار کامل گیاه، تنک بوته‌ها در طی دو مرحله (۳-۲ و ۴-۳ برگی) انجام شد. آبیاری تا زمان ۶-۴ برگی به‌طور منظم انجام گرفت و پس از آن، تیمار آبیاری اعمال گردید. محلول‌پاشی در سه مرحله از ۳۰ روز بعد از کشت به فاصله هر ۱۰ روز انجام گردید. برای اندازه‌گیری محتوای رنگدانه‌های کلروفیل ۲۰۰ میلی‌گرم برگ تازه با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده شد و محلول حاصل به مدت پنج دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ اندازه‌گیری شدند. سپس جذب محلول رویی در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۴ و ۴۷۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. محتوای نسبی آب، میزان کلروفیل آ، ب و کلروفیل کل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ با استفاده از رابطه‌های ۱ تا ۳ محاسبه شدند (Afkari,2018., Dere *et al.*, 1998).

رابطه ۱: $RWC= (Fw-Dw)/ (Sw-Dw) \times 100$

رابطه ۲: $Chlorophyllb= 27.05A653 -11.21A666$

رابطه ۴: $Chlorophylla= 15.65A666 -7.340A653$

رابطه۳: $ChlorophyllT= Chlorophylla+ Chlorophyllb$

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری سس نسخه ۹/۱، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات محلول‌پاشی و تنش خشکی بر تمامی صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال ۵٪ و برهمکنس محلول‌پاشی و تنش کم‌آبی بر صفات محتوای نسبی آب برگ کلروفیل a و کلروفیل کل در سطح احتمال ۵٪ تأثیر معنی‌داری داشتند اما بر روی کلروفیل b تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس صفات ارزیابی شده ریحان تحت تأثیر تنش خشکی و سایکوسل

منابع تغییرات		میانگین مربعات			
	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	محتوای رطوبت نسبی
تکرار	۲	۰/۰۰۰۴ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۰۳ ns	۴۵۲/۷۷ ns
تنش خشکی	۲	۲۶۷/۱۷*	۰/۰۰**	۰/۲۲*	۳۶۳/۰۱*
کود	۳	۰/۴۱۸*	۰/۰۰۸**	۰/۰۷*	۱۸۴/۱۱*
کو× تنش خشکی	۸	۰/۰۲۳*	۰/۰۴ ns	۰/۰۹*	۳۵/۸۲*
خطای آزمایش	۲۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۱/۳۸
ضریب تغییرات (٪)		۹/۵۴	۱۰/۴۱	۹/۴۸	۹/۲۷

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار

نتایج مقایسه میانگین‌های صفت کلروفیل b نشان داد که کودهای بیلوزیک به‌طور معنی‌داری بر میزان کلروفیل b تأثیر داشتند و با افزایش سطح تنش، میزان کلروفیل b کاهش یافت. به‌طوری که بیش‌ترین مقدار کلروفیل b (۲/۷۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمارآبیاری نرمال (۶۰ میلی‌متر تبخیر) وکم‌ترین مقدار کلروفیل b (۱/۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمار تحت تنش شدید (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر) مشاهده گردید. مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش خشکی و سایکوسل بر محتوای نسبی آب نشان داد که شرایط تنش خشکی سبب کاهش محتوی نسبی آب برگ به دلیل کاهش پتانسیل آب برگ میگردد. بنابراین بیشترین محتوای نسبی آب با میانگین ۷۵/۶۲ درصد از تیمار ۱۵۰۰ میلی‌مولار سایکوسل در آبیاری نرمال بدون تنش) و کمترین مقدار محتوای نسبی آب با میانگین ۵۷/۱۳ درصد از تیمار (عدم استفاده از سایکوسل در آبیاری با ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر) به‌دست آمد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های صفت کلروفیل کل نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل برگ (۴/۳۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمارهای (۶۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف ۱۵۰۰ میلی‌مولار سایکوسل) وکم‌ترین میزان کلروفیل برگ (۱/۸۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمارهای (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر) و شاهد (عدم مصرف سایکوسل) مشاهده گردید (جدول ۲). رنگیزه‌های فتوسنتزی نقش مهمی را از نظر جذب نور و تولید توان احیایی (انرژی) در گیاهان ایفا می‌کنند و شامل طیف وسیعی از رنگدانه‌های مختلف می‌باشند که به‌طور مستقیم غیر مستقیم در فتوسنتز نقش داشته از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به کلروفیل اشاره کرد (Nourzad *et al.*, 2014). در مطالعه‌ای، تنش خشکی باعث افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه کوشیا (*Kochia scoparia*) شده به طوری که بالا بودن میزان کلروفیل به کاهش محتوای آب سلولی در تیمارهای تنش مرتبط داده شده است (Masumi, 2010). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با

افزایش تنش خشکی مقدار کلروفیل a، b و در نهایت مجموع رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه ریحان کاهش یافت که نشان دهنده حساسیت رنگدانه‌های فتوسنتزی ریحان به کمبود آب می‌باشد. کاهش میزان کلروفیل ممکن است در ارتباط با اثر تنش آب بر میزان عناصر غذایی ضروری باشد. همچنین کاهش غلظت کلرفیل در گیاهان تحت تنش ممکن است در ارتباط با افزایش فعالیت تجزیه کلروفیل توسط آنزیم کلروفیلا (Goldani, 2012) باشد. بنابراین میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی به شمار می‌رود. در این حالت با توجه به شدت، مدت و مرحله رشدی، تأثیر تنش بر هر کدام از مقادیر کلروفیل‌های a و b در گیاهان متفاوت خواهد بود. مقایسه میانگین‌های صفت کلروفیل a نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۳/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمارهای (۶۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف ۱۵۰۰ میلی‌مولار سایکوسل) وکم‌ترین میزان کلروفیل a (۱/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمارهای (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر و شاهد (عدم مصرف سایکوسل) مشاهده گردید (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش صفات اندازه‌گیری شده ریحان تحت تأثیر تنش خشکی و سایکوسل

تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر)	سایکوسل (میلی‌گرم در لیتر)	کلروفیل a (میکروگرم در گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میکروگرم در گرم وزن تر)	محتوای نسبی آب (درصد)
۶۰	۰	۲/۱۸۶ab	۲/۸۲۱b	۶۶/۴۱c
	۵۰۰	۲/۴۵۱a	۳/۱۰۵ab	۷۰b
	۱۰۰۰	۲/۶۵۱a	۳/۴۲۵a	۷۲/۰۲a
	۱۵۰۰	۳/۴۲۹a	۴/۳۴a	۷۵/۶۲a
۱۲۰	۰	۱/۷۷۶c	۱/۳۸۲d	۶۴/۸۶c
	۵۰۰	۲/۰۴۱b	۲/۶۸۴c	۶۸/۴۶b
	۱۰۰۰	۲/۲۴۱b	۲/۹۹۹b	۷۰/۵۲a
	۱۵۰۰	۳/۱۱a	۳/۹۹a	۷۴/۱۲a
۱۸۰	۰	۱/۳۲۸c	۱/۸۲۸c	۵۷/۱۳c
	۵۰	۱/۶۴۷b	۲/۱۱۸b	۶۱/۳۳b
	۱۰۰	۱/۸۴۷b	۲/۴۳۳ab	۶۳/۳۵ab
	۱۵۰۰	۲/۳۴۷a	۲/۷۲a	۶۸/۵۵a

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، می‌توان بیان کرد که با اعمال تنش خشکی صفات فیزیولوژیکی مانند محتوای نسبی آب برگ و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی کاهش یافت. اما استفاده از سایکوسل به‌طور معنی‌داری صفات مذکور را افزایش داد. بنابراین می‌توان از تیمار (۶۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف ۱۵۰۰ میلی‌مولار سایکوسل) در مناطقی که با کمبود آب برای کشاورزی روبرو هستند و کشت و کار گیاهان در شرایط تنش باید انجام گیرد، استفاده نمود.

منابع

Afkari, A. (2018). Effects of drought stress and nitrogen fertilizer rate on some physiological characteristics, essential oil percentage, and yield of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 33(6)*: 1047-1059.

Boyrideh Sheikh, A., Mahmoudi Sourestani, M., Zolfaghari, M. and Enayati Zamir, N. (2016). The effect of plant growth promoting rhizobacteria, chemical fertilizer and humic acid on morpho-physiological characteristics of Basil (*Ocimum basilicum* var. *thyrsiflorum*). *Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 26(4)*: 129-142.

Dere, S., Gunes, T. and Sivaci, R. (1998). Spectrophotometric determination of chlorophyll- a, b and total carotenoids contents of some algae species using different solvents. *Botany, 22*: 13-17.

Goldani, M. (2012). Effect of irrigation intervals on some growth indices ecotypes basil (*Ocimum basilicum* L.) *Iranian agricultural research, 10(2)*: 412-420.

Kheirandish, E., Roshdi, M. and Yousefzadeh, S. (2016). Effects of water stress and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). *Electronic Journal of Crop Production, 9(1)*: 109-125.

Maassoumi, A. (2010). Effect of drought stress on morpho-physiological parameters indigenous double mass of Kochia under field and greenhouse. Thesis Submitted for the Degree of Philosophy (Ph.D.) in Agronomy Department of Agronomy Faculty of Agriculture Ferdowsi Mashhad University, Mashhad.

Nourzad, S., Ahmadian, A., Moghaddam, M. and Daneshfar, A. (2014). Effect of drought stress on yield, component yield and essential oil of cilantro under the influence of a variety of organic and chemical fertilizer. *Journal of Crops Improvment, 16(2)*: 289-302.

Shekoofa, A. and Emam Y.(2008). Effect of nitrogen fertilization and plant growth regulators on yield of wheat. *Journal of Agricultural Science and Technology, 10*: 101-08.

Weisany, V., Rahimzadeh, S. and Sohrabi, Y. (2012). Effect of bio-fertilizers on morphological, physiological characteristic and essential oil content in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 28(1)*: 73-87.

Zehtabe-Salmasi, S., Heidari, F. and Alyari, H. (2008). Effect of microelements and plant density on biomass and essential oil production of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Plant Science Research, 1(1)*: 24-28.

The effect of chloroquat chloride foliar application on photosynthetic pigments and relative water content of basil under drought stress conditions

Moshfeghi, M[1], Afkari, A[2]*
1. Master's student in Agronomy, Kalibar branch, Islamic Azad University, Kalibar, Iran
2. Department of Agronomy, Kaleibar Branch, Islamic Azad University, Kaleibar, Iran
*Corresponding Author: Afkari@iau.ac.ir

Abstract

In order to evaluate the effect of chlormequat chloride foliar spraying on photosynthetic pigments and relative water content of basil plant under drought stress conditions in Tabriz region, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in the 2024-2025 crop year. The experimental treatments included three levels of drought stress (60, 120 and 180 mm evaporation from class A evaporation pan) and the second factor included foliar spraying with Cycocel at four levels (no application, 500, 1000 and 1500 mg/L Cycocel). The results of the analysis of variance of the studied traits showed that applying stress on all evaluated traits was significant at the 1% probability level. The results of the analysis of variance showed that the interaction of drought stress and fertilizer had no significant effect on the traits chlorophyll a, total chlorophyll at the 1% probability level and on other traits. The results of the interaction between drought stress and psychocel showed that the highest amount of chlorophyll a (3.43 mg/g fresh leaf weight), total chlorophyll (4.34 mg/g fresh leaf weight), and relative water content with an average of (75.62%) were observed in the treatments (60 mm evaporation and 1500 mM psychocel application) and the lowest amount of chlorophyll a (1.33 mg/g fresh leaf weight), total chlorophyll (1.82 mg/g fresh leaf weight), and relative water content with an average of (57.13%) were observed in the treatments (180 mm evaporation and control (no psychocel application). In general, it can be concluded that foliar spraying of plants with a concentration of 1500 mg/l of psychocel caused the adjustment of the plant's condition against drought stress.

Keywords: Chlorophyll, Cycocel, Drought stress, Medicinal plant, Relative water content.

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

اثر قارچ میکوریزا بر برخی صفات فیزیولوژیکی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت تنش کم‌آبی

عبدالرضا عبدالعلی‌زاده[۱]، احمد افکاری[*۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

۲- گروه زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

[*]نویسنده مسئول: Afkari@iau.ac.ir

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر قارچ‌های میکوریزا بر وزن خشک اندام‌های گیاه ریحان در شرایط تنش کم‌آبی در منطقه تبریز، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل چهار سطح تنش خشکی (۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A) و فاکتور دوم شامل شامل تلقیح با دو گونه قارچ میکوریز ا *ریزوگلوموس فسیکولاتوم*، *کلاروئیدوگلوموس اتانیکاتوم* و عدم تلقیح به‌عنوان شاهد) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که اعمال تنش بر صفات کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل معنی‌دار بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تنش خشکی و کود بر صفات کلروفیل a، کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشتند. بر اساس نتایج مقایسات میانگین، آبیاری کمتر باعث کاهش معنی‌دار و نوع کود بیولوژیک سبب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل گردید. به‌طور کلی، کاربرد قارچ میکوریزا سبب افزایش مقاومت به تنش خشکی در گیاه ریحان شد. بنابراین کاربرد *ریزوگلوموس فسیکولاتوم* برای دستیابی به وزن خشک مطلوب در گیاه مرزه در شرایط تنش خشکی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تنش کم‌آبی، ریحان، کلروفیل و کود زیستی.

مقدمه

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی یکساله علفی و معطر از خانواده نعنائیان می‌باشد. ریحان دارای ساقه منشعب از قاعده و به ارتفاع ۱۵ تا ۴۵ سانتی‌متر، برگ‌ها متقابل، بیضوی، نوک تیز با کناره دندانه‌دار و گل‌هایی معطر به رنگ‌های سفید گلی و گاهی بنفش و مجتمع به‌صورت دسته‌های ۴ تا ۶ تایی در طول قسمت انتهایی ساقه قرار دارند (Boyrideh Sheikh *et al.*, 2016). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هم‌چنین باعث کاهش جذب آب توسط سیستم ریشه گیاه، کاهش تعرق، کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز و هم‌چنین به‌هم خوردن موازنه هورمونی در گیاه می‌گردد (Kheirandish *et al.*, 2016). قارچ میکوریزای وزیکولار– آربوسکولار یکی از انواع کودهای زیستی است. میکوریزا همزیستی مسالمت‌آمیز انواعی از قارچ‌های خاکزی و ریشه گیاهان است، انتقال مواد بین سلول‌های کورتکس ریشه گیاه کلونیزه شده با قارچ و میکوریزا آربوسکولار مهم‌ترین مشخصه‌ی همزیستی میکوریزآربوسکولار می‌باشند (Smith *et al.*, 2010). قارچ‌های میکوریزایوزیکولار– آربوسکولار در سال‌های اخیر برای مقابله با کم‌آبی و تنش‌های خشکی در بسیاری از گیاهان مورد استفاده قرار گرفته است (Song, 2005). قارچ‌های میکوریزای وزیکولار– آربوسکولار در سال‌های اخیر برای مقابله با

کم‌آبی و تنش‌های خشکی در بسیاری از گیاهان مورد استفاده قرار گرفته است (Mohammadi *et al.*, 2016). نتایج پژوهش‌ها نشان داد که امکان استفاده از کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی رشد رویشی، عملکرد و میزان اسانس گیاه رازیانه در تیمارهای کود زیستی افزایش یافت (Azazz *et al.*, 2009). نتایج پژوهش‌ها نشان دادند که با افزایش شدت تنش خشکی تمام صفات رویشی از قبیل تعداد برگ، مساحت سطح و وزن خشک برگ، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، وزن خشک ساقه، طول و وزن خشک ریشه در گیاه مرزه کاهش یافت؛ به طوری که بیشترین مقادیر برای تمامی این صف ات در تیمار آبیاری کامل حاصل شد و کمترین مقادیر نیز در شرایط تنش آبی شدید (درصد رطوبت ظرفیت مزرعه) به‌دست آمد (Ghaedi Jashni and Musavi Nik, 2015). کاهش وزن خشک ریشه، ساقه و برگ و ارتفاع بوته گیاهان مرزه (*Satureja hortensis* L.) را در شرایط تنش خشکی گزارش کردند (Baher *et al.*, 2002).

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثر قارچ‌های میکوریزا بر وزن خشک اندام‌های گیاه ریحان در شرایط تنش کم‌آبی در منطقه تبریز، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل چهار سطح تنش خشکی (۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A) و فاکتور دوم شامل شامل تلقیح با دو گونه قارچ میکوریزا *ریزوگلوموس فسیکولاتوم* (Rhizoglomus fasciculatum)، *کلاروئیدوگلوموس اتانیکاتوم* (Claroideoglomu etanicatum) و عدم تلقیح به‌عنوان شاهد) بود. دو گونه قارچ میکوریزا از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد. به‌منظور اعمال تیمارهای قارچ میکوریز بذرهای ریحان را در زمان کاشت به مدت ۵ ساعت در مایه تلقیح خیسانده و بعد بذرهای تلقیح شده در سایه و به دور از نور خورشید خشک شدند و بلافاصله پس از خشک شدن اقدام به کشت بذرها شد. عملیات آماده سازی زمین در اوایل بهار انجام شد. قبل از اجرای آزمایش از خاک نمونه هایی تهیه و تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک انجام شد. قبل از اجرای طرح بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی خاک، کود شیمیایی قبل از کشت ریحان به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کود فسفره P_2O_5 به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات‌تریپل و کود پتاس به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم (K_2SO_4) به عنوان کود پایه، به‌صورت یکسان به زمین داده شد.کاشت در نیمه اول اردیبهشت ۱۴۰۴ به‌روش دستی انجام شد. در درون هر کرت فاصله بین ردیف‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. جهت اعمال تیمار خشکی، ۱۰ روز بعد از جوانه زنی و استقرار کامل گیاهچه‌ها در سطح خاک با استفاده از دستگاه TDR (Time Domain Reflectometry) میزان رطوبت خاک تعیین و آبیاری براساس تیمارهای آزمایش در کل دوره رشد انجام شد. هر کرت آزمایشی دارای ۴ ردیف با فاصله کشت ۲۰ سانتیمتر و روی ردیف ۴ سانتیمتر به‌طول ۳ متر بود. پس از سبز شدن و استقرار کامل گیاه، تنک بوته‌ها در طی دو مرحله (۳-۲ و ۴-۳ برگی) انجام شد. آبیاری تا زمان ۶-۴ برگی به‌طور منظم انجام گرفت و پس از آن، تیمار آبیاری اعمال گردید.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق نمونه برداری (سانتی‌متر)	بافت خاک	تخلخل خاک (درصد)	فسفر قابل جذب (پی.پی.ام)	پتاسیم قابل جذب (پی.پی.ام)	نیتروژن (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)
۰-۳۰	لومی	۶/۳۵	۸/۱۰	۴۵۹	۰/۳۴	۲۱	۴۱	۳۸

برای اندازه‌گیری محتوای رنگدانه‌های کلروفیل ۲۰۰ میلی‌گرم برگ تازه با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده شد و محلول حاصل به مدت پنج دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ اندازه‌گیری شدند. سپس جذب محلول رویی در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۴ و ۴۷۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. محتوای نسبی آب، میزان کلروفیل آ ،ب و کلروفیل کل بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ با استفاده از رابطه‌های ۱ تا ۳ محاسبه شدند (Afkari,2018., Dere *et al.*, 1998).

رابطه ۱: Chlorophylla= 15.65A666 -7.340A65

رابطه ۲: Chlorophyllb= 27.05A653 -11.21A666

رابطه۳: ChlorophyllT= Chlorophylla+ Chlorophyllb

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات قارچ‌های میکوریزا و تنش خشکی بر تمامی صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال ۱٪ و برهمکنش آن‌ها بر صفات کلروفیل a، لروفیل b و کلروفیل کل در سطح احتمال ۵٪ تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۲).

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه ریحان تحت تاثیر قارچ‌های میکوریزا و تنش کم‌آبی

منابع تغییرات		میانگین مربعات		
	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
تکرار	۲	۰/۰۰۰۰۶ ns	۰/۰۰۰۴ ns	۰/۰۰۵ ns
تنش خشکی	۳	۲۶۷/۱۷ **	۶۵۸/۱۲ **	۴۷۹/۰۱ **
کود	۲	۴/۴۸ **	۳/۲۲ **	۲/۱۱ **
کود× تنش خشکی	۶	۷/۵۱ *	۵/۸۱ *	۲۴/۷۲ *
خطای آزمایش	۲۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۷
ضریب تغییرات (٪)		۸/۷۲	۱۰/۰۶	۹/۱۳

*، **و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار

نتایج مقایسه میانگین‌های صفت کلروفیل b نشان داد که قارچ‌های میکوریزا به‌طور معنی‌داری بر میزان کلروفیل b تأثیر داشتند و با افزایش سطح تنش، میزان کلروفیل b کاهش یافت. به‌طوری که بیش‌ترین مقدار کلروفیل b (۰/۸۴۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ)، کلروفیل a (۳/۴۹۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) و کلروفیل برگ (۴/۳۴۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمارآبیاری نرمال (۴۵ میلی‌متر تبخیر و *کلاروئیدوگلوموس اتانیکاتوم*) وکم‌ترین مقدار کلروفیل b (۰/۲۱۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ)، کلروفیل a (۱/۳۳۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) و کلروفیل برگ (۱/۵۵۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمار تحت تنش شدید (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر و عدم کاربرد قارچ) مشاهده گردید (جدول ۳). رنگیزه‌های فتوسنتزی نقش مهمی را از نظر جذب نور و تولید توان احیایی (انرژی) در گیاهان ایفا می‌کنند و شامل طیف وسیعی از رنگدانه‌های مختلف می‌باشند که به‌طور مستقیم غیر مستقیم در فتوسنتز نقش داشته از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به کلروفیل اشاره کرد (Nourzad *et al.*, 2014). در مطالعه‌ای،

تنش خشکی باعث افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه کوشیا (*Kochia scoparia*) شده به طوری که بالا بودن میزان کلروفیل به کاهش محتوای آب سلولی در تیمارهای تنش مرتبط داده شده است (Maassoumi, 2010). کاهش میزان کلروفیل ممکن است در ارتباط با اثر تنش آب بر میزان عناصر غذایی ضروری باشد. همچنین کاهش غلظت کلرفیل در گیاهان تحت تنش ممکن است در ارتباط با افزایش فعالیت تجزیه کلروفیل توسط آنزیم کلروفیلا (Goldani, 2012) باشد. بنابراین میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی به شمار می‌رود. در این حالت با توجه به شدت، مدت و مرحله رشدی، تأثیر تنش بر هر کدام از مقادیر کلروفیل‌های a و b در گیاهان متفاوت خواهد بود.

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش صفات اندازه‌گیری شده ریحان تحت تأثیر تنش خشکی و قارچ‌های میکوریزا

قارچ‌های میکوریزا	تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر)	کلروفیل a (میکروگرم در گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میکروگرم در گرم وزن تر)	کلروفیل b (میکروگرم در گرم وزن تر)
	۴۵	۳/۴۹۶a	۴/۳۴۱a	۰/۸۴۵a
کلاروئیدوگلوموس اتانیکاتوم	۹۰	۲/۶۵۱ab	۳/۴۳۵ab	۰/۷۸۴a
	۱۳۵	۲/۱۵۱b	۳/۰۱۵b	۰/۸۶۴a
	۱۸۰	۲/۳۲۹b	۲/۹۳۱b	۰/۶۰۲ab
	۴۵	۳/۲۹۶a	۳/۹۹۶a	۰/۷۰۰ab
ریزوگلوموس فسیکولاتوم	۹۰	۲/۲۴۱b	۲/۸۷۶b	۰/۶۳۶ab
	۱۳۵	۲/۰۴۱b	۲/۶۵۱b	۰/۶۱۰ab
	۱۸۰	۱/۸۲۱c	۲/۳۵۹c	۰/۵۳۸b
	۴۵	۲/۳۴۸b	۲/۷۲۸b	۰/۳۸۰c
عدم تلقیح	۹۰	۱/۶۴۷c	۲/۴۴۸b	۰/۳۳۲c
	۱۳۵	۱/۴۴۷c	۱/۷۵۳bc	۰/۳۰۵c
	۱۸۰	۱/۳۳۷c	۱/۵۵۲c	۰/۲۱۵cd

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، می‌توان بیان کرد که با اعمال تنش خشکی صفات فیزیولوژیکی مانند میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی کاهش یافت. اما استفاده از قارچ‌های میکوریزا به‌طور معنی‌داری صفات مذکور را افزایش داد. بنابراین می‌توان از تیمار (۴۵ میلی‌متر تبخیر و *کلاروئیدوگلوموس اتانیکاتوم*) در مناطقی که با کمبود آب برای کشاورزی روبرو هستند و کشت و کار گیاهان در شرایط تنش باید انجام گیرد، استفاده نمود.

منابع

Azzaz NA, Hassan EA and Hamad EH. (2009). The Chemical Constituent and Vegetative and Yielding Characteristics of Fennel Plants Treated with Organic and Bio-fertilizer Instead of Mineral Fertilizer. *Australian Journal of Basic and Applied Sci, 3 (2):* 579 - 87.14.

Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbani, M. and Rezaii, M.B. (2002). The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in (*Satureja hortensis* L.). *Flavor and Fragrance Journal, 17*: 275-277.

Boyrideh Sheikh, A., Mahmoudi Sourestani, M., Zolfaghari, M. and Enayati Zamir, N. (2016). The effect of plant growth promoting rhizobacteria, chemical fertilizer and humic acid on morpho-physiological characteristics of Basil (*Ocimum basilicum* var. *thyrsiflorum*). *Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 26(4)*: 129-142.

Ghaedi Jashni, M. and Musavi Nik, S.M. (2015). Effects of drought stress and phosphorus fertilizer on the morphological characteristics and amount essential oil of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences, 8(1)*: 65-72. (In Persian)

Goldani, M. (2012). Effect of irrigation intervals on some growth indices ecotypes basil (*Ocimum basilicum* L.) *Iranian agricultural research, 10(2)*: 412-420.

Kheirandish, E., Roshdi, M. and Yousefzadeh, S. (2016). Effects of water stress and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). *Electronic Journal of Crop Production, 9(1)*: 109-125.

Maassoumi, A. (2010). Effect of drought stress on morpho-physiological parameters indigenous double mass of Kochia under field and greenhouse. Thesis Submitted for the Degree of Philosophy (Ph.D.) in Agronomy Department of Agronomy Faculty of Agriculture Ferdowsi Mashhad University, Mashhad.

Mohammadi, L., Rizi, S. and Barzgar, R. (2016). Application of mycorrhiza (*Glomus mosseae*) the decrease in salinity in Guinea henna flowers. *Journal of Crops Improvement, 18(2)*: 289-301.

Nourzad, S., Ahmadian, A., Moghaddam, M. and Daneshfar, A. (2014). Effect of drought stress on yield, component yield and essential oil of cilantro under the influence of a variety of organic and chemical fertilizer. *Journal of Crops Improvment, 16(2)*: 289-302.

Smith, S. E., Facelli, E., and Pope, S. (2010). Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. *Plant and Soil, 326*: 3-20.

Song, H. (2005). Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its Mechanisms. *Electronic Journal of Biology, 1(3)*: 44-48.

The effect of mycorrhizal fungi on some physiological traits of basil (*Ocimum basilicum* L.) under water stress

Abdolalizadhe, AbdolReza[1], Afkari, Ahmad[2]*
1. Master's student in Agronomy, Kalibar branch, Islamic Azad University, Kalibar, Iran
2. Department of Agronomy, Kaleibar Branch, Islamic Azad University, Kaleibar, Iran
Corresponding Author: Afkari@iau.ac.ir

Abstract

In order to evaluate the effect of *mycorrhizal* fungi on the dry weight of basil plant organs under water deficit stress conditions in Tabriz region, a factorial experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications in the 2024-2025 crop year. The experimental factors included four levels of drought stress (45, 90, 135 and 180 mm evaporation from a class A evaporation pan) and the second factor included inoculation with two species of *mycorrhizal* fungi *Rhizoglumus fasciculatum*, *Chloroideoglumus ethanicatum* and no inoculation as a control). The results of the analysis of variance of the studied traits showed that applying stress on the traits chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll were significant. The results of the analysis of variance showed that the interaction of drought stress and fertilizer had no significant effect on the traits chlorophyll a, total chlorophyll at the probability level of 1% and on other traits. Based on the results of mean comparisons, less irrigation caused a significant decrease and the type of biological fertilizer caused a significant increase in the amount of chlorophyll. In general, the use of *mycorrhizal* fungi increased the resistance to drought stress in basil plants. Therefore, the use of *Rhizoglumus fasciculatum* is recommended to achieve the desired dry weight in savory plants under drought stress conditions.

Keywords: Basil, Biofertilizer, Chlorophyll, Drought stress.

آنالیز کمی و کیفی محتوای تانن در عصاره تیغه میانی گردو با حلال‌های مختلف

مهدیه سیّاحی[۱*]، نادرچاپارزاده[۲]، لیلا زرندی میاندوآب[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیوشیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، آذربایجان شرقی، ایران

۲- استاد، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، آذربایجان شرقی، ایران

۳- دانشیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، آذربایجان شرقی، ایران

[*]نویسنده مسئول: mahtasy@gmail.com

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی کیفی و کمی ترکیبات تاننی موجود در تیغه میانی گردو (*Juglans regia*) و تحلیل اثر حلال‌های مختلف بر بازده استخراج آن انجام شد. سپتوم‌ها از گردوهای محلی استان آذربایجان شرقی جمع‌آوری و پس از خشک و پودر شدن، با استفاده از چهار نوع حلال: آب، اسید، اتانول و متانول؛ عصاره‌گیری شدند. روش خیساندن برای حلال‌های آبی و الکلی و جوشاندن برای عصاره اسیدی به‌کار رفت. جهت ارزیابی حضور تانن، از آزمون‌های کیفی برایمر و سدیم هیدروکسید ۱۰٪ استفاده شد. برای سنجش کمی تانن کل منحنی استاندارد اسید گالیک با ضریب همبستگی $R^2 = 0.9955$ ترسیم گردید. نتایج تست‌های کیفی نشان دادند که تمامی عصاره‌ها حاوی تانن هستند و تفاوت‌هایی در شدت واکنش به‌ویژه در تست هیدروکسیدسدیم مشاهده شد. در بررسی کمی، جذب نوری اندازه‌گیری‌شده در طول موج ۷۲۵ نانومتر با غلظت تانن همبستگی داشت و مقادیر تانن استخراج‌شده بسته به نوع حلال متفاوت بود. یافته‌ها نشان می‌دهد که سپتوم گردو می‌تواند منبعی غنی برای استخراج ترکیبات زیست‌فعال مانند تانن‌ها بوده و در صنایع دارویی و غذایی ارزش بهره‌برداری داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آنالیزکیفی، تانن، سپتوم، گردو

مقدمه

پلی‌فنول‌های گیاهی در حال حاضر به‌دلیل عملکردهای بیولوژیکی و اثرات تقویت‌کننده سلامت، ازجمله مواد شیمیایی گیاهی هستند که بیشترین مطالعه را به خود اختصاص داده‌اند. یک گروه مهم اما اغلب نادیده گرفته شده از پلی‌فنول‌های طبیعی، تانن‌ها هستند. نشان داده شده است که تانن‌ها دارای فعالیت‌های مفید مختلفی برای سلامتی هستند، به‌ویژه آنتی‌اکسیدانی، ضد سرطانی، محافظت‌کننده قلب و ضد التهابی (Spinaci et al., 2019).

گردو (*Juglans regia*) یک گیاه سنتی است که از زمان‌های قدیم در طب سنتی برای درمان بیماری‌ها استفاده می‌شد. میوه گردو شامل چهار قسمت اصلی است: هسته، سپتوم، پوسته چوبی و پوسته سبز (شکل ۱).

تیغه میانی گردو که بافت چوبی دارد و سپتوم می‌نامند، یک محصول جانبی است که اغلب در طول فرآوری گردو به‌عنوان زباله دور ریخته می‌شود، دارای مشخصات فیتوشیمیایی است که پتانسیل درمانی آن را تعریف می‌کند (Mate et al., 2023).

شکل ۱

مطالعات اندکی در مورد سپتوم انجام شده است. در یک مطالعه به ارزیابی مولکول‌های فعال زیستی سپتوم گردو و اثرات بیولوژیکی آزمایشگاهی آن پرداخته شده است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که سپتوم گردو می‌تواند منبعی از مولکول‌های فعال بیولوژیکی طبیعی باشد (Rusu et al., 2020). درمطالعه بعدی, اثرات ضد سرفه، آنتی‌اکسیدانی و ضد التهابی عصاره سپتوم گردو بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که سپتوم گردو فعالیت ضد التهابی و اثرات ضد سرفه قوی دارد (Genovese et al., 2020).

این پژوهش ۳ هدف اصلی را دنبال می‌کند، بررسی کیفی و کمی تانن در عصاره سپتوم و تاثیر حلال‌های مختلف بر استخراج تانن.

مواد و روش‌ها

تهیه عصاره سپتوم گردو

گردوها در پاییز از درختی در روستای گلجار شهرستان مرند، واقع در استان آذربایجان شرقی، جمع‌آوری شد سپس پوسته سبز آن‌ها جدا شده و گردوها کاملا خشک شد. گردوها بعد از یک ماه شکسته شدند و سپتوم آن‌ها جدا شد. سپتوم‌ها توسط آسیاب، کاملا خرد شدند و از الک عبور داده شدند و در ظرف شیشه‌ای تمیز، به آزمایشگاه منتقل شدند.

در این مطالعه از ۴نوع حلال: آب، اسید، اتانول و متانول، برای ساخت عصاره استفاده شد. برای عصاره آبی و الکلی از روش خیساندن و برای عصاره اسیدی از روش جوشاندن استفاده شد. در روش خیساندن، ۰/۵ گرم پودر سپتوم را در ۵۰ میلی‌لیتر حلال(آب، اتانول۸۰٪، متانول۸۰٪) حل شد. محلول را ۲۴ساعت در شیکر قرار داده سپس از کاغذ صافی واتمن شماره۱ عبور داده و عصاره شفاف بدست آمده را درون بالن ریخته و در یخچال قرار داده شد. در روش جوشاندن، ۰/۵ گرم پودر سپتوم را در ۵۰ میلی لیتر، هیدروکلریک اسید۱٪ حل کرده، ارلن را روی حمام بخار۹۰درجه به مدت ۳۰دقیقه قرار داده، از کاغذ صافی واتمن شماره۱ عبور داده و در یخچال قرار داده شد.

تست کیفی

برای ارزیابی کیفی وجود تانن در عصاره، از ۲ تست معروف برایمر و سدیم هیدروکسید۱۰٪ استفاده شده است. در تست برایمر،۱ میلی‌لیتر از عصاره را در لوله آزمایش ریخته سپس ۴قطره آهن کلرید۱۰٪ به آن اضافه شده است، اگر محلول به رنگ سبز یا آبی دربیاید، یعنی در عصاره، تانن وجود دارد. در تست سدیم هیدروکسید۱۰٪، ۱میلی‌لیتر عصاره و ۱میلی‌لیتر سدیم هیدروکسید۱۰٪را درون لوله آزمایش ریخته خواهدشد، اگر محلول تشکیل امولسیون بدهد، یعنی درون عصاره تانن وجود دارد که البته این تست برای تانن‌های قابل هیدرولیز می‌باشد(Shaikh and Patil, 2020).

تست کمی تانن کل (TCC)

برای تعیین میزان تانن کل عصاره از روش فولین سیوکالتو استفاده شد. درون یک لوله آزمایش ،۰/۱میلی‌لیتر عصاره، ۷/۵میلی‌لیتر آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین (معرف با رقت ۱:۹ با آب مقطر تهیه شد) ریخته، سپس ۱

میلی‌لیتر کربنات سدیم ۳۵٪ اضافه شد. در آخر محلول را با آب مقطر به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده، ۳۰ دقیقه صبر کرده، محلول را درون کووت ریخته و در اسپکتوفتومتر در ۷۲۵ nm جذب خوانده شد.

برای رسم منحنی استاندارد تانن، از محلول استوک اسیدگالیک (از آب برای تهیه محلول استفاده شده است) با غلظت ۱ mg/ml استفاده شده است.

نتایج و بحث

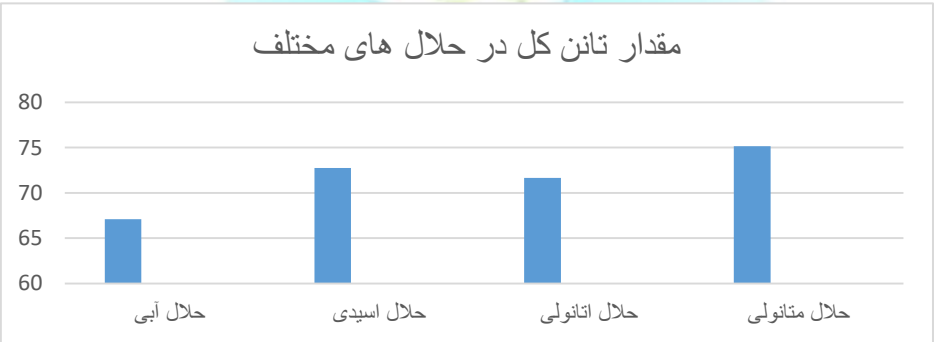
مطالعه حاضر وجود تانن را نشان داد. جدول ۱ نتایج حاصل از تست‌های کیفی را در عصاره مختلف نشان می‌دهد، باتوجه به نتایج می‌توان گفت که در همه عصاره‌ها تانن به مقدار زیاد وجود دارد چون رنگ‌های تیره‌ای را ایجادکرده‌اند.

همچنین ممکن است در عصاره اسیدی و متانولی تانن قابل هیدرولیز وجود نداشته باشد یا مقدار بسیار کمی باشد چون به تست هیدروکسید سدیم جواب مثبتی نداد.

جدول ۱. نتایج تست کیفی تانن

انواع عصاره / انواع تست	عصاره آبی	عصاره اسیدی	عصاره اتانولی	عصاره متانولی
تست برایمر	محلول سبز زیتونی تیره	محلول سبز زیتونی تیره	محلول سبز تیره	محلول سبز زیتونی مایل به قهوه‌ای
تست سدیم هیدروکسید ۱۰٪	امولسیون کم قهوه‌ای	محلول قهوه‌ای	محلول قهوه‌ای کم رنگ با امولسیون	محلول قهوه‌ای

از اسیدگالیک استاندارد برای تخمین تانن کل استفاده شد که ضریب همبستگی آن ۰/۹۹۵۵ و معادله آن y=0/012x است. مقدار جذب برای عصاره آبی، اسیدی، اتانولی، متانولی به ترتیب ۰/۸۰۵، ۰/۸۷۳، ۰/۸۶و ۰/۹۰۲ است که معادل ۶۷/۰۸، ۷۲/۷۵، ۷۱/۶۷، ۷۵/۱۷ میلی گرم اسیدگالیک mg/ml ۱ است.



نمودار ۱. مقایسه میزان تانن کل در حلال‌های مختلف

نتایج این مطالعه نشان داد که تیغه میانی گردو (سپتوم) حاوی مقادیر قابل توجهی تانن بوده و می‌تواند به‌عنوان منبعی مؤثر برای استخراج ترکیبات فنولی مورد استفاده قرارگیرد. آزمون‌های کیفی، حضور قطعی تانن‌ها را در تمامی

عصاره‌های استخراج شده تأیید کردند، گرچه پاسخ‌دهی به تست سدیم هیدروکسید نشان داد که نوع و ساختار شیمیایی تانن‌ها تحت تأثیر نوع حلال قرار دارد. ارزیابی کمی با استفاده از روش فولین- سیوکالتیو و منحنی استاندارد اسید گالیک با ضریب تعیین بالا (R^2 = ۰/۹۹۵۵) نشان داد که میزان استخراج تانن در بین حلال‌ها متفاوت است و بالاترین جذب نوری در عصاره متانولی مشاهده شد (نمودار ۱). این تفاوت بیانگر آن است که قطبیت و ویژگی‌های شیمیایی حلال نقش تعیین‌کننده‌ای در استخراج ترکیبات فنولی دارند.

به‌طور کلی، این تحقیق نه‌تنها کارایی استخراج تانن از سپتوم گردو با استفاده از حلال‌های مختلف را روشن می‌سازد، بلکه پتانسیل سپتوم به‌عنوان یک محصول جانبی کم‌ارزش در تبدیل به منبعی با ارزش برای کاربردهای دارویی، غذایی و آنتی‌اکسیدانی را برجسته می‌کند. این یافته‌ها می‌توانند راهگشای تحقیقات بیشتر در زمینه بازیافت ضایعات گیاهی و توسعه محصولات طبیعی سلامت محور باشند.

منابع

Genovese, C., Cambria, M. T., D'angeli, F., Addamo, A. P., Malfa, G. A., Siracusa, L., Pulvirenti, L., Anfuso, C. D., Lupo, G., & Salmeri, M. (2020). The double effect of walnut septum extract (Juglans regia L.) counteracts A172 glioblastoma cell survival and bacterial growth. International journal of oncology, 57(5), 1129–1144. https://doi.org/10.3892/ijo.2020.5130

Mate, L., Rusu, M. E., & Popa, D. S. (2023). Phytochemicals and Biological Activities of Walnut Septum: A Systematic Review. Antioxidants (Basel, Switzerland), 12(3), 604. https://doi.org/10.3390/antiox12030604

Rusu, M. E., Fizesan, I., Pop, A., Mocan, A., Gheldiu, A. M., Babota, M., Vodnar, D. C., Jurj, A., Berindan-Neagoe, I., Vlase, L., & Popa, D. S. (2020). Walnut (Juglans regia L.) Septum: Assessment of Bioactive Molecules and In Vitro Biological Effects. Molecules (Basel, Switzerland), 25(9), 2187. https://doi.org/10.3390/molecules25092187

Shaikh, J. R., & Patil, M. K. (2020). Qualitative tests for preliminary phytochemical screening: An overview. *International Journal of Chemical Studies, 8*(2), 603-608. https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i2i.8834

Spinaci, M., Bucci, D., Muccilli, V., Cardullo, N., Nerozzi, C., & Galeati, G. (2019). A polyphenol-rich extract from an oenological oak-derived tannin influences in vitro maturation of porcine oocytes. *Theriogenology*, *129*, 82–89. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.02.017

Quantitative and Qualitative Analysis of tannin Content in Walnut *(Juglans regia)* septum extract with different solvents

Mahdieh Sayyahi[*1], Nader Chaparzadeh[2], Leila zarandy Miandoab[3]
1. MSc student in Biochemistry, Faculty of Basic Sciences, Shahid Madani University of Azarbaijan, East Azarbaijan, Iran
2. Professor, Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Shahid Madani University of Azarbaijan, East Azarbaijan, Iran
3. Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Shahid Madani University of Azarbaijan, East Azarbaijan, Iran
[*]*Corresponding Author: mahtasy@gmail.com*

Abstract

This study was conducted with the aim of qualitatively and quantitatively evaluating the tannin compounds present in the Walnut *(Juglans regia)* Septum and analyzing the effect of various solvents on extraction yield. The septa were collected from local Walnuts in East Azerbaijan Province, dried, ground into powder, and extracted using four Solvents: water, acid, ethanol, and methanol. Maceration was used for aqueous and alcoholic solvents, while boiling was applied for acidic extraction. To assess the presence of tannins, Braymer and 10% sodium hydroxide qualitative tests were used. For quantifying total tannin content, the Folin–Ciocalteu method was employed, and a Gallic acid standard curve was plotted with a determination coefficient of $R^2 = 0.9955$. The qualitative tests indicated that all extracts contained tannins, with differences in reaction intensity, particularly in the sodium hydroxide test. In the quantitative analysis, the absorbance measured at a wavelength of 725 nm was correlated with tannin concentration, and the extracted tannin content varied depending on the solvent used. The findings suggest that the Walnut Septum can serve as a rich source for extracting bioactive compounds such as tannins and holds potential for utilization in the pharmaceutical and food industries.

Keywords: Qualitative Analysis, Tannin, Septum, Walnut

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

مروری بر ترکیبات مؤثر و اثرات درمانی گیاه دارویی کاسنی (*Cichorium intybus L.*)

میترا حیدری سعدآبادی[۱]، مقصود پژوهنده[*۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

۲- دانشیار گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

[*]نویسنده مسئول: pazhouhandeh@gmail.com / mitraheidarisadabadi@gmail.com

چکیده

کاسنی (*Cichorium intybus* L.) از تیره (Asteraceae) یکی از گیاهان دارویی مهم و با ارزش است که در طب سنتی و امروزه در طب نوین مورد توجه می‌باشد. به دلیل سازگاری بالای این گیاه با شرایط آب‌وهوایی و اقلیمی متفاوت در اکثر مناطق جهان رشد کرده و به عنوان منبعی طبیعی از ترکیبات زیست‌فعال استفاده می‌شود. بر اساس مطالعات، بخش‌های متفاوت کاسنی به خصوص برگ‌ها و ریشه دارای ترکیباتی بسیار با ارزش همچون اینولین، فلاونوئیدها، فنولیک‌ها، لاکتون‌های سزکویی‌ترپن و ویتامین‌ها هست که هرکدام از این مواد دارای خواص ویژه‌ای مانند اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدسرطانی، ضدمیکروبی، محافظت از کبد و کاهش‌دهنده قند و چربی‌خون می‌باشند. در این مقاله، تحقیقات انجام شده روی ترکیبات مختلف و مؤثر موجود در کاسنی و نقش آن‌ها در خواص درمانی این گیاه مرور شده است. همچنین نتایج پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه کاربرد درمانی کاسنی در بیماری‌های مختلف همچون دیابت، بیماری‌های کبدی، التهابات مزمن و سرطان بررسی شده است. با توجه به اهمیت ویژه دارویی کاسنی، این گیاه گزینه بسیار مناسب با ظرفیت بالا در حوزه درمانی و بیولوژی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آنتی اکسیدان، ترکیبات فیتوشیمیایی، خواص درمانی، فلاونوئیدها، طب‌سنتی

مقدمه

کاسنی (*Cichorium intybus* L.) گیاهی است چندساله از جنس Cichorium و تیره Asteraceae که در کشورهای بلژیک و فرانسه و هلند به صورت زراعی کشت می‌شود. منشأ این گونه اروپا (منطقه مدیترانه) است، اما ممکن است در سایر مناطق معتدل و مناطق نیمه‌خشک (آسیای‌میانه، شمال آفریقا، شرق ایالات‌متحده‌آمریکا، استرالیا) نیز کشت شود. کاسنی دارای ترکیبات مغذی مهمی از جمله اینولین، لاکتون‌های سسکوئی‌ترپن، کافیسیداسید-تاریکسون، چربی‌ها، پروتئین‌ها، هیدروکسی‌کومارین‌ها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، استروئیدها، ترپنوئیدها، روغن‌ها، ترکیبات فرار، ویتامین‌ها (α-توکوفرول، γ-توکوفرول، β-توکوفرول) و موادمعدنی است. کاسنی علاوه بر مشخصات غذایی مهم خود، انواع مختلفی از فعالیت‌های دارویی را نشان می‌دهد؛ مثل محافظ کبد، ضد التهاب، آنتی‌اکسیدان، آرام‌بخش، افزایش‌دهنده ایمنی، سلامت قلب‌وعروق، کاهش چربی‌خون، ضد دیابت، ضد سرطان، محافظ معده، ضد میکروبی و بسیاری دیگر. اثر ضد میکروبی عصاره اتیل‌استات ریشه‌کاسنی از نظر خواص ضدباکتریایی و ضدقارچی مورد آزمایش قرارگرفته است (Al-Snafi, 2016).

معرفی گیاه‌شناسی کاسنی

کاسنی گیاهی دوساله یا چندساله است. این گیاه بومی نواحی مدیترانه‌ای بوده، اما به دلیل سازگاری بالا با شرایط متنوع اقلیمی و خاکی، در بسیاری از مناطق معتدل و نیمه‌خشک جهان نیز رشد. ارتفاع آن معمولاً بین ۲۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر است و دارای ریشه‌ای بلند، ضخیم، دوکی‌شکل و قهوه‌ای رنگ می‌باشد. دارای گل‌هایی به رنگ آبی روشن است و برگ‌های سبز، بزرگ و به صورت رزت در پایه گیاه ظاهر می‌شوند که شباهت زیادی به برگ‌های کاهو دارند، در حالی که برگ‌های روی ساقه به‌صورت بیضی‌شکل، باریک و اغلب دارای دندانه می‌باشند. در کشت زراعی، کاسنی معمولاً بصورت گیاهی دوساله رشد می‌کند؛ به این صورت که در سال نخست از طریق بذر کاشته شده و برگ‌های رزت و ریشه تشکیل می‌دهد. سپس پس از گذر از سرمای زمستان، در سال دوم ساقه گل‌دهنده ظاهر شده و گل‌دهی صورت می‌گیرد. گل‌ها به‌صورت گل‌آذین کپه‌ای (کمپوزیته) ظاهر می‌شوند، به طوری‌که حدود ۲۰ گل کوچک در یک گل‌آذین قرار می‌گیرند و به‌صورت ظاهری یک گل بنظر می‌رسند (Janda et al., 2021).

اهمیت دارویی و خواص بیولوژیکی کاسنی

کاسنی دارای انواع مختلفی از فعالیت‌های بیولوژیکی از جمله محافظت کبد، ضدالتهاب، آنتی‌اکسیدان، آرام‌بخش، ایمنی، درمان‌های قلبی‌عروقی، کاهش چربی‌خون، ضددیابت، ضدسرطان، محافظ‌معده، ضدمیکروب، مهارکننده تومور است (Al-Snafi, 2016). این گیاه در طب سنتی مانند آیورودا، یونانی و سیدا برای درمان بیماری‌های مختلف از جمله دیابت، اختلالات کبدی و مشکلات گوارشی استفاده شده‌است. کاسنی دارای ترکیبات فیتوشیمیایی غنی از جمله لاکتون‌های سسکوئی‌ترپن، مشتقات اسیدکافئیک، فلاونوئیدها، پلی‌فنول‌ها و ویتامین‌ها است. این ترکیبات به خواص دارویی آن مانند اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدمیکروبی کمک می‌کنند. همچنین برای اثرات محافظتی کبدی آن، به ویژه در محافظت در برابر آسیب کبد، مورد مطالعه قرارگرفته‌است. سطوح بالای اینولین به عنوان پروبیوتیک است که باعث ایجاد و نگهداری میکروبیوتای مناسب روده می‌شود. اینولین دارای اثر ضددیابتی است و به یک مکمل غذایی طبیعی برای کاهش سرعت پیشرفت دیابت تبدیل گشته‌است. ریشه‌ی کاسنی منبع اصلی صنعتی اینولین است. پری‌بیوتیک‌های نوع اینولین شامل فروکتولیگوساکاری (FOS)، اولیگوفروکتوز و اینولین هستند. اینولین در بسیاری از موادغذایی مانند ماست، پنیر و قهوه گنجانده شده‌است. با تقویت میکروبیوتای روده، اینولین در افزایش مقاومت در برابر عفونت‌ها از جمله آسم شرکت می‌کند. همچنین با تحریک رشد لاکتوباسیل‌ها، اینولین قادر است سلول‌های T و سلول‌های NK و همچنین فاگوسیت‌ها را فعال کند. ریشه‌ی کاسنی حاوی ترکیبات اصلی دیگری مانند اسیدهای کلروژنیک و سسکوی ترپن لاکتون است که برای تهیه داروهای ضدسرطان مورد توجه هستند (Choudhary et al., 2021).

ترکیبات مؤثر کاسنی

کاسنی دارای ترکیبات مغذی غنی است و به طور بالقوه منبع عالی از مواد فعال زیستی برای غنی‌سازی مواد غذایی انسان از جمله اینولین، لاکتون‌های سسکوئی‌ترپن، کافیسیداسیدتاریکسون، چربی‌ها، پروتئین‌ها، هیدروکسی کومارین‌ها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، استروئیدها، ترپنوئیدها، روغن‌ها، ترکیبات فرار، ویتامین‌ها و مواد معدنی است (Al-Snafi 2016,). تمامی این محصولات مسئول خواص بیولوژیکی کاسنی هستند. تمام قسمت‌های مورفولوژیکی کاسنی از جمله ریشه، گل‌ها و برگ‌ها به طور بالقوه منبعی از مواد فعال زیستی برای غنی‌سازی موادغذایی انسان

هستند. برگ‌های کاسنی منبع اینولین، ویتامین‌های A، B1، B2 و C، K، کلسیم، منیزیم، سدیم، آهن، مس، منگنز، روی و فنل هستند. همچنین گل‌ها حاوی قندهای مختلف، مشتقات کومارین، اسید سیلیسیک، تاراکسوسترول، اسید والریک، فلاونوئیدها (هیپروسید) ، روغن‌های اتری و آنتوسیانین هستند. ریشه کاسنی یکی از منابع طبیعی اصلی اینولین صنعتی است که مورد توجه بیشتر است (Nwafor *et al*., 2020).

جدول ۱. ترکیبات زیست‌فعال کاسنی و خواص بیولوژیکی آن‌ها

نام ماده	خواص بیولوژیکی	منابع
اینولین (Inulin)	رشد باکتری‌های مفید روده مانند لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکتری کاهش قند خون و بهبود حساسیت به انسولین افزایش جذب کلسیم و کاهش خطر پوکی استخوان تقویت پاسخ‌های ایمنی و کاهش التهاب اثرات محافظت عصبی و کاهش اختلالات رفتاری مدیریت وزن و افزایش سیری	(Teferra, 2021; Wang *et al*., 2023)
شیکوریک‌اسید یا اسیدکاسنی (Cichoric acid)	فعالیت آنتی اکسیدانی و حذف رادیکال‌های آزاد اثرات ضد ویروسی به ویژه در مقابل ویروس هپاتیت B جلوگیری از آپوپتوز ناشی از سمیت دارویی محافظت عصبی و پیشگیری از بیماری آلزایمر	(Jabłońska-Trypuć *et al*., 2018; Li *et al*., 2022)
اسیدهای فنولیک (Phenolic acid)	پاکسازی رادیکال‌های آزاد و محافظت سلولی ضدالتهاب در بیماری‌های قلبی-عروقی فعالیت ضد میکروبی و نگهداری مواد غذایی تنظیم متابولیسم و کاهش خطر دیابت	(Valanciene *et al*., 2020; Ali *et al*., 2020; Zhu *et al*., 2024)
سسکوئی‌ترپن‌ها (Sesquiterpenes)	ضدالتهاب و مدیریت بیماری‌هایی مانند آرتریت القای آپوپتوز در سلول‌های سرطانی خواص ضد میکروبی	(Chadwick *et al*., 2013; Hsu *et al*., 2024)
لاکتون‌ها (Lactone)	ضدباکتری، ضدویروس، ضدقارچ ضدالتهاب و اثرات ضدتکثیر سلولی کمک به توسعه داروهای جدید	(Drogosz and Janecka, 2019; Surowiak *et al*., 2021)
کومارین‌ها (Coumarin)	آنتی‌اکسیدان قوی و ضدالتهاب ضد میکروب، ضد سرطان، محافظت عصبی بهبود عملکرد عروق و سلامت قلب	(Bubols *et al*., 2013; Kowalczyk *et al*., 2020)
آلکالوئیدها (Alkaloids)	کنترل درد و اثرات ضدالتهابی کمک به درمان‌های ضد میکروبی مقاوم درمان بیماری‌های قلبی و بهبود گردش خون	(Sayhan *et al*., 2017; Casciaro *et al*., 2020)
ترپنوئیدها (Tarpanoidha)	نقش در دفاع گیاهی و رشد آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدسرطانی	(Câmara *et al*., 2024)
استروئیدها (Steroids)	تنظیم هورمونی و پاسخ به استرس تشکیل میلین و انتقال عصبی	(Kalakh and Mouihate, 2024)

نتیجه‌گیری

براساس مطالعه پژوهش‌های گذشته گیاه کاسنی به عنوان یک منبع غنی از ترکیبات زیست‌فعال بسیار مهم از جمله اینولین، فنولیک‌ها، فلاونوئیدها، و سزکویی‌ترپن‌هاست که هر کدام از این مواد به صورت ترکیب و سینرژیک و یا حتی به خودی خود نقش بسیار مهمی در سلامت و اثر درمانی دارد. بررسی‌ها نشان دهنده‌ی این است که مصرف کاسنی در بهبود بسیاری از بیماری‌ها از جمله دیابت، اختلالات کبدی، التهابات مزمن، عفونت‌های میکروبی و برخی سرطان‌ها می‌تواند مؤثر باشد. این گیاه با داشتن خواص آنتی‌اکسیدانی قوی، اثرات محافظتی بر کبد، خاصیت ضدالتهابی و تنظیم قند و چربی‌خون می‌تواند گزینه‌ای مناسب جهت استفاده در فرآورده‌های دارویی باشد. با توجه به پتانسیل بالای کاسنی نیاز به مطالعات بیشتر در زمنیه‌های بیولوژیکی و دارویی جهت بررسی خواص دارویی این گیاه برای بهره‌برداری در داروسازی مدرن و تولید مکمل‌های گیاهی وجود دارد.

منابع

Ali, SS., Ahmad, W., Budin, SB., Zainalabidin, S. (2020). Implication of dietary phenolic acids on inflammation in cardiovascular disease. Reviews in Cardiovascular Medicine, 21(1): 49–61. https://doi.org/10.31083/j.rcm.2020.02.49

Al-Snafi, AE., (2016). Medical importance of Cichorium intybus – A review. Journal of Pharmacy, 6(3): 41–56.

Bubols, G., Vianna, DR., Medina-Remón, A., Poser, G., Lamuela-Raventós, R., Eifler-Lima, V., Garcia S. (2013). The antioxidant activity of coumarins and flavonoids. Mini-Reviews in Medicinal Chemistry, 13(10): 1502–1513. https://doi.org/10.2174/138955713804999775

Câmara, J., Perestrelo, R., Ferreira, R., Berenguer, CV., Pereira, JAM., Castilho, P. (2024). Plant-derived terpenoids: A plethora of bioactive compounds with several health functions and industrial applications—a comprehensive overview. Molecules, 29(16): 3861. https://doi.org/10.3390/molecules29163861

Casciaro, B., Mangiardi, L., Cappiello, F., Romeo, I., Loffredo, M., Iazzetti, A. (2020). Naturally-occurring alkaloids of plant origin as potential antimicrobials against antibiotic-resistant infections. Molecules, 25(16): 3619. https://doi.org/10.3390/molecules25163619

Chadwick, M., Trewin, H., Gawthrop, F., Wagstaff, C. (2013). Sesquiterpenoids lactones: Benefits to plants and people. International Journal of Molecular Sciences, 14(6): 12780–12811. https://doi.org/10.3390/ijms140612780

Choudhary, S., Kaurav, H., Chaudhary, G. (2021). Kasani beej (*Cichorium intybus*): Ayurvedic view, folk view, phytochemistry, and modern therapeutic uses. International Journal of Research in Applied Science and Biotechnology, 8(2): 87–93. https://doi.org/10.31033/IJRASB.8.2.14

Drogosz J, Janecka A. 2019. Helenalin - A sesquiterpene lactone with multidirectional activity. *Current Drug Targets*, 20(6): 612–624. https://doi.org/10.2174/1389450119666181012125230

Hsu, C-Y., Rajabi, S., Hamzeloo-Moghadam, M., Kumar, A., Maresca, M., Ghildiyal, P. (2024). Sesquiterpene lactones as emerging biomolecules to cease cancer by targeting apoptosis. Frontiers in Pharmacology 15:1371002. doi:10.3389/fphar.2024.1371002.

Jabłońska-Trypuć, A., Krętowski, R., Kalinowska, M., Świderski, G., Cechowska-Pasko, M., Lewandowski, W. (2018). Possible mechanisms of the prevention of doxorubicin toxicity by cichoric acid—Antioxidant nutrient. Nutrients 10(1):44. doi:10.3390/nu10010044.

Janda, K., Gutowska, I., Geszke-Moritz, M., Jakubczyk, K. (2021). The common chicory (Cichorium intybus L.) as a source of extracts with health-promoting properties—A review. Molecules 26(6):1814. doi:10.3390/molecules26061814.

Kalakh, S., Mouihate, A. (2024). The effects of neuroactive steroids on myelin in health and disease. Medical Principles and Practice 33(1):24–32. doi:10.1159/000537794.

Kowalczyk, P., Madej, A., Paprocki, D., Szymczak, M., Ostaszewski, R. (2020). Coumarin derivatives as new toxic compounds to selected K12, R1–R4 E. coli strains. Materials 13(11):2499. doi:10.3390/ma13112499.

Li, B., Liu, X., Yin, M., Xue, L., Lu, L., Dai, F., Feng, W. (2022). An electrochemical biosensor for detection of cichoric acid as an anti-Alzheimer's disease agent in chicory samples based on Setaria-like trimetallic nanodendrites decorated NH_2-RGO flakes. J Electrochem Soc 169(11):116510. doi:10.1149/1945-7111/ac68a4.

Nwafor, IC., Shale, K., Achilonu, M. (2017). Chemical composition and nutritive benefits of chicory (Cichorium intybus) as an ideal complementary and/or alternative livestock feed supplement. The Scientific World Journal 2017:7343928. doi:10.1155/2017/7343928.

Sayhan, H., Beyaz, S., Çeliktaş, A. (2017). The local anesthetic and pain relief activity of alkaloids. In: Alkaloids - Alternatives in Synthesis, Modification and Application. pp. 49–61. doi:10.5772/intechopen.69847.

Surowiak, AK., Balcerzak, L., Lochyński, S., Strub, D. (2021). Biological activity of selected natural and synthetic terpenoid lactones. International Journal of Molecular Sciences 22(9):5036. doi:10.3390/ijms22095036.

Teferra, TF. (2021). Possible actions of inulin as prebiotic polysaccharide: A review. Food Frontiers, 2(2): 92–105. https://doi.org/10.1002/FFT2.92

Valanciene, E., Jonuškienė, I., Syrpas ,M., Augustiniene, E., Matulis, P., Simonavicius, A., Malys, N. (2020). Advances and prospects of phenolic acids production, biorefinery and analysis. Biomolecules, 10(6): 874. https://doi.org/10.3390/biom10060874

Wang, L., Wang, Z., Lan, Y., Tuo, Y., Ma, S., Liu, X. (2023). Inulin attenuates blood-brain barrier permeability and alleviates behavioral disorders by modulating the TLR4/MyD88/NF-κB pathway in mice with chronic stress. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 71(17): 5636–5645. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c03568

Zhu, C., Lin, Z., Jiang, H., Wei, F., Wu, Y., Song, L. (2024). Recent advances in the health benefits of phenolic acids in whole grains and the impact of processing techniques on phenolic acids: A comprehensive review. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 72(1): 23-42. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.4c05245

A review of the effective compounds and therapeutic effects of the medicinal plant chicory (*Cichorium intybus*)

Mitra Heidari Sadabadi[1], Maghsoud Pazhouhandeh[*2]
1. MSc. Student of Biotechnology, Agriculture Faculty, Azarbaijan Shahid Madani University
2. Associate Professor, Biotechnology Department, Azarbaijan Shahid Madani University
[*]*Corresponding Author: pazhouhandeh@gmail.com / mitraheidarisadabadi@gmail.com*

Abstract

Chicory (Cichorium intybus) from the Asteraceae family is one of the important and valuable medicinal plants that is of interest in traditional medicine and today in modern medicine. Due to its high adaptability to different climatic and weather conditions, it is grown in most parts of the world and is used as a natural source of bioactive compounds. According to studies, different parts of chicory, especially the leaves and roots, contain very valuable compounds such as inulin, flavonoids, phenolics, sesquiterpene lactones, and vitamins, each of which has special properties such as antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, antimicrobial, liver protection, and blood sugar and lipid-lowering effects. In this article, research conducted on various and effective compounds found in chicory and their role in the therapeutic properties of this plant is reviewed. The results of research conducted on the therapeutic use of chicory in various diseases such as diabetes, liver diseases, chronic inflammation, and cancer have also been reviewed. Given the special medicinal importance of chicory, this plant is a very suitable option with high potential in the field of therapy and biology.

Keywords: Anti-Oxidant, Flavonoids, phytochemical compounds, therapeutic properties, traditional medicine

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

بهبود جوانه‌زنی و کیفیت تولید اسطوخودوس انگلیسی و فرانسوی (*Lavandula* spp.) با استفاده از پرایمینگ اسید گاما آمینوبوتیریک: راهکاری نوین برای تجاری‌سازی گیاه دارویی

اسما متقی آزاد[1]، جواد علیزاده[1*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته علوم باغبانی، گرایش گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه، ایران

*نویسنده مسئول: alizadehjavad73.blogfa@gmail.com

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر غلظت‌های مختلف اسید گاما آمینوبوتیریک بر جوانه‌زنی و ویژگی‌های اولیه رشد دو گونه اسطوخودوس (انگلیسی و فرانسوی)، پژوهشی در سال ۱۴۰۳، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل دو گونه اسطوخودوس و شش غلظت مختلف اسید گاما آمینوبوتیریک (صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵، ۱۰ و ۱۲/۵ میلی‌مولار) بودند. نتایج نشان داد که غلظت‌های مختلف اسید گاما آمینوبوتیریک تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، طول گیاهچه و شاخص طولی بنیه گیاهچه داشت. بذرهای اسطوخودوس به‌ویژه گونه انگلیسی تیمار شده با ۵ و ۷/۵ میلی‌مولار اسید گاما آمینوبوتیریک بالاترین درصد جوانه‌زنی (۹۲/۶۷ و ۹۱/۳۳ درصد) و سرعت جوانه‌زنی (۱۳/۱۴ و ۱۲/۹۷ بذر در روز) را نشان دادند. در مقابل، بذرهای اسطوخودوس فرانسوی با غلظت‌های ۲/۵، ۱۰ و ۱۲/۵ میلی‌مولار اسید گاما آمینوبوتیریک کمترین درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی را داشتند. همچنین، طول گیاهچه در گونه انگلیسی با غلظت ۷/۵ میلی‌مولار اسید گاما آمینوبوتیریک به ۱۴/۶۷ سانتی‌متر رسید، در حالی که کمترین طول گیاهچه (۶/۱۱ سانتی‌متر) در بذرهای شاهد (بدون اسید گاما آمینوبوتیریک) مشاهده شد. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که استفاده از اسید گاما آمینوبوتیریک باعث تسریع در جوانه‌زنی و بهبود ویژگی‌های رشد اولیه گیاهان اسطوخودوس به‌ویژه در گونه انگلیسی می‌شود. این یافته‌ها می‌توانند به‌عنوان راهکاری برای بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهان اسطوخودوس در شرایط مختلف کشاورزی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: پیش‌تیمار، تولید نشاء، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه گیاهچه، *Lavandulla*.

مقدمه

یکی از چالش‌های عمده در توسعه و تجاری‌سازی گیاهان دارویی، به‌ویژه در مورد گیاهان پرکاربرد مانند اسطوخودوس، مشکل پایین بودن قدرت جوانه‌زنی بذر این گونه‌ها است (Aghighi Shahverdi et al., 2017). اسطوخودوس (*Lavandula* spp.) از خانواده نعناعیان (Lamiaceae) و یکی از گیاهان گل‌دار شناخته‌شده است که اغلب در کنار گیاهان معطر دیگری مانند نعناع، ریحان و آویشن قرار می‌گیرد. این گیاه چندساله بومی منطقه مدیترانه است، اما به دلیل کاربردهای متنوع آن در باغبانی، پزشکی و آشپزی در سراسر جهان محبوبیت یافته است. گونه‌های مختلفی از اسطوخودوس وجود دارند، اما دو گونه‌ی اسطوخودوس انگلیسی (*Lavandula angustifolia* Mill.) و اسطوخودوس فرانسوی (*L. stoechas* L.) از رایج‌ترین و مهم‌ترین گونه‌های پرورشی و تجاری آن محسوب می‌شوند

(Özsevinç and Alkan, 2023). ویژگی‌های خاص جوانه‌زنی بذر این گیاه، از جمله درصد پایین جوانه‌زنی و عدم یکنواختی در رشد گیاهچه‌ها، مانع از کشت و تولید تجاری گسترده آن می‌شود (Sarfaraz et al., 2024). در سال‌های اخیر، روش‌های مختلفی برای بهبود جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهان دارویی پیشنهاد شده است. یکی از این روش‌ها، استفاده از مواد محرک زیستی نظیر اسید گاما-آمینوبوتیریک به‌عنوان یک عامل پرایمینگ برای بهبود روند جوانه‌زنی بذر است. اسید گاما آمینوبوتیریک به‌عنوان یک اسید آمینه با خاصیت تعدیل‌کننده بر فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه، می‌تواند به‌طور مؤثری فرآیندهای سلولی مانند تقسیم سلولی و رشد ریشه را تحت تأثیر قرار دهد و در نتیجه، بهبود جوانه‌زنی و افزایش رشد گیاهچه را در پی داشته باشد (Zhou et al., 2021). در آزمایش ال-گران و همکاران (۲۰۲۴)، استفاده از اسید گاما آمینوبوتیریک به بهبود جوانه‌زنی، رشد گیاهچه، کاهش آسیب تنش اکسیداتیو و تقویت تحمل به شوری شد. از آنجایی که توسعه گونه‌های مختلف گیاهان دارویی در راستای تأمین نیاز بازارهای داخلی و خارجی اهمیت زیادی دارد، بهبود فرآیند جوانه‌زنی و رشد گیاهچه نه‌تنها منجر به کاهش هزینه‌ها و زمان تولید می‌شود، بلکه کیفیت محصول نهایی را نیز بهبود می‌بخشد که در نهایت به سودآوری بیشتر در صنعت گیاهان دارویی خواهد انجامید. از طرف دیگر، با توجه به اهمیت تجاری‌سازی گیاهان دارویی و نیاز به یافتن روش‌های نوین جهت ارتقای تولید و بهره‌وری در کشت این گیاهان، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف اسید گاما آمینوبوتیریک بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه دو گونه اسطوخودوس فرانسوی و انگلیسی اجرا شد. همچنین، تفاوت‌های موجود در واکنش این دو گونه به غلظت‌های مختلف اسید گاما آمینوبوتیریک و تأثیر این غلظت‌ها بر بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه‌ها در این پژوهش ارزیابی گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی شاخص‌های جوانه‌زنی شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، طول گیاهچه و شاخص طولی بنیه گیاهچه، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۳ در آزمایشگاه علوم بذر دانشگاه شاهد تهران اجرا شد. تیمارها شامل دو گونه اسطوخودوس، انگلیسی و فرانسوی و شش غلظت مختلف اسید گاما آمینوبوتیریک (صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵، ۱۰ و ۱۲/۵ میلی‌مولار) به‌عنوان عامل پرایمینگ بذر بودند. پس از انجام تمام مراحل تیمار اولیه، بذرها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق برای ذخیره‌سازی و خشک شدن نگهداری شدند. قبل از انجام آزمایش بذر، بذرها تحت فرآیند ضدعفونی قرار گرفتند. این فرآیند شامل استفاده از الکل ۷۰٪ به مدت یک دقیقه، سپس استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم ۵٪ به مدت ۳۰ ثانیه بود. در نهایت، بذرها سه بار با آب مقطر استریل شسته شدند تا از پاکیزگی آن‌ها اطمینان حاصل شود. آزمایش شامل قرار دادن ۵۰ بذر روی کاغذ واتمن شماره ۱ در هر پتری دیش بود، که به آن ۷ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده شد. به‌منظور جلوگیری از تبخیر آب، ظرف‌ها با پارافیلم پوشانده شده و پتری‌دیش‌ها در دمای ۳ ± ۲۳ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۵ ± ۷۵ درصد، ۱۶ ساعت نور و ۸ ساعت تاریکی در داخل اتاقک رشد قرار گرفتند. بعد از ۱۱ روز (طول دوره جوانه‌زنی)، شاخص‌های جوانه‌زنی شامل درصد و سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، طول گیاهچه و شاخص طولی بنیه گیاهچه محاسبه و ثبت شدند (Aghighi Shahverdi et al., 2017; Sarfaraz et al., 2024). در نهایت، داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۸ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین بین تیمارها نیز با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها، اثر گونه گیاهی و غلظت‌های مختلف اسید گاما آمینوبوتیریک بر ویژگی‌های درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، طول گیاهچه و شاخص طولی بنیه گیاهچه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند. علاوه بر این، اثر متقابل گونه گیاهی و غلظت‌های مختلف اسید گاما آمینوبوتیریک بر درصد و سرعت جوانه‌زنی و شاخص طولی بنیه گیاهچه در سطح احتمال ۱ درصد و بر طول گیاهچه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۱). در مقایسه میانگین اثر متقابل گونه گیاهی و غلظت‌های مختلف اسید گاما آمینوبوتیریک، پرایمینگ بذر اسطوخودوس انگلیسی با غلظت‌های ۵ و ۷/۵ میلی‌مولار اسید گاما آمینوبوتیریک منجر به بالاترین درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب با میانگین ۹۲/۶۷٪ و ۹۱/۳۳٪ شد. این نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی در گونه انگلیسی از نظر ژنتیکی نسبت به گونه فرانسوی بالاتر است. به‌طور خاص، کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به عدم کاربرد اسید گاما آمینوبوتیریک و همچنین پرایمینگ بذرهای گونه فرانسوی با غلظت‌های ۲/۵، ۱۰ و ۱۲/۵ میلی‌مولار اسید گاما آمینوبوتیریک (به‌ترتیب با میانگین‌های ۳۲، ۳۲/۳۶ و ۳۳/۳۳ درصد) بود (جدول ۲). از نظر سرعت جوانه‌زنی، پرایمینگ بذرهای گونه انگلیسی با غلظت‌های ۵ و ۷/۵ میلی‌مولار اسید گاما آمینوبوتیریک بیشترین میانگین سرعت جوانه‌زنی را به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۳/۱۴ و ۱۲/۹۷ بذر در روز نشان داد. همچنین، همانند درصد جوانه‌زنی، پرایمینگ بذرهای گونه فرانسوی با غلظت‌های صفر، ۲/۵، ۱۰ و ۱۲/۵ میلی‌مولار اسید گاما آمینوبوتیریک (به‌ترتیب با میانگین‌های ۲/۶۵، ۲/۹۷، ۳/۳۳ و ۲/۹۳ بذر در روز) کمترین میانگین سرعت جوانه‌زنی را داشتند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که میانگین زمان جوانه‌زنی در گونه فرانسوی به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از گونه انگلیسی (۳۷/۸۱ درصد) بود. از سوی دیگر، استفاده از اسید گاما آمینوبوتیریک در همه غلظت‌ها نسبت به عدم کاربرد آن (شاهد) منجر به کاهش زمان جوانه‌زنی شد، اما از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری میان غلظت‌های ۲/۵ تا ۱۲/۵ میلی‌مولار اسید گاما آمینوبوتیریک در این خصوص مشاهده نشد (جدول ۳). بر اساس یافته‌های آزمایش، بلندترین طول گیاهچه مربوط به بذرهای گونه انگلیسی تیمار شده با غلظت ۷/۵ میلی‌مولار اسید گاما آمینوبوتیریک بود که به میانگین ۱۴/۶۷ سانتی‌متر رسید. در حالی که کمترین طول گیاهچه در بذرهای گونه فرانسوی و بدون تیمار با اسید گاما آمینوبوتیریک (میانگین ۶/۱۱ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر پرایمینگ بذر دو گونه اسطوخودوس انگلیسی و فرانسوی با غلظت‌های مختلف اسید گاما آمینوبوتیریک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)				
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی	طول گیاهچه	شاخص طولی بنیه گیاهچه
گونه گیاهی	۱	۱۳۳۷۸/۷۸**	۴۸۷/۹۵**	۴۵/۸۱**	۷۴/۵۱**	۳۲۵۵۰۲۹/۳۹**
اسید گاما آمینوبوتیریک	۵	۷۱۱/۸۴**	۱۳/۷۷**	۰/۲۶**	۲۴/۴۱**	۲۸۷۷۹۰/۰۴**
گونه × اسید گاما آمینوبوتیریک	۵	۹۶/۹۱**	۳/۲۴**	۰/۰۵ns	۶/۰۳*	۸۱۴۵۲/۲۴**
خطا	۲۴	۲۰/۶۷	۰/۳	۰/۰۵	۱/۶۳	۸۲۱۶/۴۴
ضریب تغییرات (٪)		۷/۷۹	۷/۵۵	۴/۷۶	۱۱/۹۷	۱۳/۶

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهند.

همچنین، در مورد شاخص طولی بنیه گیاهچه، بذرهای گونه انگلیسی تیمار شده با غلظت‌های ۵ و ۷/۵ میلی‌مولار اسید گاما آمینوبوتیریک بالاترین میانگین‌ها را به‌ترتیب با مقادیر ۱۲۳۵/۳ و ۱۳۳۸/۶ داشتند، در حالی که عدم کاربرد و غلظت ۲/۵ میلی‌مولار اسید گاما آمینوبوتیریک در گونه فرانسوی کمترین میانگین‌ها را به‌ترتیب با مقادیر ۱۹۶/۸ و ۲۵۲/۳ نشان داد (جدول ۲). نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهند که غلظت‌های مختلف اسید گاما آمینوبوتیریک تأثیر معنی‌داری بر جوانه‌زنی، رشد و توسعه اولیه گیاه اسطوخودوس دارند. گونه‌های اسطوخودوس (انگلیسی و فرانسوی) به‌طور قابل‌توجهی به این تیمار واکنش نشان دادند. به‌طور کلی، گونه انگلیسی در مقایسه با گونه فرانسوی عملکرد بهتری در زمینه‌های درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه داشت. این امر ممکن است به تفاوت‌های ژنتیکی بین دو گونه مرتبط باشد که موجب تفاوت در نحوه واکنش آن‌ها به اسید گاما آمینوبوتیریک می‌شود. در پژوهشی مشابه، بیان شد که گونه انگلیسی اسطوخودوس تحت شرایط تنش شوری، از شاخص‌های جوانه‌زنی و رشدی گیاهچه بالاتری در مقایسه با گونه فرانسوی برخوردار بود (Sarfaraz et al., 2024). اثر اسید گاما آمینوبوتیریک به‌ویژه در غلظت‌های ۵ و ۷/۵ میلی‌مولار در گونه انگلیسی برجسته بود، جایی که این غلظت‌ها بیشترین درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی را به همراه داشتند. این یافته‌ها نشان می‌دهند که اسید گاما آمینوبوتیریک می‌تواند به‌عنوان یک محرک مؤثر در فرآیند جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه اسطوخودوس عمل کند که این امر به‌ویژه برای بهبود تولید نشا گیاهان اسطوخودوس حائز اهمیت است. همچنین، نتایج نشان داد که افزایش غلظت اسید گاما آمینوبوتیریک به‌ویژه در مقادیر بالاتر (۱۲/۵ و ۱۰ میلی‌مولار) تأثیر منفی بر درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی هر دو گونه اسطوخودوس به‌ویژه گونه فرانسوی داشت.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل غلظت‌های مختلف اسید گاما آمینوبوتیریک بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه اسطوخودوس انگلیسی و فرانسوی.

گونه گیاهی	غلظت اسید گاما آمینوبوتیریک (mM)	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	طول گیاهچه (سانتی‌متر)	شاخص طولی بنیه گیاهچه
انگلیسی	صفر	۵۴/۶۷±۳/۷۱c	۷/۱۳±۰/۴۲c	۷/۶۷±۰/۳۳ef	۴۱۶/۶۷±۹/۸۲de
	۲/۵	۷۶/۶۷±۲/۶۷b	۱۰/۸۵±۰/۲۴b	۱۳/۳۳±۱/۳۳ab	۱۰۲۹/۳۳±۱۴۱/۳۳b
	۵	۹۲/۶۷±۱/۷۶a	۱۳/۱۴±۰/۲۷a	۱۳/۳۳±۰/۳۳ab	۱۲۳۵/۳۳±۳۴/۶۵a
	۷/۵	۹۱/۳۳±۱/۳۳a	۱۲/۹۷±۰/۲a	۱۴/۶۷±۰/۳۳a	۱۳۳۸/۶۷±۱۱/۳۳a
	۱۰	۷۶±۳/۰۶b	۱۰/۷۴±۰/۳۵b	۱۲/۳۳±۰/۸۸bc	۹۳۷/۳۳±۷۴/۲bc
	۱۲/۵	۷۴/۶۷±۲/۶۷b	۱۰/۷۸±۰/۳۲b	۱۱/۳۳±۰/۳۳bc	۸۴۵/۳۳±۲۷/۰۶c
فرانسوی	صفر	۳۲±۵/۲۹d	۲/۶۵±۰/۵۸e	۶/۱۱±۰/۴۸f	۱۹۶/۸۴±۴۱/۴۴f
	۲/۵	۳۲±۲d	۲/۹۷±۰/۲۲e	۷/۹۴±۰/۵۸ef	۲۵۲/۳±۱۰/۱۳f
	۵	۴۹/۳۳±۰/۶۷c	۴/۴۶±۰/۱۷d	۸/۷±۰/۲۸de	۴۲۹/۳۹±۱۹/۲۶de
	۷/۵	۵۱/۳۳±۲/۴c	۵/۱±۰/۳۷d	۱۰/۷۷±۱/۰۲cd	۵۴۸/۵۵±۲۹/۷۷d
	۱۰	۳۶/۶۷±۰/۶۷d	۳/۳۳±۰/۲۴e	۱۱/۶۱±۱/۱۱bc	۴۲۴/۳۹±۳۵/۱۱de
	۱۲/۵	۳۳/۳۳±۱/۳۳d	۲/۹۳±۰/۱۵e	۱۰/۲۸±۰/۷۸cd	۳۴۲/۸۵±۳۰/۲۸ef
LSD = 5%		۷/۶۶	۰/۹۲	۲/۱۵	۱۵۲/۷

میانگین‌های (±SD) ارائه شده در هر ستون با حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

این مسئله می‌تواند نشان‌دهنده حساسیت بیشتر این گونه‌ها به غلظت‌های بالای اسید گاما آمینوبوتیریک باشد. مکانیسم اثر اسید گاما آمینوبوتیریک در جوانه‌زنی گیاهان احتمالاً از طریق تعدادی از فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف عمل می‌کند. اسید گاما آمینوبوتیریک با تغییر تعادل هورمونی در گیاه، به‌ویژه با افزایش تولید هورمون‌های رشد نظیر اکسین‌ها و سیتوکنین‌ها، می‌تواند سرعت جوانه‌زنی را افزایش دهد. همچنین، اسید گاما آمینوبوتیریک ممکن است از طریق تنظیم آنزیم‌ها و پروتئین‌های مرتبط با متابولیسم انرژی، فرآیندهای زیستی گیاه را تقویت کرده و موجب تسریع در جذب آب و مواد مغذی توسط بذرها شود (Hu et al., 2024). از سوی دیگر، اسید گاما آمینوبوتیریک می‌تواند به‌عنوان یک مولکول کمک‌کننده در برابر تنش‌های محیطی عمل کرده و در برابر شرایط نامساعد مانند کمبود آب یا تغییرات دمایی از گیاه محافظت کند که این امر به بهبود جوانه‌زنی و رشد اولیه کمک می‌کند (AL-Quraan et al., 2024). در مجموع، اسید گاما آمینوبوتیریک به‌عنوان یک محرک مؤثر از طریق تنظیم هورمونی، تقویت متابولیسم و حفاظت در برابر تنش، تأثیر مثبت خود را بر فرآیند جوانه‌زنی و رشد گیاهان اعمال می‌کند. به‌طور کلی، استفاده از اسید گاما آمینوبوتیریک به‌ویژه در غلظت‌های متوسط (۵ و ۷/۵ میلی‌مولار) برای گونه انگلیسی اسطوخودوس توصیه می‌شود و می‌تواند در بهبود درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و رشد اولیه این گیاهان کمک شایانی کند.

منابع

Aghighi Shahverdi, M., Omidi, H., and Tabatabaei, S. J. (2017). Effect of nutri-priming on germination indices and physiological characteristics of stevia seedling under salinity stress. *Journal of Seed Science, 39*, 353-362.

AL-Quraan, N. A., Samarah, N. H., and AL-Fawaz, A. M. (2024). The physiological effect of GABA priming on pepper (*Capsicum annuum* L.) during seed germination under salt stress. *Plant Growth Regulation, 104(2)*, 953-974.

Hu, Y., Huang, X., Xiao, Q., Wu, X., Tian, Q., Ma, W., Feng, Z. (2024). Advances in plant GABA research: Biological functions, synthesis mechanisms and regulatory pathways. *Plants, 13(20)*, 2891.

Özsevinç, A., and Alkan, C. (2023). Polyurethane shell medicinal lavender release microcapsules for textile materials: An environmentally friendly preparation. *Industrial Crops and Products, 192*, 116131.

Sarfaraz, S., Asgharzadeh, A., and Zabihi, H. (2024). Enhancing lavender germination and growth: An assessment of biofertilizer seed priming on physiological and biochemical attributes under water stress. *Journal of Medicinal Plants & By-Products, 13(4)*, 1037-1054.

Zhou, M., Hassan, M.J., Peng, Y., Liu, L., Liu, W., Zhang, Y., and Li, Z. (2021). γ-aminobutyric acid (GABA) priming improves seed germination and seedling stress tolerance associated with enhanced antioxidant metabolism, DREB expression, and dehydrin accumulation in white clover under water stress. *Frontiers in Plant Science, 12*, 776939.

Improvement of Germination and Quality of English and French Lavender (*Lavender* spp.) Production Using Gamma-Aminobutyric Acid Priming: An Innovative Approach for the Commercialization of Medicinal Plants

Asma Motaghi Azad[1], Javad Alizadeh[1]*
1. MSc student in Horticultural Science, Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, Maragheh University, Iran.
*Corresponding Author: alizadehjavad73.blogfa@gmail.com

Abstract

This study investigated the effect of Gamma-Aminobutyric Acid (GABA) on germination and early growth characteristics of two lavender species (*Lavandula angustifolia* Mill. and *L. stoechas* L.). The experiment was conducted in a factorial design within a completely randomized design with three replications in the Seed Science Laboratory of Shahed University, Tehran, in 2024. The treatments included two lavender species and six different Gamma-Aminobutyric Acid concentrations (0, 2.5, 5, 7.5, 10, and 12.5 mM). The results showed that different concentrations of Gamma-Aminobutyric Acid had a significant effect on germination percentage, germination rate, mean germination time, seedling length, and seedling vigor index. Specifically, *L. angustifolia* seeds treated with 5- and 7.5-mM Gamma-Aminobutyric Acid exhibited the highest germination percentages (92.67% and 91.33%) and germination rates (13.14 and 12.97 seeds per day). In contrast, *L. stoechas* seeds treated with 2.5-, 10-, and 12.5-mM Gamma-Aminobutyric Acid showed the lowest germination percentage and germination rate. Additionally, the seedling length of *L. angustifolia* reached 14.67 cm at a Gamma-Aminobutyric Acid concentration of 7.5 mM, while the shortest seedling length (6.11 cm) was achieved in the control group (no Gamma-Aminobutyric Acid). Overall, the findings suggest that Gamma-Aminobutyric Acid application accelerates germination and improves early growth characteristics in lavender plants, especially in the *L. angustifolia* ty. These results could be used as a strategy to improve germination and growth of lavender plants under different agricultural conditions.

Keywords: Pre-sowing seed treatment, seedling production, germination speed, seedling vigor index, *Lavandulla*.

کاربرد بیوتکنولوژی در تولید نانوحامل‌های زیستی حاوی عصاره گیاهان دارویی برای افزایش اثر بخشی تموزولومایید

زینت مصطفوی، محمود رحمتی*
دانشکده شیمی و مهندسی شیمی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان
*نویسنده مسئول: m.rahmati@kgut.ac.ir

چکیده

تموزولومایید یکی از داروهای اصلی مورد استفاده در درمان تومورهای مغزی است که با وجود اثربخشی قابل توجه، محدودیت‌هایی همچون سمیت سلولی و فراهمی زیستی پایین، مانع از بهره‌وری کامل آن شده‌است. این مقاله مروری به بررسی نقش بیوتکنولوژی در توسعه نانوحامل‌های زیستی حاوی عصاره گیاهان دارویی می‌پردازد که می‌توانند اثر بخشی تموزولومایید را افزایش دهند. در این راستا، روش‌های نوین تولید نانوذرات زیست‌سازگار، به ویژه استفاده از پلیمرهای طبیعی مانند کیتوسان و فرآیندهای کراس‌لینکینگ، مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین، اهمیت نانوکپسوله‌سازی عصاره‌های گیاهی در بهبود پایداری، فراهمی زیستی و کنترل رهایش ترکیبات فعال مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج مطالعات مروری نشان می‌دهد که نانوحامل‌های زیستی قادرند با هدفمند کردن دارورسانی، کاهش سمیت سیستمیک و افزایش اثرات ضدسرطانی، کارایی تموزولومایید را به طور چشمگیری بهبود بخشند. علاوه بر این، ترکیب عصاره‌های گیاهی با تموزولومایید در قالب نانوحامل‌ها، پتانسیل کاهش دوز دارو و عوارض جانبی آن را دارد. این رویکرد نوین، چشم‌اندازی نویدبخش برای ارتقای درمان‌های سرطان مقاوم به دارو و توسعه سیستم‌های دارورسانی ایمن‌تر و مؤثرتر فراهم می‌آورد. در نهایت، این مقاله بر اهمیت تلفیق فناوری نانو و بیوتکنولوژی در بهبود عملکرد داروهای ضدسرطان تأکید دارد.

واژه‌های کلیدی: بیوتکنولوژی، تموزولومایید، نانوحامل، نانوذرات، عصاره گیاهان دارویی

مقدمه

در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه بیوتکنولوژی و فناوری نانو رخ داده است که منجر به توسعه سیستم‌های دارورسانی نوین و هدفمند شده‌اند. یکی از چالش‌های اصلی در درمان سرطان، به ویژه تومورهای مغزی، محدودیت‌های داروهای شیمی‌درمانی مانند تموزولومایید است که شامل سمیت سلولی بالا، فراهمی زیستی پایین و مقاومت دارویی می‌شود. این مشکلات اثربخشی درمان را کاهش داده و نیازمند راهکارهای نوینی برای بهبود عملکرد داروها و کاهش عوارض جانبی آن‌ها است (Mozaffarian, 2021). استفاده از نانوحامل‌های زیستی به عنوان سیستم‌های دارورسانی، توجه زیادی را به خود جلب کرده است. این نانوحامل‌ها قادرند داروها و ترکیبات فعال گیاهی را به صورت هدفمند به محل بیماری منتقل کرده و رهایش کنترل‌شده‌ای را فراهم سازند. پژوهش‌های متعددی در این زمینه انجام شده است؛ برای مثال، پراساد و کوپلمن، نانوذرات کروی تولید کرده‌اند که توانایی تشخیص و درمان همزمان تومورهای سرطانی را داشته و اثرات جانبی دارو را کاهش می‌دهند (Prasad and Kopelman, 2020).

همچنین، مطالعات متعددی نشان داده‌اند که استفاده از پلیمرهای طبیعی مانند کیتوسان در ساخت نانوذرات زیست‌سازگار، بهبود پایداری و فراهمی زیستی داروها را افزایش داده و خواص ضدسرطانی آن‌ها را تقویت می‌کند (Kumar et al., 2019). پژوهشگران پژوهشکده زیست‌فناوری رویان نیز با بهره‌گیری از کیتوسان، نانوحامل‌های چندلایه‌ای طراحی کرده‌اند که قادر به تحویل هدفمند دارو به سلول‌های سرطانی بوده و سمیت سیستمیک را کاهش می‌دهند.

با توجه به اهمیت ارتقای اثربخشی تموزولومایید و کاهش عوارض جانبی آن، این مقاله مروری به بررسی کاربردهای بیوتکنولوژی در تولید نانوحامل‌های زیستی حاوی عصاره گیاهان دارویی می‌پردازد. هدف کلی پژوهش، ارائه چشم‌اندازی جامع از روش‌ها و مزایای این رویکرد نوین در بهبود درمان‌های ضدسرطان و توسعه سیستم‌های دارورسانی مؤثرتر است.

مواد و روش‌ها

این مقاله مروری با هدف بررسی کاربردهای بیوتکنولوژی در تولید نانوحامل‌های زیستی حاوی عصاره گیاهان دارویی به منظور افزایش اثربخشی داروی تموزولومایید تدوین شده است. برای گردآوری داده‌ها، جستجوی سیستماتیک و جامع در پایگاه‌های داده علمی معتبر شامل PubMed، Scopus، Web of Science و Google Scholar انجام گرفت. جستجوها با استفاده از کلیدواژه‌های مرتبط مانند«biotechnology»، «biological nanocarriers»، «plant extracts»، «temozolomide»، «targeted drug delivery» و معادل‌های فارسی آن‌ها صورت گرفت. بازه زمانی جستجو از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴ انتخاب شد تا جدیدترین پیشرفت‌ها و دستاوردهای علمی در این حوزه پوشش داده شود (Smith et al., 2021; Zhang and Li, 2022). پس از جمع‌آوری اولیه، مقالات بر اساس عنوان و چکیده غربال شدند تا مرتبط‌ترین منابع انتخاب شوند. سپس مقالات کامل بررسی و بر اساس معیارهای کیفیت علمی، ارتباط موضوعی، اصالت داده‌ها و زبان (مقالات انگلیسی) انتخاب شدند و مقالات تکراری، غیرمرتبط یا با کیفیت پایین حذف شدند (Kumar et al., 2019; Mozaffarian, 2021). اطلاعات استخراج شده به صورت موضوعی دسته‌بندی و تحلیل شدند تا روندهای تحقیقاتی، روش‌های بیوتکنولوژیکی تولید نانوحامل‌های زیستی، انواع پلیمرهای طبیعی و سنتز نانوذرات، نحوه بارگذاری عصاره‌های گیاهی و تأثیر آن‌ها بر افزایش فراهمی زیستی و اثربخشی تموزولومایید به طور جامع بررسی گردد (Prasad and Kopelman, 2020; Tian et al., 2020).

در این زمینه، نانوحامل‌های زیستی معمولاً بر پایه پلیمرهای طبیعی مانند کیتوسان، آلژینات و پلی‌لاکتیک-کو-گلیکولیک اسید (PLGA) ساخته می‌شوند که به دلیل زیست‌سازگاری و قابلیت تجزیه‌پذیری، گزینه‌های مناسبی برای دارورسانی هدفمند محسوب می‌شوند (Kumar et al., 2019). فرآیند تولید این نانوحامل‌ها عمدتاً شامل انکپسوله کردن عصاره‌های گیاهی استخراج شده با حلال‌های آبی یا الکلی در ساختار نانوذرات است. روش‌هایی مانند امولسیون دو فازی، نانوپرسپیتاسیون و کراس‌لینکینگ برای بارگذاری عصاره‌ها به کار گرفته می‌شوند به عنوان مثال، در واحدهای تحقیق و توسعه، عصاره‌های گیاهی مانند زنجبیل با استفاده از پلیمر کیتوسان به صورت نانوذرات انکپسوله می‌شوند و برای پایدارسازی نانوذرات و ایجاد ساختار شبکه‌ای مقاوم، از کراس‌لینکرهایی مانند سدیم تری‌پلی‌فسفات (TPP) استفاده می‌شود. پس از تولید، نانوذرات با سانتریفیوژ جدا شده و برای حذف مواد اضافی چندین بار با آب دیونیزه شسته می‌شوند. سپس با استفاده از امواج اولتراسونیک (سونیکیشن)، کلوئید نهایی نانوذرات بهینه شده و در ویال‌های مخصوص نگهداری می‌شوند (هیستوژنوتک، ۲۰۲۳) (Mozaffarian, 2021). در مواردی که عصاره‌های روغنی یا اسانس‌های گیاهی به کار می‌روند، فرآیند تولید نانوحامل‌ها با حل کردن اسانس در کلروفرم و افزودن قطره‌ای آن به

محلول پلیمری تحت هم‌زدن شدید صورت می‌گیرد. سپس کراس‌لینکر به محلول افزوده شده و نانوذرات با روش مشابه جداسازی و شست‌وشو می‌شوند (Nanofaraz, 2024). در علاوه بر این، نانوحامل‌های چندلایه با قابلیت تحویل هدفمند دارو و ترکیب چندین دارو یا عصاره گیاهی طراحی شده‌اند که باعث افزایش فراهمی زیستی، کاهش سمیت سیستمیک و بهبود اثرات ضدسرطانی تموزولومایدمی‌شوند (Prasad and Kopelman, 2020). همچنین، استفاده از نانوذرات لیپیدی ساختاریافته (NLCs) و نانوذرات پلیمری مانند PLGA به عنوان حامل‌های تموزولومایدبه دلیل افزایش پایداری دارو و کنترل رهایش آن، در مطالعات متعددی مورد تأیید قرار گرفته است (Tian et al., 2020). مطالعات آزمایشگاهی روی خطوط سلولی مختلف نشان داده‌اند که این نانوحامل‌ها با کنترل رهایش دارو و هدفمند کردن تحویل، می‌توانند مقاومت دارویی را کاهش داده و اثربخشی درمان را بهبود بخشند.

نتایج و بحث

نتایج بررسی روش‌های بیوتکنولوژیکی تولید نانوحامل‌های زیستی حاوی عصاره گیاهان دارویی برای افزایش اثربخشی تموزولومایدنشان می‌دهد که پلیمرهای طبیعی مانند کیتوسان، آلژینات و PLGA به دلیل زیست‌سازگاری و تجزیه‌پذیری، گزینه‌های مناسبی برای دارورسانی هدفمند هستند(Kumar et al., 2019). نانوذرات کیتوسانی پایدار شده با سدیم تری‌پلی‌فسفات (TPP) ساختاری مقاوم ایجاد کرده و پایداری و کنترل رهایش دارو را افزایش می‌دهند، که به کاهش سمیت سیستمیک و افزایش جذب سلولی تموزولومایدکمک می‌کند. کپسوله‌سازی عصاره‌های گیاهی با روش‌هایی مانند امولسیون دو فازی و نانوپرسپیتاسیون، پایداری و فراهمی زیستی ترکیبات فعال را بهبود می‌بخشد (Mozaffarian, 2021). به‌عنوان مثال، عصاره زنجبیل بارگذاری شده در نانوحامل‌های کیتوسانی، اثرات ضدسرطانی سینرژیک با تموزولومایدایجاد کرده و مقاومت دارویی را کاهش می‌دهد. همچنین، طراحی نانوحامل‌های چندلایه که امکان تحویل همزمان چند دارو یا ترکیبات گیاهی را فراهم می‌کنند، مزایایی از جمله افزایش هدفمندی، کاهش دوز دارو و عوارض جانبی را به همراه دارد و با کنترل بهتر رهایش دارو، اثربخشی درمان را بهبود می‌بخشد (Prasad and Kopelman, 2020). استفاده از نانوذرات لیپیدی ساختاریافته (NLCs) و نانوذرات پلیمری مانند PLGA نیز به دلیل افزایش پایداری دارو و کنترل رهایش آن، جذب بهتر تموزولومایددر بافت هدف و کاهش سمیت سیستمیک را بهبود می‌بخشد (Tian et al., 2020). مطالعات آزمایشگاهی روی خطوط سلولی مختلف نشان داده‌اند که این نانوحامل‌ها با کنترل رهایش دارو و هدفمند کردن تحویل، می‌توانند مقاومت دارویی را کاهش داده و اثربخشی درمان را بهبود بخشند (Zhou et al., 2025). با این حال، چالش‌هایی همچون حفظ پایداری نانوحامل‌ها در شرایط فیزیولوژیکی، بهینه‌سازی فرآیندهای تولید برای مقیاس صنعتی، ارزیابی ایمنی و کنترل دقیق رهایش دارو همچنان وجود دارد. حفظ پایداری نانوذرات در محیط‌های زیستی و جلوگیری از آگلومراسیون آن‌ها از مهم‌ترین مسائل فنی است که باید مورد توجه قرار گیرد. علاوه بر این، فرآیندهای تولید باید به گونه‌ای بهینه شوند که قابلیت تولید انبوه با کیفیت بالا را داشته باشند. ارزیابی دقیق سمیت نانوحامل‌ها و اطمینان از بی‌خطر بودن آن‌ها برای استفاده بالینی نیز از الزامات اساسی است. همچنین، توسعه سیستم‌هایی با قابلیت کنترل دقیق رهایش دارو برای افزایش اثربخشی درمان و کاهش عوارض جانبی ضروری است. از سوی دیگر، مزایای این فناوری شامل افزایش فراهمی زیستی و هدفمندی دارو، کاهش دوز مصرفی و عوارض جانبی، کنترل رهایش آهسته و مداوم دارو و افزایش پایداری عصاره‌های گیاهی است. نانوکپسوله‌سازی ترکیبات فعال عصاره‌های گیاهی موجب محافظت آن‌ها در برابر تجزیه و افزایش اثرات درمانی می‌شود. این ویژگی‌ها باعث شده است که نانوحامل‌های زیستی حامل عصاره گیاهان دارویی، چشم‌اندازی نویدبخش

برای ارتقای درمان سرطان‌های مقاوم به دارو فراهم کنند. مطالعات آینده باید بر ارزیابی ایمنی، بهینه‌سازی فرآیندهای تولید و انجام آزمایش‌های بالینی متمرکز شوند تا این فناوری بتواند به صورت گسترده در درمان‌های بالینی به کار گرفته شود. جدول ۱، مقایسه‌ای جامع از ویژگی‌ها، مزایا و چالش‌های نانوحامل‌های مختلف مورد استفاده در دارورسانی تموزولومايد ارائه می‌دهد. این جدول نشان می‌دهد که نانومولسیون‌ها و نانولیپوزوم‌ها به دلیل اندازه کوچک و قابلیت حمل ترکیبات متنوع، در افزایش فراهمی زیستی عصاره‌های گیاهی و داروها مؤثرند، اما نیازمند کنترل دقیق فرمولاسیون هستند. نانوذرات کیتوسانی با زیست‌سازگاری بالا و توانایی کنترل رهایش دارو، گزینه مناسبی برای کاهش سمیت سیستمیک محسوب می‌شوند. همچنین، نانوذرات پلیمری مانند PLGA و نانوذرات لیپیدی ساختاریافته به دلیل پایداری و قابلیت کنترل رهایش، نقش مهمی در بهبود اثربخشی تموزولومايد دارند، هرچند چالش‌هایی در زمینه تولید و ارزیابی ایمنی آن‌ها وجود دارد. این مقایسه کمک می‌کند تا انتخاب بهینه نانوحامل بر اساس نیازهای درمانی و ویژگی‌های دارویی تموزولومايد و عصاره‌های گیاهی انجام شود و راهکارهای بهینه برای افزایش اثربخشی و کاهش عوارض جانبی ارائه گردد.

جدول ۱. ویژگی‌ها، مزایا و چالش‌های نانوحامل‌های مختلف مورد استفاده در دارورسانی تموزولومايد

نوع نانوحامل	مواد سازنده	ویژگی‌ها و مزایا	چالش‌ها و محدودیت‌ها
نانومولسیون	سورفکتانت‌های توین ۸۰ و اسپن ۸۰، فاز روغنی اسانس مریم گلی	پایداری فیزیکی بالا، افزایش دسترسی زیستی و حلّالیت ترکیبات چربی‌دوست و آب‌دوست، خواص نتی‌اکسیدانی بالا	ناپایداری شیمیایی ترکیبات فعال، نیاز به کنترل دقیق فرمولاسیون
نانولیپوزوم	فسفاتیدیل کولین، گلیسرول، اسانس مریم گلی	ساختار وزیکولی کلوئیدی، پایداری مکانیکی و زیستی بالا، قابلیت حمل ترکیبات مختلف	پیچیدگی تولید، هزینه بالاتر نسبت به نانومولسیون‌ها
نانوذرات کیتوسانی	کیتوسان، سدیم تری‌پلی‌فسفات (TPP)	زیست‌سازگاری و تجزیه‌پذیری بالا، کنترل رهایش دارو، کاهش سمیت سیستمیک، افزایش جذب سلولی	حساسیت به شرایط محیطی، نیاز به بهینه‌سازی فرآیند کراس‌لینکینگ
نانوذرات پلیمری(PLGA)	پلی‌لاکتیک-کو-گلیکولیک اسید	پایداری بالا، کنترل دقیق رهایش دارو، قابلیت بارگذاری ترکیبات مختلف	هزینه تولید، نیاز به ارزیابی دقیق سمیت و زیست‌سازگاری
نانوذرات لیپیدی ساختاریافته (NLCs)	لیپیدهای جامد و مایع، سورفکتانت‌ها	افزایش پایداری دارو، کنترل رهایش، کاهش سمیت سیستمیک	پیچیدگی فرمولاسیون، امکان ناپایداری فیزیکی در شرایط خاص

نتیجه‌گیری

بیوتکنولوژی و فناوری نانو با استفاده از نانوحامل‌های زیستی حاوی عصاره گیاهان دارویی، اثربخشی داروی تموزولومايد در درمان سرطان‌های مغزی را بهبود بخشیده‌اند. پلیمرهای زیست‌سازگار مانند کیتوسان و PLGA، پایداری، فراهمی زیستی و کنترل رهایش دارو را افزایش داده و سمیت سیستمیک را کاهش می‌دهند. ترکیب عصاره‌های گیاهی با تموزولومايد در نانوحامل‌ها اثرات سینرژیک ضدسرطانی ایجاد کرده، مقاومت دارویی را کاهش و دوز دارو را کم می‌کند. با وجود مزایا، چالش‌هایی مانند پایداری نانوحامل‌ها، بهینه‌سازی تولید صنعتی و ارزیابی ایمنی نیازمند پژوهش بیشتر است. آینده تحقیقات باید روی بهبود

تولید، ارزیابی بالینی و تضمین ایمنی متمرکز باشد تا از پتانسیل کامل این فناوری‌ها در درمان‌های بالینی بهره‌برداری شود. در نهایت، ترکیب بیوتکنولوژی و نانو، چشم‌اندازی نویدبخش برای درمان‌های هدفمند، مؤثر و ایمن‌تر سرطان فراهم می‌کند.

منابع

Kumar, S., Singh, R., & Sharma, P. (2019). Chitosan-based nanoparticles for targeted drug delivery in cancer therapy: A review. *International Journal of Biological Macromolecules, 123*, 1036–1049.

Mozaffarian, D. (2021). Advances in nanotechnology for cancer treatment: Overcoming chemotherapy limitations. *Cancer Research Journal, 81(4)*, 789–798.

Nanofaraz, M. (2024). Preparation and characterization of essential oil-loaded polymeric nanoparticles for enhanced anticancer activity. *Journal of Nanomedicine Research, 12(2)*, 145–158.

Prasad, P., & Kopelman, R. (2020). Multifunctional nanoparticles for simultaneous cancer diagnosis and therapy. *Journal of Nanomedicine, 15(2)*, 112–125.

Tian, X., Zhang, Y., & Li, J. (2020). Enhanced brain delivery of temozolomide via polybutyl cyanoacrylate nanoparticles modified with polysorbate 80. *International Journal of Pharmaceutics, 586*, 119569.

Smith, J., et al. (2021). Biosynthesis of silver nanoparticles from plant extracts and their biomedical applications: A comprehensive review. *Nanomaterials, 11(3)*, 528.

Zhang, X., & Li, Y. (2022). Plant-based synthesis, characterization, and applications of metal nanoparticles: Advances and challenges. *Journal of Nanobiotechnology, 20(1)*, 45.

Zhou, H., Li, M., & Zhang, L. (2025). Exploratory study on nanoparticle co-delivery of temozolomide and herbal extracts for glioblastoma therapy. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine, 40*, 102530.

Application of biotechnology in the production of bionanocarriers containing medicinal plant extracts to increase the effectiveness of temozolomide

Zinat Mostafavi[1], Mahmoud Rahmati*[1]
1. Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, Graduate University of Industrial Technology and Advanced Technology, Kerman
*Corresponding Author: m.rahmati@kgut.ac.ir

Abstract

Temozolomide is one of the main drugs used in the treatment of brain tumors, which despite its significant efficacy, limitations such as cytotoxicity and low bioavailability have prevented its full efficiency. This review article examines the role of biotechnology in the development of bionanocarriers containing medicinal plant extracts that can increase the efficacy of temozolomide. In this regard, new methods for producing biocompatible nanoparticles, especially the use of natural polymers such as chitosan and crosslinking processes, have been investigated. Also, the importance of nanoencapsulation of plant extracts in improving stability, bioavailability, and controlled release of active compounds has been analyzed. The results of the review studies show that bionanocarriers can significantly improve the efficacy of temozolomide by targeting drug delivery, reducing systemic toxicity, and enhancing anticancer effects. Furthermore, combining plant extracts with temozolomide in the form of nanocarriers has the potential to reduce the drug dose and its side effects. This novel approach offers a promising prospect for improving drug-resistant cancer treatments and developing safer and more effective drug delivery systems. Finally, this article emphasizes the importance of combining nanotechnology and biotechnology in improving the performance of anticancer drugs.

Keywords: Biotechnology, Temozolomide, Nanocarrier, Nanoparticles, Medicinal Plant Extracts

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

استفاده از بیوتکنولوژی برای توسعه فرمولاسیون‌های هدفمند ترکیبات گیاهی علیه سلول‌های بنیادی سرطانی مغز

زینت مصطفوی، محمود رحمتی*
دانشکده شیمی و مهندسی شیمی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان
*نویسنده مسئول: m.rahmati@kgut.ac.ir

چکیده

سلول‌های بنیادی سرطانی مغز به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مقاومت به درمان تومورهای مغزی شناخته می‌شوند و هدف‌گذاری مؤثر آن‌ها می‌تواند نقش کلیدی در بهبود درمان بیماران مبتلا به سرطان مغز ایفا کند. ترکیبات گیاهی به دلیل خواص ضدسرطانی و سمیت پایین‌تر نسبت به داروهای شیمیایی، گزینه‌های امیدبخشی برای درمان این سلول‌ها به شمار می‌روند. هدف این مقاله مروری، بررسی نقش بیوتکنولوژی در توسعه و بهبود فرمولاسیون‌های هدفمند ترکیبات گیاهی علیه سلول‌های بنیادی سرطانی مغز است. در این راستا، ابتدا روش‌های نوین استخراج و افزایش تولید ترکیبات فعال گیاهی از طریق کشت بافت و اصلاح ژنتیکی گیاهان دارویی مورد بررسی قرار گرفته‌است. سپس، فناوری‌های نوین دارورسانی هدفمند، از جمله استفاده از نانوذرات و حامل‌های زیستی برای افزایش اثربخشی و کاهش عوارض جانبی ترکیبات گیاهی، تحلیل شده‌اند. همچنین، مطالعات پیش‌بالینی و مدل‌سازی‌های زیستی برای ارزیابی سمیت و کارایی این فرمولاسیون‌ها مرور شده‌است. نتایج این مرور نشان می‌دهد که ادغام فناوری‌های بیوتکنولوژی با علوم دارویی می‌تواند افق‌های جدیدی برای درمان هدفمند و مؤثر سلول‌های بنیادی سرطانی مغز بگشاید، هرچند چالش‌هایی همچون استانداردسازی، ایمنی و نیاز به مطالعات بالینی گسترده‌تر همچنان باقی است.

واژه‌های کلیدی: بیوتکنولوژی، دارورسانی هدفمند، سلول‌های بنیادی سرطانی مغز، فرمولاسیون گیاهی، نانوذرات

مقدمه

سرطان مغز، به ویژه تومورهای تهاجمی مانند گلیوبلاستوما، یکی از چالش‌برانگیزترین بیماری‌های سیستم عصبی مرکزی است که به دلیل رشد سریع، مقاومت به درمان و نرخ بالای عود، بقای بیماران را به شدت کاهش می‌دهد. در دهه‌های اخیر، شناسایی جمعیت کوچکی از سلول‌های توموری به نام سلول‌های بنیادی سرطانی مغز نقطه عطفی در درک پاتوفیزیولوژی و درمان این بیماری‌ها بوده است (Bonnet and Dick, 1997). این سلول‌ها به دلیل ویژگی‌هایی چون خود نوسازی، تکثیر بالا و توانایی تمایز به انواع سلول‌های توموری، نقش اصلی در ایجاد، پیشرفت، مقاومت به درمان و عود مجدد تومورها ایفا می‌کنند. تاریخچه کشف سلول‌های بنیادی سرطانی به اواخر دهه ۱۹۹۰ بازمی‌گردد، زمانی که جان دیک و پس از او Bonnet و همکارانش، برای نخستین بار وجود این سلول‌ها را در لوسمی میلوئید حاد اثبات کردند (Bonnet and Dick, 1997). آن‌ها جمعیتی از سلول‌های CD34+ CD38- را به عنوان سلول‌های بنیادی سرطانی با توانایی تکثیر، خودنوسازی و تمایز شناسایی کردند. پس از آن، وجود سلول‌های بنیادی

سرطانی در تومورهای جامد از جمله مغز (گلیوما)، پستان، ریه، کبد و سایر اندام‌ها نیز به اثبات رسید و پژوهش‌های متعددی برای شناسایی ویژگی‌های بیولوژیکی، مسیرهای ژنی و نشانگرهای سطحی این سلول‌ها انجام شد. از جمله نشانگرهای شاخص می‌توان به CD44، CD24 و CD133 اشاره کرد که در جداسازی و هدف‌گذاری درمانی این سلول‌ها اهمیت دارند. در سال‌های اخیر، رویکردهای درمانی نوینی برای هدف‌گیری سلول‌های بنیادی سرطانی مغز توسعه یافته است. به طور خاص، درمان‌های مبتنی بر سلول‌های CAR-T که گیرنده‌های اختصاصی مانند IL13Rα2 را هدف قرار می‌دهند، در مطالعات بالینی نتایج امیدوارکننده‌ای در کنترل تومورهای مقاوم به درمان نشان داده‌اند. با این حال، محدودیت‌هایی مانند عبور دارو از سد خونی مغزی و عوارض جانبی، اثربخشی درمان‌های رایج را محدود ساخته است. در این میان، ترکیبات گیاهی به دلیل ساختار شیمیایی متنوع، سمیت کمتر و اثرات جانبی محدود، به عنوان منابع امیدبخشی برای توسعه داروهای ضدسرطان مطرح شده‌اند. مطالعات متعددی اثبات کرده‌اند که برخی ترکیبات فعال گیاهی مانند کورکومین و رزوراترول می‌توانند رشد و بقای سلول‌های بنیادی سرطانی مغز را مهار کنند (Kakarala et al., 2010). با این وجود، مشکلاتی نظیر پایداری پایین، زیست‌دسترسی کم و عدم هدفمندی کافی، کاربرد بالینی این ترکیبات را محدود می‌کند (Kakarala et al., 2010). پیشرفت‌های چشمگیر در حوزه بیوتکنولوژی، به ویژه در زمینه کشت بافت گیاهان دارویی، اصلاح ژنتیکی و فناوری نانو، امکان تولید انبوه، استخراج بهینه و فرمولاسیون هدفمند ترکیبات گیاهی را فراهم آورده است (Patra et al., 2018). پژوهش‌هایی که از سیستم‌های دارورسانی هوشمند و نانوذرات برای انتقال ترکیبات گیاهی به سلول‌های بنیادی سرطانی استفاده کرده‌اند، نتایج امیدوارکننده‌ای در افزایش کارایی و کاهش عوارض جانبی گزارش کرده‌اند (Patra et al., 2018). با توجه به پیشینه علمی و اهمیت بالای موضوع، هدف کلی این مقاله مروری، بررسی نقش بیوتکنولوژی در توسعه و بهبود فرمولاسیون‌های هدفمند ترکیبات گیاهی علیه سلول‌های بنیادی سرطانی مغز و مرور دستاوردهای پژوهشی معتبر در این زمینه است.

مواد و روش‌ها

در این مقاله مروری، به بررسی نقش بیوتکنولوژی در توسعه فرمولاسیون‌های هدفمند ترکیبات گیاهی علیه سلول‌های بنیادی سرطانی مغز پرداخته شده است. مقالات منتشرشده از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ که به کاربرد فناوری‌های بیوتکنولوژیک و ترکیبات گیاهی در درمان هدفمند سلول‌های بنیادی سرطانی مغز پرداخته بودند، انتخاب گردیدند. معیار انتخاب منابع، اصالت پژوهش، اعتبار مجله، و تمرکز بر فناوری‌های نوین دارورسانی و اثرات ضدسرطانی ترکیبات گیاهی بود. اطلاعات کلیدی شامل نوع ترکیبات گیاهی، روش‌های استخراج و فرمولاسیون (مانند نانوذرات)، مدل‌های آزمایشگاهی و نتایج اثربخشی و سمیت استخراج و تحلیل شدند. مطالعاتی که از مدل‌های کشت سلول‌های بنیادی سرطانی مغز و مدل‌های حیوانی یا ارگانوئید برای ارزیابی کارایی فرمولاسیون‌های هدفمند استفاده کرده‌اند، مرور شدند. همچنین فناوری‌های نوین دارورسانی مانند نانوذرات و سیستم‌های مبتنی بر بیوپلیمرها جهت افزایش زیست‌دسترسی و هدفمندی ترکیبات گیاهی مورد بررسی قرار گرفتند. داده‌های مربوط به مهار رشد سلول‌های بنیادی سرطانی، کاهش عود تومور و سمیت بر سلول‌های سالم جمع‌آوری و مقایسه شدند. در موارد استفاده از روش‌های مرسوم، پروتکل‌های استاندارد به کار گرفته شد و در روش‌های نوین مانند نانوفرمولاسیون‌ها، جزئیات طراحی و اجرا تشریح گردید. این رویکرد نظام‌مند امکان تحلیل جامع از پیشرفت‌های علمی و فناوری در زمینه توسعه فرمولاسیون‌های هدفمند ترکیبات گیاهی علیه سلول‌های بنیادی سرطانی مغز را فراهم کرده است (Wang et al., 2018; Seca and Pinto, 2018).

نتایج و بحث

نتایج در این مقاله مروری، نقش بیوتکنولوژی و فناوری نانو در توسعه فرمولاسیون‌های هدفمند ترکیبات گیاهی علیه سلول‌های بنیادی سرطانی مغز با تأکید بر دارورسانی هدفمند، شناسایی اهداف درمانی، کاربردهای بالینی و پژوهشی، و همچنین چالش‌ها و چشم‌اندازهای آینده بررسی شد. یافته‌ها نشان داد که سیستم‌های دارورسانی مبتنی بر نانوذرات، به ویژه نانوذرات لیپیدی و پلیمری، به علت زیست‌سازگاری، پایداری بالا و قابلیت اصلاح سطح، امکان عبور مؤثر از سد خونی مغزی و تجمع انتخابی در بافت توموری را فراهم می‌کنند. این نانوفرمولاسیون‌ها با استفاده از لیگاندهای اختصاصی نظیر آنتی‌بادی‌ها و پپتیدها، هدف‌گیری فعال سلول‌های بنیادی سرطانی را ممکن ساخته و موجب افزایش اثربخشی درمان و کاهش عوارض جانبی بر سلول‌های سالم می‌شوند (Sun et al., 2022). در مطالعات آزمایشگاهی و مدل‌سازی‌های پیش‌بالینی، فرمولاسیون‌های نانوحامل حاوی ترکیبات گیاهی مانند کورکومین و رزوراترول، توانسته‌اند رشد و بقای سلول‌های بنیادی سرطانی مغز را مهار کرده و سمیت کمتری نسبت به داروهای شیمیایی رایج ایجاد کنند. همچنین مدل‌سازی‌های سه‌بعدی و ارگانوئیدهای مغزی برای پیش‌بینی سمیت و اثربخشی این فرمولاسیون‌ها به کار رفته‌اند و نتایج اولیه، پتانسیل بالای این رویکردها را در درمان هدفمند تومورهای مغزی نشان داده است (Sun et al., 2022). با وجود این پیشرفت‌ها، چالش‌هایی همچون عبور ایمن و مؤثر از سد خونی مغزی، شناسایی دقیق اهداف مولکولی، افزایش پایداری و زیست‌دسترسی ترکیبات گیاهی و همچنین استانداردسازی فرمولاسیون‌ها همچنان مطرح است. نیاز به مطالعات بالینی گسترده‌تر و توسعه سیستم‌های دارورسانی هوشمند با قابلیت پاسخ به محیط تومور، از اولویت‌های آینده پژوهش در این حوزه به شمار می‌رود (Sun et al., 2022). برای مقایسه ساختاری و عملکردی دو رویکرد دارورسانی فعال و غیرفعال، جدول ۱ ارائه شده است که مزایا و محدودیت‌های هر روش را به صورت خلاصه نمایش می‌دهد (جدول ۱)

جدول ۱. مقایسه دارورسانی غیر فعال و فعال به سلول‌های بنیادی سرطانی مغز

نوع دارورسانی	ویژگی	مزیت	چالش
غیر فعال	مبتنی بر تجمع غیراختصاصی	ساده و کم‌هزینه	اختصاصیت پایین، سمیت بیشتر
فعال	اتصال لیگاند اختصاصی به گیرنده تومور	هدف‌گیری دقیق، سمیت کمتر	نیاز به شناسایی گیرنده مناسب، پیچیدگی ساخت

در مجموع، فناوری‌های بیوتکنولوژیک و نانوفرمولاسیون‌ها مسیرهای نوینی برای افزایش اثربخشی و کاهش عوارض درمان‌های ترکیبات گیاهی علیه سلول‌های بنیادی سرطانی مغز فراهم کرده‌اند، اما تحقق کاربردهای بالینی گسترده نیازمند رفع چالش‌های فنی و انجام مطالعات بالینی جامع‌تر است (Sun et al., 2022).

نتیجه‌گیری

نتایج این مرور نشان می‌دهد که ادغام فناوری‌های بیوتکنولوژی و نانوفرمولاسیون‌ها با علوم دارویی، افق‌های نوینی برای درمان هدفمند سلول‌های بنیادی سرطانی مغز گشوده است. استفاده از نانوذرات اصلاح‌شده با لیگاندهای اختصاصی، امکان عبور مؤثر از سد خونی مغزی و تجمع انتخابی دارو در بافت توموری را فراهم کرده و موجب افزایش اثربخشی درمان و کاهش عوارض جانبی شده است. ترکیبات گیاهی، به ویژه در قالب فرمولاسیون‌های هدفمند، پتانسیل بالایی برای مهار رشد و بقای سلول‌های بنیادی سرطانی نشان داده‌اند و در مدل‌های پیش‌بالینی و

آزمایشگاهی نتایج امیدوارکننده‌ای داشته‌اند. با این حال، چالش‌هایی همچون بهینه‌سازی فرمولاسیون‌ها، افزایش زیست‌دسترسی ترکیبات فعال، شناسایی دقیق‌تر اهداف مولکولی و عبور ایمن از سد خونی مغزی همچنان باقی است. همچنین، نیاز به مطالعات بالینی گسترده‌تر برای ارزیابی ایمنی و اثربخشی این رویکردها در جمعیت‌های متنوع بیماران وجود دارد. آینده پژوهش در این حوزه بر توسعه سیستم‌های دارورسانی هوشمند، شناسایی نشانگرهای اختصاصی‌تر تومور و ادغام فناوری‌های مدل‌سازی پیشرفته متمرکز خواهد بود. در مجموع، پیشرفت‌های اخیر نویدبخش ارتقای درمان‌های شخصی‌سازی‌شده و مؤثرتر برای بیماران مبتلا به تومورهای مغزی است.

منابع

Bonnet, D., & Dick, J. E. (1997). Human acute myeloid leukemia is organized as a hierarchy that originates from a primitive hematopoietic cell. *Nature Medicine, 3(7)*, 730–737.

Kakarala, M., Brenner, D. E., Korkaya, H., Cheng, C., Tazi, K., Ginestier, C., ... & Wicha, M. S. (2010). Targeting breast stem cells with the cancer preventive compounds curcumin and piperine. *Breast Cancer Research and Treatment, 122(3)*, 777–785.

Patra, J. K., Das, G., Fraceto, L. F., Campos, E. V. R., Rodriguez-Torres, M. d. P., Acosta-Torres, L. S., ... & Shin, H. S. (2018). Nano based drug delivery systems: recent developments and future prospects. *Journal of Nanobiotechnology, 16*, 71.

Seca, A. M. L., & Pinto, D. C. G. A. (2018). Plant secondary metabolites as anticancer agents: Successes in clinical trials and therapeutic application. *International Journal of Molecular Sciences, 19(1)*, 263.

Sun, Y., Li, Q., Wang, C., Wang, Z., & Yu, X. (2022). Progress of nanoparticle drug delivery system for the treatment of gliomas. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 12*, 1403511.

Wang, D., Fu, L., Sun, H., & Guo, L. (2018). Targeting cancer stem cells with dietary phytochemical. *Pharmacological Research, 135*, 150–165.

Using biotechnology to develop targeted formulations of herbal compounds against brain cancer stem cells

Zinat Mostafavi, Mahmoud Rahmati*
Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, Graduate University of Industrial Technology and Advanced Technology, Kerman
*Corresponding Author: m.rahmati@kgut.ac.ir

Abstract

Brain cancer stem cells are known to be one of the most important factors in resistance to brain tumor treatment, and their effective targeting can play a key role in improving the treatment of patients with brain cancer. Herbal compounds are considered promising options for treating these cells due to their anticancer properties and lower toxicity compared to chemical drugs. The aim of this review article is to investigate the role of biotechnology in the development and improvement of targeted formulations of herbal compounds against brain cancer stem cells. In this regard, first, new methods of extraction and increased production of herbal active compounds through tissue culture and genetic modification of medicinal plants have been investigated. Then, new technologies of targeted drug delivery, including the use of nanoparticles and biocarriers to increase the effectiveness and reduce the side effects of herbal compounds, have been analyzed. Also, preclinical studies and biological modeling to evaluate the toxicity and efficacy of these formulations have been reviewed. The results of this review indicate that the integration of biotechnology technologies with pharmaceutical sciences can open new horizons for targeted and effective treatment of brain cancer stem cells, although challenges such as standardization, safety, and the need for larger clinical studies remain.

Keywords: Biotechnology, Targeted Drug Delivery, Brain Cancer Stem Cells, Herbal Formulation, Nanoparticles

ارزیابی تاثیر اثر پرایمینگ برخی مواد آلی بر جوانه‌زنی گیاهچه‌های گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) تحت شرایط تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول

سرور محمدی*[1]، محدثه شمس‌الدین سعید[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی دانشگاه باهنرکرمان، دانشکده کشاورزی واحد بردسیر

۲- استادیار گروه تولیدات گیاهی، مرکز آموزش عالی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان

*نویسنده مسئول: Soroormohammadi234@gmail.com

چکیده

تنش خشکی موجب کاهش جوانه زنی و رشد گیاهان میشود و ارائه راهکار هایی از قبیل پرایمینگ بذور برای افزایش یکنواختی جوانه زنی و رشد گیاهان و مقابله با تنش خشکی بسیار حائز اهمیت است. بدین منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و با سه تکرار در آزمایشگاه پژوهشی مرکز آموزش عالی کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال ۱۴۰۴ اجرا شد. تیمارها شامل: شش سطح پرایمینگ (ورمی کمپوست ۵ و ۱۰ گرم)، اسید هیومیک (۲۰ و ۴۰ گرم) ، بیوچار(۵ و ۱۰ گرم) ، بذر مخروط کاج(۵ و ۱۰گرم)، آب مقطر و شاهد (بدون پرایم) و چهار سطح تنش خشکی (صفر، ۲_، ۴_، ۶_ مگاپاسکال) از طریق محلول پلی اتیلن گلایکول بودند. نتایج نشان داد که تنش خشکی اثر معنی داری بر وزن خشک ریشه، وزن خشک کل، درصد و سرعت جوانه زنی، شاخص طولی، شاخص وزنی، طول ریشه و همچنین طول کل داشت. همچنین بیشترین مقدار خشک ریشه چه، ساقه چه مربوط به تنش خشکی صفر مگاپاسکال (۰/۰۱۱۳) و کمترین آن مربوط به تنش خشکی۲_ مگاپاسکال (۰/۰۰۴۴) بود. همچنین، بیشترین مقدار وزن خشک برگ و وزن خشک کل مربوط تنش خشکی صفر مگاپاسکال به ترتیب با مقادیر ۰/۰۲۸۷۳، ۰/۰۴۳۰۲ و کمترین آن مربوط به تنش خشکی ۲_ مگاپاسکال به ترتیب با مقادیر ۰/۰۲۴۵۸، ۰/۰۳۰۹۵ بود. نتایج این تحقیق نشان داد که تنش خشکی اثر منفی و معنی داری بر اغلب صفات رشد و جوانه زنی گیاه گاوزبان ایرانی داشت. برخی تیمارها مانند عصاره اسید هیومیک ۲۰ و ۴۰ گرم، پیش تیمار و ... در شرایط تنش توانستند عملکرد مطلوبی حفظ کنند.

واژه‌های کلیدی: اسید هیومیک، بذر مخروط کاج، بیوچار، قدرت جوانه زنی، گاوزبان ایرانی

مقدمه

تنش خشکی یکی از اصلی‌ترین عوامل محیطی است که با اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه، باعث کاهش رشد و عملکرد گیاهان، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌شود (Sajadinik et al., 2013). از جمله اثرات منفی تنش خشکی بر گیاهان می‌توان به کاهش محتوای آب در برگ‌ها، کاهش جذب مواد مغذی، مختل شدن فرآیند فتوسنتز وکاهش رشد و عملکرد گیاهان اشاره کرد (Siddiqui et al., 2015). امروزه روش‌های مختلفی برای بهبود کیفیت بذر و افزایش درصد جوانه‌زنی و استقرار بهتر گیاهچه‌ها، به ویژه در مواجه با تنش‌های محیطی نظیر تنش خشکی، مورد بررسی قرار گرفته است. یکی از این روش‌ها، پرایمینگ بذر است. جوانه زنی مرحله بسیار حیاتی در چرخه زندگی گیاهان است و تحمل به خشکی در این مرحله برای استقرار صحیح گیاهان در شرایط

کم آبی ضروری است. پرایمینگ روشی است که با تحریک جوانه زنی دانه‌ها تحت شرایط تنش و غیر تنش، این فرآیند را بهبود می‌بخشد و منجر به تسریع، یکنواختی و بهبود رشد گیاهان می‌شود (Machado et al., 2017). کاربرد هیدروپرایمینگ به دلیل فراهم کردن آب کافی برای بذر، منجر به افزایش درصد جوانه زنی، خروج یکنواخت و سریع گیاهچه‌ها و رشد بهتر گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی می‌شود (Tania et al., 2020). اسید هیومیک با افزایش جذب عناصر پر مصرف و کم مصرف در گیاه، توانایی نگهداری آب و مواد غذایی را در گیاه تقویت میکند و در نتیجه، سلامت گیاه بهبود یافته و مقاومت آن در برابر آفات، بیماری‌ها و تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد (Tang et al., 2020). پژوهشگران بیان کردند که کاربرد پرایمینگ اسیدهیومیک موجب کاهش اثرات تنش خشکی و افزایش تحمل گیاهانی مانند ارزن (Shen et al., 2020) و شنبلیله (Abd Elhakem et al., 2021) می‌شود. از دیگر راهکارهای مقابله با تنش خشکی می‌توان به کاربرد ورمی کمپوست اشاره کرد. عصاره ورمی کمپوست به دلیل فراوانی مواد آلی و عناصر غذایی نسبت به سایر کودهای آلی و همچنین وجود عناصر کم مصرف مانند آهن، روی، مس و منگنز نقش مهمی در رشد گیاهان، به ویژه در مراحل حساس جوانه زنی و تغذیه گیاهی ایفا می‌کند (Voko et al., 2021; Hoseinzadeh et al., 2016). بیوچار یا زغال زیستی ازطریق فرآیند تبدیل حرارتی- شیمیایی یا تجزیه زیست توده‌های گیاهی، حیوانی و کودهای دامی در دماهای حدود ۲۰۰ تا ۷۰۰درجه سانتی‌گراد، در محیط بدون اکسیژن یا با حداقل اکسیژن تولید می‌شود (He et al., 2019). هدف از این پژوهش، بررسی اثر پرایمینگ با برخی مواد آلی مانند ورمی کمپوست، اسید هیومیک، بیوچار و بذر مخروط کاج بر جوانه زنی گیاهچه‌های گاوزبان ایرانی تحت شرایط مختلف تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول به منظور بهبود استقرار گیاهچه‌ها و افزایش تحمل آن‌ها در برابر کم آبی است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر پرایمینگ برخی مواد آلی بر جوانه زنی گیاهچه گاوزبان ایرانی تحت تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریلی در قالب طرح کاملا تصادفی و با سه تکرار در آزمایشگاه پژوهشی مرکز آموزش عالی کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال۱۴۰۴ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل: شش سطح پرایمینگ (ورمی کمپوست ۵ و ۱۰ گرم)، اسید هیومیک(۲۰ و ۴۰ گرم) ، بیوچار(۵ و۱۰ گرم) ، بذر مخروط کاج(۵ و۱۰گرم)، آب مقطر و شاهد (بدون پرایم) و چهار سطح تنش خشکی(صفر، ۲_، ۴_،۶_ مگاپاسکال) ناشی از پلی اتیلن گلایکول بودند که در دو تیمار شدید تر (۴_ و ۶_ مگاپاسکال) هیچ گونه جوانه‌زنی مشاهده نشد بنابراین، تحلیل آماری فقط روی دو تیماری که دارای جوانه‌زنی بودند (صفر و ۲_ مگاپاسکال) انجام شد.

آماده سازی بیوچار

مخروط‌های کاج جمع آوری شده از پارک‌های شهر کرمان، ابتدا به قطعات کوچک شکسته شدند. سپس، چندین بار با آب دیونیزه شسته شدند تا ناخالصی‌ها و گرد و غبار چسبنده حذف شوند و به منظور خشک شدن در هوای آزاد قرار گرفتند. در این فرآیند، پس از خرد کردن تکه‌های مخروط کاج به ذرات کوچک‌تر با قطر کمتر از ۲ سانتی‌متر، مواد حاصل در فویل آلومینیومی پیچیده و به مدت ۳ ساعت در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد پیرولیز گردیدند. عملیات پیرولیز درون یک کوره الکتریکی تحت شرایط اکسیژن محدود انجام شد. بذرهای داخل مخروط‌های کاج نیز جداسازی شده و پس از آسیاب کردن از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند.

روش استخراج عصاره‌ها

برای تهیه عصاره‌های ورمی کمپوست، اسید هیومیک، بذر مخروط کاج و بیوچار به ترتیب مقدار ۵ و ۱۰ گرم از ورمی کمپوست، ۲۰ ، ۴۰ گرم از اسید هیومیک، ۵ و ۱۰ گرم بذر مخروط کاج، ۵ و ۱۰ گرم بیوچار توزین شده و هر کدام به صورت جداگانه با ۱۰۰ سی سی آب مقطر مخلوط و به مدت ۲۴ ساعت روی دستگاه شیکر قرار گرفتند. در نهایت، محلول‌های حاصله با کاغذ صافی واتمن شماره ۴۱ صاف شدند و بذرهای گاوزبان ایرانی به مدت ۴۸ ساعت داخل محلول‌های مورد نظر قرار گرفتند.

نحوه اعمال تنش خشکی

غلظت‌های مورد نظر برای اعمال تنش خشکی که شامل: شاهد(صفر)، ۲_، ۴_ و ۶_ مگاپاسکال بودند، طبق روش میشل و کافمن (۱۹۷۳) تهیه شدند و برای پتانسیل صفر بار (شاهد) از آب مقطر استفاده شد. قبل از آغاز آزمایش، پتری‌ها و بستر بذر (کاغذ صافی واتمن) در اتوکلاو با دمای ۱۲۰درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه ضدعفونی شدند. همچنین، بذرها به مدت ۳ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد قرار گرفتند و سپس ۳ مرتبه با آب مقطر شسته شدند. سپس، تعداد ۱۵ عدد بذر گاوزبان ایرانی بر روی کاغذ واتمن در داخل هر پتری دیش قرار گرفت و برای اعمال مختلف تنش خشکی مقدار ۸ سی سی از محلول مورد نظر به هر پتری دیش اضافه شد و برای تیمار صفر (شاهد) از آب مقطر استفاده شد. اطراف پتری دیش‌ها با پارافیلم بسته و در ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در طول دوره آزمایش، پتری‌ها روزانه بازبینی شدند و تعداد بذرهای جوانه زده به مدت 7 روز شمارش و ثبت شدند. در پایان روز ۸ جهت سنجش شاخص‌های ریخت‌شناسی ریشه چه و ساقه چه، ۵ عدد گیاهچه به طور تصادفی انتخاب شدند و طول ریشه چه از یقه تا نوک ریشه اصلی و طول ساقه چه از یقه تا جوانه انتهایی (بر حسب میلی‌متر) با خط کش اندازه گیری شد. سپس نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ساعت خشک شدند و وزن خشک ریشه چه، ساقه چه و برگ‌های بذری با استفاده از ترازوی دیجیتال (مدل TGAX-FA2205) ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۱ میلی‌گرم اندازه‌گیری شد.

روش‌های ارزیابی جوانه زنی و بنیه بذر

برای اندازه‌گیری درصد و سرعت جوانه زنی، وزن خشک گیاهچه و بنیه بذر، از روش‌های استاندارد شامل روش ماگویر (Maguier, 1962) و فرمول‌های مربوطه به وزن خشک و طول گیاهچه استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16.0 انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد. برای رسم شکل‌ها از نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ استفاده شد.

نتایج و بحث

بیوماس خشک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر آن است که اثر تنش خشکی بر وزن خشک ریشه چه، وزن خشک کل و اثر پرایمینگ بر وزن خشک ریشه چه، وزن خشک برگ و وزن خشک کل و همچنین اثر متقابل دوعامل تنش خشکی و پرایمینگ بر وزن خشک ریشه در گیاه گاوزبان ایرانی معنی‌دار بود. علیرغم اینکه تنش خشکی، پرایمینگ و اثر متقابل این دو عامل بر وزن خشک ساقه چه تاثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۱). همچنین، نتایج حاصل از مقایسه

میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین وزن بیوماس خشک مربوط به تنش خشکی صفر مگاپاسکال (شاهد) و کمترین آن‌ها مربوط به تنش خشکی ۲_ مگاپاسکال بود (جدول۲). بیشترین مقدار وزن خشک ریشه چه مربوط به تیمار پرایمینگ با عصاره اسیدهیومیک ۴۰ گرم و کمترین آن مربوط به عصاره ورمی کمپوست ۱۰گرم در تنش صفر(شاهد) بود (شکل ۱. الف).

جوانه زنی و بنیه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی و پرایمینگ بر درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، شاخص طولی، شاخص وزنی و اثر متقابل دو عامل تنش خشکی و پرایمینگ بر شاخص طولی معنی‌دار بود، در صورتی که اثر متقابل این دوعامل بر صفاتی مانند درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی و همچنین شاخص وزنی معنی‌دار نبود (جدول۱). همچنین، نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که در همه‌ی صفات بیشترین مقدار مربوط به تنش خشکی صفر مگاپاسکال و کمترین آن‌ها مربوط به تنش خشکی ۲_ مگاپاسکال است(جدول۲). بیشترین مقدار شاخص طولی مربوط به تیمار پرایمینگ با عصاره اسیدهیومیک ۲۰ گرم و کمترین آن مربوط به عصاره اسیدهیومیک ۴۰گرم در تنش صفر(شاهد) بود (شکل ۱. ب).

شاخص‌های جوانه زنی شامل، درصد جوانه زنی و شاخص بنیه گیاهچه به عنوان معیارهای مهمی در جهت شناسایی گیاهان مقاوم به تنش هستند. همچنین، سرعت جوانه زنی برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی شاخص دیگری می‌باشد (Bayram et al., 2022). در همین راستا، افزایش جوانه زنی و رشد گیاهچه‌های هویج در پرایمینگ بذور با ورمی کمپوست در شرایط تنش خشکی نیز گزارش شده است (Muhie et al., 2021). همچنین، افزایش رشد و بنیه بذر ناشی از مصرف اسیدهیومیک در شنبلیله نیز گزارش شده است (Abd Elkhakem et al., 2021).

جدول ۱. تجزیه واریانس تاثیر پرایمینگ و تنش خشکی بر صفات جوانه زنی گیاهچه گاوزبان ایرانی

منابع تغییرات		میانگین مربعات									
وزن خشک ساقه	درجه آزادی	وزن خشک ریشه	وزن خشک برگ	وزن خشک کل	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	بنیه ۱	بنیه۲	طول ریشه	طول ساقه	طول کل	وزن خشک ساقه
خشکی	۱	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۲*	۲۹۹۴/۳۴۱**	۶۳/۷۷۴**	۱۵۴۸۳۷۶/۸۳۳**	۱۳/۶۶۹*	۳۴۹/۹۳۳**	۰/۰۰۲*	۳۴۸/۴۸۶**	۱/۴۲۸۵^{ns}
پرایمینگ	۹	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۲**	۱۷۹۲/۳۷۰**	۱۰/۳۲۹**	۴۱۷۵۷۹/۳۹۴**	۱۴/۸۷۵**	۱۷/۸۷۶^{ns}	۰/۰۴۸^{ns}	۱۸/۵۸۷^{ns}	۱/۴۴۷۵^{ns}
خشکی* پرایمینگ	۹	۵/۴۹۸۵*	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۲۷۴/۷۷۳^{ns}	۲/۹۴۷^{ns}	۱۹۴۸۰۶/۵۶۹**	۲/۱۱۵^{ns}	۴۷/۳۴۲*	۰/۰۷۳^{ns}	۴۷/۹۵۰^{ns}	۵/۷۹۴۶^{ns}
خطا	۴۰	۲/۶۰۷۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۲۱۰/۷۴۸	۲/۱۳۸	۴۷۳۴۱/۴۰۷	۱/۹۳۱	۱۶/۳۴۸	۰/۰۲۷	۱۶/۴۳۳	۷/۳۲۴۶
ضریب تغییرات	-	۶۴/۶	۱۵/۴	۳۹/۱	۴۲/۲	۴۵/۹	۱۸/۴	۷۹/۰	۴۴/۴	۹/۶	۴۲/۲	۱۰۸/۷

*و** به ترتیب معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد می‌باشد و ns عدم معنی داری را نشان می‌دهد.

طول گیاهچه

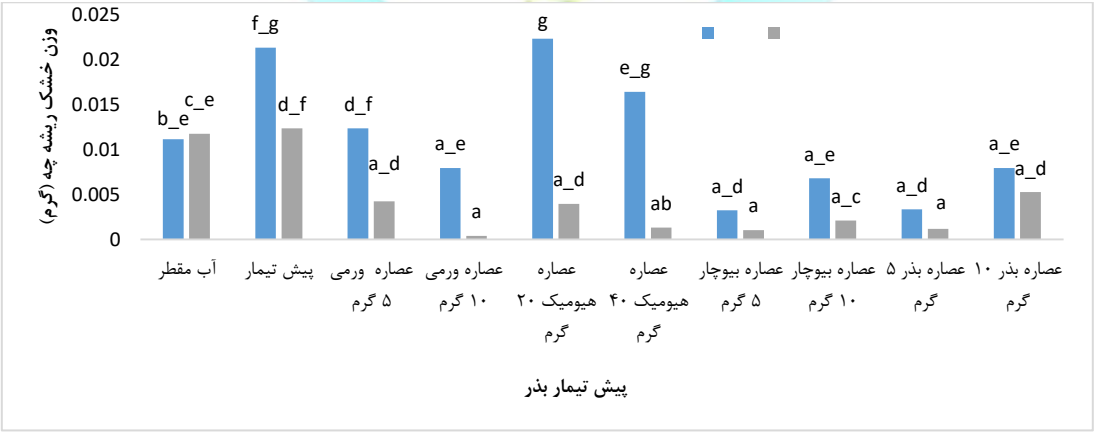
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی بر صفاتی مانند طول ریشه‌چه و طول کل گیاهچه و هچنین، اثر متقابل دوعامل مورد مطالعه بر طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول کل گیاهچه معنی‌دار بوده است. در صورتیکه اثر تنش خشکی بر طول ساقه‌چه و همچنین اثر پرایمینگ بر طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول

کل گیاهچه‌های گاوزبان ایرانی معنی‌دار نبوده است (جدول۱). همچنین، نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین میزان طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول کل گیاهچه به ترتیب با مقادیر (۱۱/۵۰۳۳)، (۰/۵۳۶۷) و (۱۲/۰۴۰۰) مربوط به تنش خشکی صفر مگاپاسکال و کمترین آنها مربوط به تنش خشکی ۲_ مگاپاسکال به ترتیب با مقادیر (۶/۶۷۳۳)، (۰/۵۴۶۷) و (۷/۲۲۰۰) بود (جدول۲). بیشترین مقدار طول ریشه‌چه مربوط به تیمار پرایمینگ با عصاره اسیدهیومیک ۲۰ گرم و کمترین آن مربوط به عصاره اسیدهیومیک ۴۰گرم در تنش صفر(شاهد) بود (شکل ۱. پ).

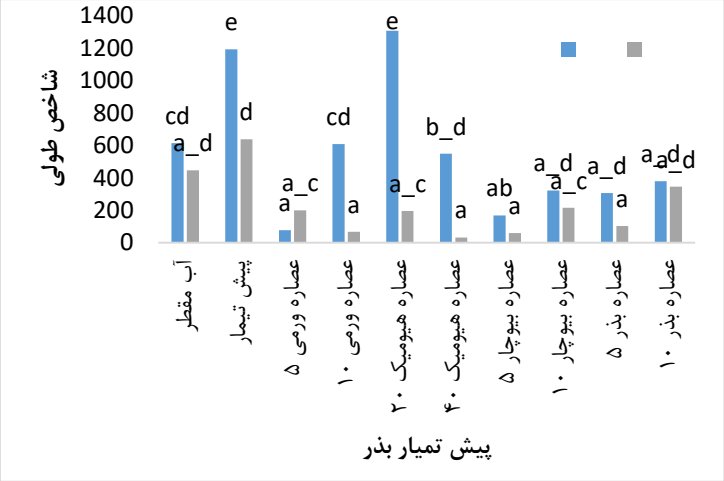
جدول ۲. مقایسه میانگین برخی صفات جوانه زنی و رشد گیاهچه‌های گاوزبان ایرانی تحت تاثیر تنش خشکی

صفات	شاهد	خشکی ۲_ مگاپاسکال
طول ریشه	۱۱/۵۰۳۳۳a	۶/۶۷۳۳۳۳b
طول ساقه	۰/۵۳۶۶۶۷a	۰/۵۴۶۶۶۷b
طول کل	۱۲/۰۴a	۷/۲۲b
وزن خشک ریشه	۰/۰۱۱۳۰۷a	۰/۰۰۴۳۶b
وزن خشک کل	۰/۰۴۳۰۲۲a	۰/۰۳۰۹۵b
سرعت جوانه زنی	۴۱/۳۵۵۵۶a	۲۷/۳۳۳۳b
درصد جوانه زنی	۴/۲۱۷۵a	۲/۱۵۵۵۵۶b
شاخص طولی	۵۵۱/۸۶۴۴a	۲۳۰/۵۷۷۸b
شاخص وزنی	۲/۲۳۳۸a	۱/۲۷۹۲b

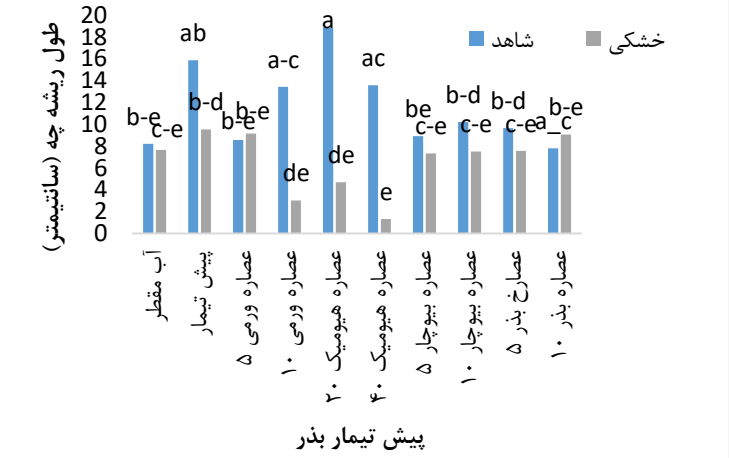
میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۱. الف. اثرات متقابل پرایمینگ بذر و تنش خشکی بر وزن خشک ریشه‌چه گاوزبان ایرانی



شکل ۱. ب. اثرات متقابل پرایمینگ بذر و تنش خشکی بر شاخص طولی گاوزبان ایرانی



شکل ۱. پ. اثرات متقابل پرایمینگ بذر و تنش خشکی بر طول ریشه‌چه گاوزبان ایرانی

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر آن است که تنش خشکی اثر منفی و معنی‌داری بر اغلب صفات رشد و جوانه‌زنی گیاه گاوزبان ایرانی داشت. پرایمینگ اسیدهیومیک و ورمی کمپوست و همچنین پیش تیمار در افزایش قابلیت جوانه‌زنی و همچنین مقابله با تنش خشکی نسبت به سایر تیمارها عملکرد بهتری داشتند و همچنین اثرات منفی حاصل از تنش خشکی را کاهش دادند.

منابع

Abd Elhakem, M., Ahmed, E., Abd El-Galeel, H. and Sayed, S. 2021. Improving fenugreek plants growth and productivity via humic acid treatment. Agricultural Sciences, 3(1): 15-22.

Bayram, M., Homaei, M., and Khosasi Bidgoli, A. 2022. Modeling oilseed camelina water stress. Iran Water and Soil Research, 52(12): 2985-3000.

He, L., Zhong, H., Liu, G., Dai, Z., Brookes, P. C., & Xu, J. (2019). Remediation of heavy metal contaminated soils by biochar: Mechanisms, potential risks and applications in China. Environmental Pollution, 252, 846-855.

Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. and Ismaili, A. 2016. Interaction effects of vermicompost extract and drought stress on germination indices of chickpea (*Cicer arietinum L.cv. Pirouz)*. Iranian Journal of Seed Science and Research, 3(1): 75-86. (In Persian).

Machado, R.M.A. and R.P. Serralheiro. 2017. Soil salinity: effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. Journal of Horticulture, 3(2): 30-45.

Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2: 176-177.

Michel, B.E. and Kaufman, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, 51: 914-916.

Muhie, S., Memis, N., Ozdamar, C., Gokdas, Z. and Demir, I. 2021. Biostimulant priming for germination and seedling quality of carrot seeds under drought, salt and high temperature stress conditions. International Agriculture Environment and Food Sciences, 5(3): 352- 359.

Safahani, A.R., R. Noora. 2018. Effect of different levels of biochar on physiological traits of pumpkin under water shortage stress. Journal of Plant Ecophysiological Research. 13(49): 13-32. (In Persian).

Sajadinik R and Yadavi AR. 2013. Effect of nitrogen fertilizer, vermicompost and nitroxin on growth indices, phenological stages and grain yield of sesame. Crop Production, 6(2): 73-100.

Shen, J., Guo, M., Wang, Y., Yuan, X., Wen, Y., Song, X. and Guo, P. 2020. Humic acid improves the physiological and photosynthetic characteristics of millet seedlings under drought stress. Plant Signaling and Behavior, 15(8): 1774212.

Tang, S.H., Tang, J., Yuan, D., Wang, Z., Zhang, Y. and Rao, Y. 2020. Elimination of humic acid in water: comparison of UV/PDS and UV/PMS. Chemistry Advances, 10 (3): 17627-17634.

Tania, S.S., Rhaman, M.S. and Hossain, M.M. 2020. Hydro-priming and halo-priming improve seed germination, yield and yield contributing characters of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.). Tropical Plant Research, 7(1): 86–93.

Voko, M.P., Kulkarni, M.G., Ngoroyemoto, N., Gupta, S.H. and Finnie, J.F. 2021. Vermicompost Leachate, Seaweed Extract and Smoke-Water Alleviate Drought Stress in Cowpea By Influencing Phytochemicals, Compatible Solutes and Photosynthetic Pigments. Plant Growth Regulation, 12 (3): 3-30.

Evaluation of the effect of priming some organic materials on the germination of Iranian borage (Echium amoenum) seedlings under drought stress

Soror Mohammadi[*1], Mohaddeseh Shamseddin Saeed[2]
1. Master's student of Medicinal Plants, Bahonar University of Kerman, Faculty of Agriculture, Bardsir Branch
2. Assistant Professor, Plant Production Department, Bardsir Higher Education Center, Shahid Bahonar University of Kerman
[*]*Corresponding Author: Soroormohammadi234@gmail.com*

Abstract

Drought stress reduces germination and plant growth, and providing solutions such as seed priming to increase the uniformity of germination and plant growth and to cope with drought stress is very important. For this purpose, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in the research laboratory of Bardsir Agricultural Higher Education Center, Shahid Bahonar University of Kerman in 1404. The treatments included: six levels of priming (vermicompost 5 and 10 grams), humic acid (20 and 40 grams), biochar (5 and 10 grams), pine cone seeds (5 and 10 grams), distilled water and control (without priming) and four levels of drought stress (0, 2_, 4_, 6_ MPa) through polyethylene glycol solution. The results showed that drought stress had a significant effect on root dry weight, total dry weight, germination percentage and rate, length index, weight index, root length and total length. Also, the highest dry matter of both root and stem was related to drought stress of 0 MPa (0.0113) and the lowest was related to drought stress of 2 MPa (0.0044). Also, the highest dry weight of leaves and total dry weight were related to drought stress of 0 MPa with values of 0.02873, 0.04302, respectively, and the lowest was related to drought stress of 2 MPa with values of 0.02458, 0.03095, respectively. The results of this study showed that drought stress had a negative and significant effect on most growth and germination traits of Persian borage. Some treatments such as humic acid extract 20 and 40 grams, pretreatment, etc. were able to maintain a desirable yield under stress conditions.

Keywords: Biochar, Germination power, Humic acid, Persian bullfinch, Pine cone seed

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

ارزیابی تأثیر متیل جاسمونات بر خصوصیات فیتوشیمیایی برخی ارقام تجاری توتون

آیناز بیرامی [۱]، آرمان بیرقدار کشکولی[۱]، محمدتقی عبادی[۱*]
۱- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: mt.ebadi@modares.ac.ir

چکیده

متیل جاسمونات (MeJA) یکی از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به‌شمار می‌رود که نقش کلیدی در پاسخ‌های فیزیولوژیکی و دفاعی گیاهان ایفا می‌کند. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تیمار متیل جاسمونات بر ویژگی‌های فیتوشیمیایی گیاه توتون (*Nicotiana tabacum*) طراحی و اجرا شد. تیمارهای متیل جاسمونات در چهار سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار) در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار، در شرایط گلخانه‌ای و آزمایشگاهی به‌صورت محلول‌پاشی بر برگ گیاهان اعمال گردید. پس از گذر از مرحله رشد رویشی، مقادیر ترکیبات فیتوشیمیایی نظیر کلروفیل، ترکیبات فنولی کل، فلاونوئیدها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که استفاده از متیل جاسمونات سبب افزایش معنی‌دار در میزان آنتی اکسیدان به خصوص در رقم بارلی گردید. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که متیل جاسمونات می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مؤثر در بهبود خصوصیات دارویی و صنعتی گیاهان، به‌ویژه در زمینه مدیریت زیستی ترکیبات ثانویه مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: متیل جاسمونات، ویژگی‌های فیتوشیمیایی، توتون، فعالیت آنتی‌اکسیدانی.

مقدمه

توتون (*Nicotiana tabacum*) یکی از گیاهان زراعی مهم و با ارزش اقتصادی در جهان به شمار می‌رود که نقشی کلیدی در صنایع دخانیات، داروسازی، و همچنین در پژوهش‌های زیست‌فناوری ایفا می‌کند. این گیاه، علاوه بر مصرف صنعتی، به‌دلیل ویژگی‌های ژنتیکی خاص خود، به‌عنوان یک مدل تحقیقاتی مؤثر در مطالعات فیزیولوژیکی، زیست‌شناسی مولکولی و مهندسی ژنتیک مورد استفاده گسترده قرار گرفته است (Khan et al., 2022). از سوی دیگر، اهمیت ترکیبات فیتوشیمیایی و متابولیت‌های ثانویه موجود در توتون، از جمله آلکالوئیدهایی نظیر نیکوتین، موجب شده که این گیاه به‌طور فزاینده‌ای در مطالعات مربوط به تنظیم متابولیکی و پاسخ‌های دفاعی گیاهان مدنظر قرار گیرد.

در میان ترکیبات سیگنال‌دهنده گیاهی، متیل جاسمونات (MeJA) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های زیستی، نقشی اساسی در فعال‌سازی پاسخ‌های دفاعی و مسیرهای بیوسنتزی متعددی ایفا می‌کند. این ترکیب در شرایط تنش‌زای زیستی و غیرزیستی به‌صورت طبیعی در گیاهان تولید می‌شود و قادر است بیان ژن‌های کلیدی در مسیر سنتز آلکالوئیدها، ترپنوئیدها، فنول‌ها و سایر متابولیت‌های ثانویه را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که تیمار گیاهان با MeJA می‌تواند منجر به تقویت مکانیسم‌های دفاعی از طریق افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و انباشت ترکیبات محافظتی شود (Shoji et al., 2011).

با توجه به ظرفیت بالای متیل جاسمونات در القای پاسخ‌های بیوشیمیایی و اهمیت بالای متابولیت‌های ثانویه در ارزش‌افزوده‌ی گیاه توتون، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر تیمارهای مختلف MeJA بر صفات فیتوشیمیایی سه رقم مهم توتون شامل بارلی، ویرجینیا و باسما طراحی و اجرا شده است. این مطالعه با تمرکز بر سنجش شاخص‌هایی چون محتوای فنول کل، فلاونوئیدها، رنگدانه‌های فتوسنتزی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی، می‌کوشد به درک دقیق‌تری از واکنش‌های فیزیولوژیکی این گیاه به سطوح متفاوت MeJA دست یابد و گامی در جهت بهبود روش‌های به‌کارگیری محرک‌های زیستی در کشاورزی پایدار بردارد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف متیل جاسمونات بر صفات فیتوشیمیایی گیاه توتون در گلخانه‌های تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه تربیت‌مدرس انجام شد. بذر سه رقم تجاری توتون شامل بارلی، ویرجینیا و باسما در بستر کوکوپیت–پرلیت به نسبت ۱:۱ کشت شدند. پس از جوانه‌زنی و رسیدن به مرحله ۴ تا ۶ برگی، نشاها به گلدان‌های پلاستیکی منتقل شدند.

تیمار متیل‌جاسمونات (MeJA) در چهار سطح غلظتی ۰ (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار، به‌صورت محلول‌پاشی بر سطح برگ‌ها در سه نوبت با فاصله ده روزه اعمال گردید. طرح آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار برای هر تیمار اجرا شد. در پایان دوره تیمار، نمونه‌برداری به کمک نیتروژن مایع از برگ‌ها انجام و صفات فیتوشیمیایی زیر اندازه‌گیری شد:

محتوای فنل کل: با استفاده از روش فولین–سیو کالتیو (Folin-Ciocalteu) تعیین گردید و جذب نوری در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد (Singleton et al., 1999). نتایج بر حسب میلی‌گرم معادل اسید گالیک به ازای گرم وزن تر بیان شد.

محتوای فلاونوئید کل: با استفاده از روش آلومینیوم کلرید ($AlCl_3$) سنجش شد و جذب نوری در طول موج ۵۱۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Chang et al., 2002).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی: به روش مهار رادیکال DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) اندازه‌گیری شد (Brand-Williams et al., 1995). درصد مهار رادیکال DPPH از روی کاهش جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر محاسبه شد.

تهیه عصاره متانولی

مقدار ۵۰ میلی گرم از برگ ترگیاهی را در هاون چینی ریخته، سپس با استفاده از نیتروژن مایع آن را خرد کرده و به خوبی له کردیم سپس مقدار ۲ میلی لیتر متانول سرد (۹۵٪) به نمونه اضافه، سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده و بعد نمونه‌های هموژن شده را به مدت ۴۸ ساعت در تاریکی قرار دادیم.

اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها

مقدار ۲۰۰ میکرولیتر از عصاره متانولی را در میکروپلیت ریخته و سپس به طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۵ نانومتر برای کلروفیل a، و ۶۵۲ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ برای کارتنوئیدها توسط دستگاه میکروپلیت ریدر مقدار جذب قرائت شد (warren, 2008).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹,۴ انجام شد. میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شدند. نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل بین رقم و تیمار متیل‌جاسمونات بر صفات فیتوشیمیایی اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود؛ این موضوع نشان می‌دهد که واکنش ارقام مختلف توتون به متیل‌جاسمونات در سطوح مختلف غلظت، مشابه بوده است (Xu et al., 2024). علاوه‌براین، اثرات اصلی رقم و متیل‌جاسمونات نیز به‌تنهایی بر اغلب صفات فیتوشیمیایی تأثیر معنی‌داری نداشتند. در مقابل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت تأثیر هر دو عامل قرار گرفت و تفاوت‌های معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱). بررسی مقایسه‌ای میان ارقام بر اساس آزمون دانکن نشان داد که رقم بارلی دارای بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی پایه بوده و از این نظر به‌طور معنی‌داری از ارقام ویرجینیا و باسما برتر بود (شکل ۱). این اختلاف در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی احتمالاً ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی و ترکیب متابولیت‌های ثانویه میان ارقام مختلف توتون است (Baldwin, 1996; Zheng et al., 2022).

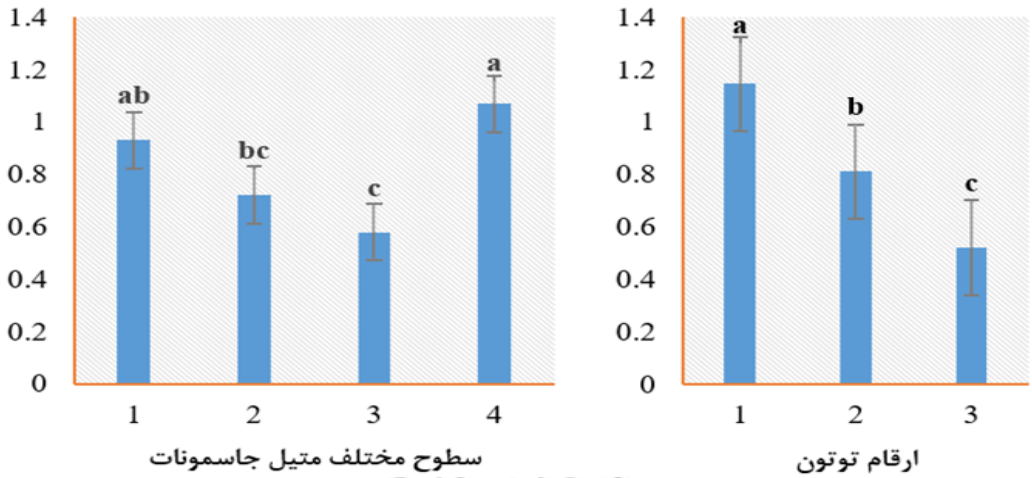
آزمون دانکن برای اثر تیمار متیل‌جاسمونات نشان داد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌صورت معنی‌دار و وابسته به غلظت افزایش یافت، به‌گونه‌ای که تیمار ۲۰۰ میکرومولار بیشترین میزان پاسخ را القا کرد (شکل ۱). این یافته با گزارش‌های پیشین مبنی بر نقش متیل‌جاسمونات به‌عنوان یک القاکننده قوی مکانیسم‌های دفاعی گیاهان هم‌راستا است؛ مکانیسم‌هایی که در بسیاری از موارد شامل فعال‌سازی مسیرهای آنتی‌اکسیدانی، به‌ویژه در غلظت‌های بالا، می‌باشند (Reyes-Díaz et al., 2016; Dai et al., 2023). مشاهده افزایش اختصاصی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی بدون همراهی با افزایش معنی‌دار در محتوای فنول‌ها یا فلاونوئیدها ـ که معمولاً با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در ارتباط هستند ـ حاکی از آن است که آنتی‌اکسیدان‌های غیرفنولی یا مسیرهای تنظیمی پیچیده‌تری ممکن است در پاسخ‌های القاشده توسط متیل‌جاسمونات در گیاه توتون نقش داشته باشند. این یافته می‌تواند بیانگر وجود مکانیزم‌های دفاعی خاص یا ترکیبات آنتی‌اکسیدانی ناشناخته در این گونه باشد (Mandujano-Chávez et al., 2000).

عدم وجود اثرات معنی‌دار بر رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b، و کارتنوئیدها) در تیمارهای مختلف، دلالت بر این دارد که غلظت‌های اعمال شده متیل‌جاسمونات سطوح استرس قابل توجهی ایجاد نکرده که بر متابولیسم اولیه تأثیر بگذارد یا موجب مکانیسم‌های جبرانی برای حفظ پایداری رنگدانه‌ها شده است.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر متیل‌جاسمونات، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر صفات فیتوشیمیایی (فنل، فلاونوئید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کارتنوئید، کلروفیل a و کلروفیل b) در گیاه توتون

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		فنل	فلاونوئید	آنتی اکسیدانت	کارتنوئید	کلروفیل a	کلروفیل b
متیل جاسمونات	۳	۰/۰۰۹ ns	۰/۱۰۹ ns	۰/۴۲۳ **	۰/۸۳۲ ns	۰/۵۴۸ ns	۰/۰۳ ns
رقم	۲	۰/۰۲۷ ns	۰/۰۸۴ ns	۱/۱۷۳ **	۰/۳۱۵ ns	۰/۲۷۲ ns	۰/۰۰۹ ns
متیل جاسمونات × رقم	۶	۰/۰۵۶ ns	۰/۱۱۳ ns	۰/۱۳۷ ns	۰/۴۵۵ ns	۰/۲۷۴ ns	۰/۰۱۷ ns
خطای آزمایشی	۲۴	۰/۰۴	۰/۰۶۲	۰/۰۵۷	۰/۴۵۹	۰/۲۷۵	۰/۰۱۹
ضریب تغییرات	-	۱/۱	۱/۲۸	۱/۱۳	۱/۴۶	۱/۴	۱/۳

ns، *، **: به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر جداگانه رقم و متیل‌جاسمونات در بررسی تاثیر تیمار متیل‌جاسمونات بر روی صفات فیتوشیمیایی ارقام مختلف توتون (متیل جاسمونات: ۱: صفر، ۲: ۵۰ میکرومولار، ۳:۱۰۰ میکرومولار، ۴: ۲۰۰ میکرومولار؛ ارقام توتون: ۱= بارلی، ۲= ویرجینیا، ۳= باسما)

نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان داد که تیمار متیل‌جاسمونات بر اغلب صفات فیتوشیمیایی اندازه‌گیری‌شده در گیاه توتون تأثیر معنی‌داری نداشت و اثر متقابل بین رقم و تیمار نیز بی‌معنی بود. این موضوع نشان می‌دهد که واکنش فیزیولوژیکی ارقام مختلف توتون به متیل‌جاسمونات نسبتاً یکنواخت است و وابسته به تفاوت‌های ژنتیکی میان ارقام در این زمینه تفاوت آشکاری مشاهده نشد.

با این حال، فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌طور معناداری تحت تأثیر هر دو عامل «رقم» و «غلظت متیل‌جاسمونات» قرار گرفت. رقم بارلی به‌طور ذاتی دارای بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی بود که نشان‌دهنده پتانسیل ژنتیکی بالاتر آن در تولید ترکیبات دفاعی ثانویه است. همچنین، افزایش معنی‌دار و وابسته به مقدار MeJA در فعالیت آنتی‌اکسیدانی، به‌ویژه در سطح ۲۰۰ میکرومولار، حاکی از نقش محرک قوی MeJA در تحریک مسیرهای آنتی‌اکسیدانی گیاه است.

از سوی دیگر، عدم مشاهده افزایش معنی‌دار در محتوای فنول یا فلاونوئید در کنار افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ممکن است بیانگر مشارکت آنتی‌اکسیدان‌های غیرفنولی یا دخالت مکانیسم‌های تنظیمی پیچیده‌تر در پاسخ به تیمار باشد. همچنین، عدم تأثیر معنی‌دار بر رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل‌ها و کارتنوئیدها) نشان می‌دهد که سطوح اعمال‌شده MeJA منجر به ایجاد استرس فیزیولوژیکی قابل توجهی نشده و در نتیجه، متابولیسم اولیه گیاه مختل نشده است.

در مجموع، این نتایج حاکی از آن است که کاربرد MeJA می‌تواند به‌عنوان یک راهکار زیستی مؤثر برای افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه توتون مورد استفاده قرار گیرد، بدون آن‌که اثر منفی بر فتوسنتز یا صفات رشد اولیه داشته باشد. این ویژگی می‌تواند در برنامه‌های اصلاح ارقام مقاوم، کشاورزی پایدار و بهبود کیفیت ترکیبات ثانویه محصولات زراعی ارزشمند همچون توتون بسیار سودمند واقع شود. برای درک بهتر مکانیسم‌های دقیق مولکولی و تنظیمی، انجام مطالعات مکمل در سطح بیوشیمیایی و ژن‌بیان توصیه می‌شود.

منابع

Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology, 24(1), 1–15.

Baldwin, I. T. (1996). Methyl jasmonate-induced nicotine production in Nicotiana attenuata: inducing defenses in the field without wounding. In Proceedings of the 9th International Symposium on Insect-Plant Relationships (pp. 213-220). Springer Netherlands.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT - Food Science and Technology, 28(1), 25–30.

Chang, C., Yang, M., Wen, H., & Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis, 10(3), 178–182.

Dai, P., Zhai, M., Wang, A., Ma, H., & Lyu, D. (2023). Exogenous methyl jasmonate enhanced the antioxidant capacity of Malus baccata by stimulating jasmonate signalling under suboptimal low root-zone temperature. Scientia Horticulturae, 321, 112292.

Khan, R., Ma, X., Hussain, Q., Asim, M., Iqbal, A., Ren, X., Shah, S., Chen, K., & Shi, Y. (2022). Application of 2,4-epibrassinolide improves drought tolerance in tobacco through physiological and biochemical mechanisms. Biology, 11(8), 1189.

Reyes-Díaz, M., Lobos, T., Cardemil, L., Nunes-Nesi, A., Retamales, J., Jaakola, L., ... & Ribera-Fonseca, A. (2016). Methyl jasmonate: An alternative for improving the quality and health properties of fresh fruits. Molecules, 21(6), 567.

Shoji, T., & Hashimoto, T. (2011). Nicotine biosynthesis. In Plant metabolism and biotechnology (pp. 191–216).

Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods in Enzymology, 299, 152–178.

Xu, Q., Li, H., Peng, H., Lin, Y., Wang, L., Peng, Y., ... & Yang, H. (2024). The effects of methyl jasmonate on volatile compounds and activity of aroma-related enzymes in tobacco. Plant Growth Regulation, 104(1), 377–387.

Zheng, K., Wang, Z., Pang, L., Song, Z., Zhao, H., Wang, Y., ... & Han, S. (2022). Systematic identification of methyl jasmonate-responsive long noncoding RNAs and their nearby coding genes unveils their potential defence roles in tobacco BY-2 cells. International Journal of Molecular Sciences, 23(24), 15568.

Evaluation of Methyl Jasmonate Effects on Phytochemical Characteristics of Selected Commercial Tobacco Cultivars

Aynaz Beyrami[1], Arman Beyraghdar Kashkooli[1], Mohammad-Taghi Ebadi[1*]
1. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, 14115336, Tehran, Iran
[*]*Corresponding Author: mt.ebadi@modares.ac.ir*

Abstract

Methyl jasmonate (MeJA) is recognized as one of the most important plant growth regulators, playing a key role in the physiological and defense responses of plants. This study was conducted to investigate the effects of MeJA treatment on the phytochemical traits of tobacco plants (*Nicotiana tabacum*). MeJA was applied at four concentrations (0, 50, 100, and 200 µM) in a factorial experiment based on a randomized complete block design with five replications. Treatments were applied via foliar spraying under greenhouse and laboratory conditions. After the vegetative growth stage, phytochemical traits including chlorophyll content, total phenolic compounds, flavonoids, and antioxidant activity were measured. Statistical analysis revealed that MeJA caused a significant increase in the amount of antioxidants, especially in the barley variety . The findings suggest that MeJA can be effectively used as a tool to improve the pharmaceutical and industrial properties of plants, particularly through the biotic regulation of secondary metabolites.

Keywords: Methyl jasmonate, phytochemical traits, tobacco, antioxidant activity.

اثر حفاظتی عصاره *Chlorophytum borivilianum* (موسلی سفید) در برابر آزوسپرمی القا شده با بوسولفان در رت‌ها: رویکرد درمان بر پایه داروی گیاهی

مرتضی عبدی*
کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
*نویسنده مسئول: Morteza.abdi74@gmail.com

چکیده

آزوسپرمی یکی از دلایل اصلی ناباروری در مردان است که می‌تواند در پی مصرف داروهای شیمی‌درمانی مانند بوسولفان، به دلیل آسیب‌های غیرقابل برگشت به بافت بیضه، بروز یابد. گیاه دارویی *Chlorophytum borivilianum* (موسلی سفید) در طب سنتی به‌واسطه اثرات اسپرم‌ساز و آنتی‌اکسیدانی‌اش شناخته شده است. این مطالعه با هدف بررسی اثر محافظتی عصاره آبی این گیاه بر پارامترهای اسپرم، سطح تستوسترون و ساختار بافتی بیضه در مدل آزوسپرمی ناشی از بوسولفان در رت‌های نر انجام شد. برای القای آزوسپرمی، به رت‌های نر نژاد ویستار یک دوز داخل‌بیضه‌ای بوسولفان ۵ mg/kg) به ازای هر بیضه(تزریق شد. پس از ۶۵ روز، آزوسپرمی با آنالیز اسپرم و بررسی‌های بافت‌شناسی تأیید شد. حیوانات تحت درمان، به مدت ۲۱ روز عصاره آبی گیاه را با دوزهای ۱۰۰ یا ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز به‌صورت خوراکی دریافت کردند و سپس به مدت ۴۰ روز دیگر، بدون درمان نگهداری شدند تا یک چرخه کامل اسپرم‌زایی طی شود. نتایج نشان داد که بوسولفان به‌طور معنی‌داری موجب کاهش تعداد اسپرم، تحرک اسپرم و سطح تستوسترون شده است ($p<0.001$)، اما تجویز عصاره گیاه، این پارامترها را به‌صورت وابسته به دوز بهبود بخشید. بررسی بافت‌شناسی نیز نشان‌دهنده بازسازی اپی‌تلیوم زایا در لوله‌های اسپرم‌ساز بود. یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که عصاره آبی *Chlorophytum borivilianum* می‌تواند به‌عنوان یک گزینه گیاهی مؤثر در درمان ناباروری ناشی از شیمی‌درمانی، مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آزوسپرمی، بوسولفان، گیاه موسلی سفید ، ناباروری مردان

مقدمه

ناباروری مردان یکی از مشکلات شایع در حوزه بهداشت باروری است که تقریباً در ۵۰ درصد از موارد ناباروری زوج‌ها نقش دارد (Thonneau et al., 1991). یکی از علل اصلی ناباروری مردانه، آزوسپرمی یا نبود کامل اسپرم در مایع منی است که ممکن است منشأ انسدادی یا غیرانسدادی داشته باشد (Jarow et al., 2002). از میان عوامل غیرانسدادی، شیمی‌درمانی با داروهایی نظیر بوسولفان نقش مهمی در تخریب عملکرد بیضه‌ها دارد (Howell & Shalet, 2001). این دارو با آسیب به اپی‌تلیوم زایا و از بین بردن اسپرماتوگونی‌ها، موجب قطع کامل اسپرم‌سازی و در نتیجه آزوسپرمی غیرقابل برگشت می‌شود (Meistrich et al., 1982; Bucci & Meistrich, 1987).

با توجه به محدودیت روش‌های درمانی موجود برای بازگرداندن اسپرم‌سازی پس از شیمی‌درمانی، پژوهش‌ها به سمت استفاده از طب سنتی و داروهای گیاهی سوق پیدا کرده‌اند. یکی از گیاهان پرکاربرد در طب آیورودا،

Chlorophytum borivilianum (موسلی سفید) است که به دلیل خواص تقویت‌کننده قوای جنسی و افزایش‌دهنده باروری مورد توجه بوده است. این گیاه حاوی ترکیبات فعال نظیر ساپونین‌ها، فلاونوئیدها و پلی‌ساکاریدهاست که خواص آنتی‌اکسیدانی و شبه‌آندروژنیک آن‌ها به اثبات رسیده است (Chauhan et al., 2007).

اگرچه اثرات تقویتی این گیاه بر باروری مردان در برخی مطالعات اولیه بررسی شده‌اند، اما شواهد کافی درباره اثربخشی آن در بازسازی عملکرد بیضه‌ها پس از آسیب ناشی از داروهای سیتوتوکسیک مانند بوسولفان هنوز محدود است. از این رو، مطالع حاضر با هدف بررسی اثرات محافظتی عصاره آبی گیاه Chlorophytum borivilianum بر پارامترهای اسپرم، سطح تستوسترون و ساختار بافتی بیضه در مدل آزوسپرمی ناشی از بوسولفان در موش‌های نر انجام شد.

مواد و روش‌ها

حیوانات

بیست‌وچهار رت نر بالغ نژاد ویستار (وزن ۲۲۰ تا ۲۵۰ گرم) در شرایط استاندارد آزمایشگاهی (چرخه ۱۲ ساعته روشنایی/تاریکی، دمای ۲۲±۲ درجه سانتی‌گراد) با دسترسی آزاد به آب و غذا نگهداری شدند.

طرح آزمایشی

رت‌ها به‌صورت تصادفی به چهار گروه (n=۶) تقسیم شدند. آزوسپرمی با تزریق داخل‌بیضه‌ای بوسولفان (۵ میلی‌گرم/کیلوگرم برای هر بیضه) القا شد. پس از گذشت ۶۵ روز، ۳ حیوان از هر یک از گروه‌های کنترل و بوسولفان کشته شده و نمونه‌ها برای تحلیل اسپرم و بافت‌شناسی مورد بررسی قرار گرفتند. سپس حیوانات گروه درمان به‌مدت ۲۱ روز عصاره آبی گیاه را به‌صورت خوراکی دریافت کردند (دوزهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم در روز). پس از آن، یک دوره ۴۰ روزه جهت تکمیل چرخه اسپرم‌زایی در نظر گرفته شد.

آماده‌سازی عصاره گیاه

ریشه‌های خشک‌شده C. borivilianum آسیاب و با نسبت ۱:۱۰ در آب مقطر به‌مدت ۴ ساعت جوشانده شدند. پس از فیلتراسیون، محلول حاصل لیوفیلیزه شد و پودر قهوه‌ای‌رنگ حاصل در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

آنالیز اسپرم

نمونه‌های اسپرم از دم اپیدیدیم استخراج و با استفاده از پروتکل‌های استاندارد از نظر تعداد، تحرک و مورفولوژی مورد بررسی قرار گرفتند.

سنجش هورمون

سطح سرمی تستوسترون با استفاده از کیت‌های الایزا اندازه‌گیری شد.

بافت‌شناسی

بیضه‌ها در محلول بوئن تثبیت، در پارافین قالب‌گیری، برش‌گیری (۵ میکرومتر) و با هماتوکسیلین-ائوزین رنگ‌آمیزی شدند. ساختار لوله‌های اسپرم‌ساز از نظر سلول‌های زایا بررسی گردید.

تحلیل آماری

تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و آزمون تعقیبی توکی انجام شد. مقادیر کمتر از ۰/۰۵ معنادار در نظر گرفته شدند.

نتایج و بحث

در روز ۶۵ پس از تزریق بوسولفان، بررسی‌های بافت‌شناسی و آنالیز اسپرم نشان داد که موش‌های گروه تیمار نشده دچار تخریب شدید سلول‌های زایا، کاهش قطر لوله‌های اسپرم‌ساز و نبود کامل اسپرم در اپیدیدیم شده‌اند. این یافته‌ها نشان‌دهنده القای موفقیت‌آمیز آزوسپرمی توسط بوسولفان هستند که با مطالعات پیشین نیز همخوانی دارند.

در گروه‌هایی که با عصاره آبی *Chlorophytum borivilianum* تحت درمان قرار گرفتند، بهبود قابل توجهی در تمام پارامترهای اسپرم مشاهده شد. شمارش اسپرم، تحرک، و مورفولوژی اسپرم‌ها در مقایسه با گروه بوسولفان‌شده به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت ($p<0.05$)، به‌ویژه در گروه دوز بالا (۲۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم). به نظر می‌رسد این اثرات به ترکیبات فعال گیاه نظیر ساپونین‌ها، فلاونوئیدها و خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن نسبت داده شود که باعث تحریک محور هیپوتالاموس–هیپوفیز–گناد و محافظت از سلول‌های زایا می‌شوند.

گروه	تعداد اسپرم ($\times 10^6$/میلی‌لیتر)	تحرک(%)	مورفولوژی طبیعی(%)
کنترل	۴/۲ ± ۶۵/۴	۳/۱ ±۸۲/۳	۲/۹ ± ۸۷/۲
بوسولفان	۱/۱ ± ۲/۳	۲/۰ ± ۸/۶	۳/۲ ± ۱۲/۷
دوز پایین عصاره (۱۰۰ mg/kg)	۵/۵ ± ۳۲/۶	۴/۰ ± ۵۱/۴	۴/۱ ± ۶۱/۲
دوز بالا عصاره (۲۰۰ mg/kg)	۳/۹ ± ۵۲/۸	۲/۷ ± ۷۳/۳	۲/۵ ± ۸۱/۰

سطح تستوسترون سرمی که در گروه بوسولفان به‌طور معنی‌داری کاهش یافته بود (۱/۳ ± ۰/۴ نانوگرم/میلی‌لیتر در برابر ۵/۲ ± ۰/۶ در گروه کنترل)، پس از تجویز عصاره افزایش یافت و در گروه دوز بالا به مقادیر نزدیک به طبیعی رسید. این یافته‌ها بیانگر بهبود عملکرد سلول‌های لیدیگ و تحریک تولید تستوسترون هستند.

از نظر بافت‌شناسی نیز، گروه دریافت‌کننده دوز پایین عصاره آبی *C. borivilianum* بازسازی نسبی لایه زایای اپی‌تلیوم بیضه را نشان داد، درحالی‌که در گروه دوز بالا، ظهور مجدد اسپرماتیدها و آغاز مجدد اسپرم‌سازی دیده شد که نشان‌دهنده ترمیم قابل توجه ساختار بافت بیضه بود.

این نتایج مؤید آن است که بوسولفان با آسیب زدن به اسپرماتوگونی‌های پایه، منجر به آزوسپرمی غیرقابل بازگشت می‌شود، اما درمان با عصاره گیاه *C. borivilianum* می‌تواند این اثرات سمی را تا حد زیادی معکوس کند. با در نظر گرفتن زمان ۴۰ روزه پس از درمان (که معادل یک چرخه کامل اسپرم‌سازی در موش است)، این بهبودی پایدار و مرتبط با عملکرد طبیعی گنادها ارزیابی می‌شود.

نتایج این مطالعه یافته‌های مطالعات پیشین را تایید می‌کند که بصورت جدول ذیل به آن اشاره شده است.

یافته فعلی	یافته مشابه در مطالعات پیشین
افزایش معنی‌دار شمارش، تحرک و مورفولوژی اسپرم	عصاره آبی *C. borivilianum* باعث بهبود پارامترهای اسپرم در موش‌ها گردید (Kenjale et al., 2008) — $p < 0.05$
افزایش سطح تستوسترون در دوز بالا	عصاره‌های گیاه تا ۱۲ برابر تستوسترون را افزایش دادند (Giribabu et al., 2024; Das et al., 2016)
ترمیم ساختار بیضه و از سرگیری اسپرم‌سازی	گزارش شده که عصاره موجب تحریک ساختار اسپرماتوژنز و بازسازی بیضه می‌شود (Akbaribazm et al., 2024)
نقش آنتی‌اکسیدانی و تحریک محور HPGA	مروری بر گیاهان دارویی متعددی با مکانیزم مشابه نشان داده‌اند که *C. borivilianum* این اثرات را داراست(Akbaribazm et al., 2024)

نتیجه‌گیری نهایی اینکه یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند که عصاره آبی *Chlorophytum borivilianum* می‌تواند از طریق افزایش سطح تستوسترون، بهبود شاخص‌های اسپرم و بازسازی بافتی، اثرات مخرب بوسولفان را کاهش دهد. این گیاه دارویی می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای مکمل و طبیعی با پتانسیل درمانی ناباروری مردان در مدل‌های مختلف حیوانی و بالاخص در دوره‌های زمانی طولانی تر مورد بررسی قرار گرفته و مقدمات بررسی پیش بالینی آن را فراهم نماید.

منابع

Bucci, L. R., & Meistrich, M. L. (1987). Effects of busulfan on the fertility of male rats. *Cancer Treatment Reports*, *71*(12), 1295–1302.

Chauhan, N. S., Sharma, V., Dixit, V. K., & Thakur, M. (2007). A review on plants used for improvement of sexual performance and virility. *Journal of Ethnopharmacology*, *110*(3), 531–536.

Howell, S. J., & Shalet, S. M. (2001). Spermatogenesis after cancer treatment: Damage and recovery. *European Urology*, *39*(3), 198–206.

Jarow, J. P., Espeland, M. A., & Lipshultz, L. I. (2002). Evaluation of the azoospermic patient. *The Journal of Urology*, *167*(2), 629–637.

Meistrich, M. L., Wilson, G., Kangasniemi, M., & Trostle, P. K. (1982). Cytotoxic damage to the testis. *Cancer Research*, *42*(4), 1229–1235.

Thonneau, P., Marchand, S., Tallec, A., Ferial, M. L., Ducot, B., Lansac, J., Lopes, P., Tabaste, J. M., & Spira, A. (1991). Incidence and main causes of infertility in a resident population (1,850,000) of three French regions (1988–1989). *Human Reproduction*, *6*(6), 811–816.

Akbaribazm, M., Khazaei, M., & Khazaei, M. R. (2024). A review on male infertility and herbal medicine: Complementary and alternative therapies in animal models. *OBM Genetics*, 8(1), 221.

Das, S., Dey, K., Ghosh, A. K., & Ghosh, D. (2016). Effect of *Chlorophytum borivilianum* root extract on testicular function in albino rats with special reference to fertility. *Andrologia*, 48(6), 644–655.

Giribabu, N., Salleh, N., & Panichayupakaranant, P. (2024). Role of *Chlorophytum borivilianum* in regulating testicular steroidogenesis and antioxidant status in diabetic rats. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 24(1), 110.

Kenjale, R., Shah, R. K., Sathaye, S. S., Singh, S., & Birdi, A. (2008). Effect of *Chlorophytum borivilianum* on sexual behaviour and sperm count in rats. *Phytotherapy Research*, 22(6), 796–801.

Mobarak, H., Salimi, M., Ghasemi, S., & Pourentezari, M. (2022). Protective effect of crocin against busulfan-induced infertility in adult male mice: In vivo and in vitro studies. *BMC Pharmacology and Toxicology*, 23(1), 17.

Protective Effect of Chlorophytum borivilianum (Safed Musli) Aqueous Extract Against Busulfan-Induced Azoospermia in Rats: A Traditional Herbal Approach

Morteza Abdi*
Student Research Committee, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.
*Corresponding Author: Morteza.abdi74@gmail.com.

Abstract

Azoospermia, a complete absence of sperm in semen, is a major contributor to male infertility and can be caused by chemotherapeutic agents such as busulfan, which induces irreversible testicular damage by targeting the spermatogenic epithelium. *Chlorophytum borivilianum* (commonly known as Safed Musli), a medicinal herb used in traditional Ayurvedic medicine, is reputed for its spermatogenic and antioxidant properties. This study aimed to evaluate the protective effects of aqueous *C. borivilianum* extract against busulfan-induced azoospermia in rats. Adult male Wistar rats were administered a single intratesticular injection of busulfan (5 mg/kg/testis) to induce azoospermia. After 65 days, azoospermia was confirmed by histological analysis and sperm evaluation. Rats in the treatment groups received either 100 or 200 mg/kg/day of *C. borivilianum* extract orally for 21 days, followed by a 40-day observation period to allow a full cycle of spermatogenesis. Parameters including sperm count, motility, serum testosterone levels, and testicular histology were assessed. Results showed that busulfan significantly reduced all fertility markers ($p < 0.001$), while *C. borivilianum* treatment improved these parameters in a dose-dependent manner. Histopathological evaluation revealed regeneration of seminiferous epithelium and reactivation of spermatogenesis in treated groups. These findings suggest that *C. borivilianum* possesses restorative potential and may serve as a promising herbal therapeutic agent for managing chemotherapy-induced male infertility.

Keywords: Azoospermia, Busulfan, Chlorophytum borivilianum, Male infertility

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

اثر هم‌افزای عصاره نانوکپسوله‌شده *Origanum vulgare* و 5-FU بر القای آپوپتوز در سلول‌های HT-29

دانیال محروقی*

کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: danyalxino@gmail.com

چکیده

سرطان کولورکتال یکی از مهم‌ترین علل مرگ‌ومیر مرتبط با سرطان در سطح جهان به‌شمار می‌رود. با اینکه ۵-فلوئوروواوراسیل (5-FU) همچنان به‌عنوان خط اول درمان شیمی‌درمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد، بروز مقاومت دارویی، سمیت سلولی گسترده، و عوارض جانبی شدید، اثربخشی این دارو را به‌طور قابل توجهی کاهش داده است. از این‌رو، به‌کارگیری ترکیبات طبیعی با خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی، به‌ویژه در قالب نانوفرمولاسیون‌ها، به‌عنوان رویکردی مکمل برای افزایش کارایی درمان و کاهش سمیت مورد توجه قرار گرفته است. در این مطالعه، اثرات هم‌افزایی نانوکپسول‌های عصاره گیاه دارویی *Origanum vulgare* (پونه کوهی) در ترکیب با۵-FU بر القای آپوپتوز در سلول‌های سرطان کولورکتال HT-29 بررسی شد.

عصاره هیدروالکلی گیاه پونه کوهی به روش نانوکپسوله‌سازی با پلیمر زیست‌تخریب‌پذیر PLGA تهیه شد و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نانوذرات (اندازه، پتانسیل زتا، راندمان کپسوله‌سازی) مورد بررسی قرار گرفت. سلول‌های HT-29 در شرایط آزمایشگاهی با غلظت‌های مختلف از عصاره نانوکپسوله‌شده،۵-FU و ترکیب آن‌ها به‌مدت ۲۴ و ۴۸ ساعت تیمار شدند. زنده‌مانی سلولی با آزمون MTT، میزان آپوپتوز با رنگ‌آمیزی آکریدین اورنج/اتیدیوم بروماید و بیان ژن‌های مرتبط با آپوپتوز Bax، Bcl-2، Caspase-3 با روش RT-qPCR بررسی گردید.

نتایج نشان دادند که تیمار ترکیبی عصاره نانوکپسوله‌شده و۵-FU به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) موجب کاهش زنده‌مانی سلول‌ها، افزایش نسبت Bax/Bcl-2 و افزایش بیان Caspase-3 گردید. همچنین، در مقایسه با هر یک از تیمارهای منفرد، القای آپوپتوز بیشتری مشاهده شد که نشان‌دهنده وجود اثر هم‌افزا میان این دو ترکیب بود.

عصاره نانوکپسوله‌شده *Origanum vulgare* با افزایش اثربخشی۵-FU و تقویت مسیرهای مولکولی آپوپتوز، می‌تواند به‌عنوان یک گزینه مکمل مؤثر در درمان سرطان کولورکتال مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از فناوری نانو در فرمولاسیون ترکیبات گیاهی، پتانسیل قابل‌توجهی در بهبود اثربخشی درمان‌های ضدسرطان دارد.

واژه‌های کلیدی: ۵-فلوئوروواوراسیل، آپوپتوز، پونه کوهی، سرطان کولورکتال، نانوکپسول

مقدمه

سرطان کولورکتال یکی از شایع‌ترین سرطان‌ها در جهان است که سالانه باعث مرگ هزاران نفر می‌شود. روش‌های درمانی رایج از جمله جراحی، شیمی‌درمانی و پرتودرمانی به‌رغم پیشرفت‌های فراوان، همچنان با چالش‌هایی مانند مقاومت دارویی و عوارض جانبی شدید مواجه‌اند. داروی ۵-فلوئوروواوراسیل (5-FU) به‌عنوان یکی از داروهای خط

اول شیمی‌درمانی برای سرطان کولورکتال شناخته می‌شود، اما در بسیاری از بیماران پاسخ درمانی مناسبی مشاهده نمی‌شود که عمدتاً ناشی از مقاومت سلولی و سمیت سیستمیک است (Huang & Hu, 2017).

در سال‌های اخیر، استفاده از ترکیبات طبیعی با منشأ گیاهی به‌عنوان جایگزین یا مکمل درمان‌های شیمیایی مورد توجه محققان قرار گرفته است (Lee & Kim, 2021). گیاه *Origanum vulgare* (پونه کوهی) دارای ترکیبات زیست‌فعال متعددی از جمله فنول‌ها و فلاونوئیدها است که خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی دارند و در برخی مطالعات، اثرات ضدسرطانی آن‌ها نیز گزارش شده است (Zhang, Li, & Wang, 2018). با این حال، استفاده مستقیم از عصاره‌های گیاهی با محدودیت‌هایی نظیر پایداری پایین، جذب کم و اثرگذاری محدود در شرایط درون‌بدنی مواجه است (Chen, 2020). فناوری نانو با فراهم آوردن امکان کپسوله‌سازی ترکیبات گیاهی، موجب افزایش پایداری، زیست‌فراهمی و هدف‌مندی دارویی شده و افق‌های جدیدی را در درمان سرطان گشوده است (Smith & Johnson, 2019).

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که ترکیب داروهای شیمی‌درمانی با عصاره‌های گیاهی می‌تواند اثرات هم‌افزایی داشته و منجر به افزایش آپوپتوز سلولی، کاهش مقاومت دارویی و تقلیل عوارض جانبی شود. پژوهش‌هایی نیز گزارش کرده‌اند که برخی نانوفرمولاسیون‌های گیاهی در ترکیب با 5-FU توانسته‌اند اثربخشی درمانی را افزایش دهند، اما بررسی خاص نانوکپسول‌های پونه کوهی در این زمینه هنوز محدود است (Patel & Sharma, 2022).

بر این اساس، هدف اصلی این پژوهش بررسی اثرات هم‌افزایی نانوکپسول‌های عصاره پونه کوهی در ترکیب با داروی 5-FU بر سلول‌های سرطانی کولورکتال HT-29 و مطالعه‌ی مکانیسم‌های آپوپتوزی مرتبط با آن است. این رویکرد می‌تواند به‌عنوان یک راهکار نوین و مکمل در جهت بهبود درمان سرطان کولورکتال معرفی شود.

مواد و روش‌ها

تهیه عصاره هیدروالکلی *Origanum vulgare*

گیاه *Origanum vulgare* از مراکز معتبر گیاهان دارویی تهیه و پس از تأیید هویّت گیاهشناسی، به‌صورت سایه‌شده خشک گردید. ۵۰ گرم از پودر خشک‌شده گیاه در ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول اتانول ۷۰ درصد قرار داده شد و به مدت ۷۲ ساعت در دمای محیط و در تاریکی، با هم‌زدن متناوب، استخراج انجام شد. پس از پایان مدت استخراج، محلول از صافی واتمن شماره ۱ عبور داده شد و با استفاده از دستگاه روتاری در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد حلال تبخیر گردید. عصاره غلیظ به‌دست‌آمده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد تا در مراحل بعد مورد استفاده قرار گیرد.

تهیه نانوکپسول‌های عصاره پونه کوهی (نانوفرمولاسیون)

برای تولید نانوکپسول‌های عصاره گیاه، از روش **نانوپریسیپیتاسیون** استفاده شد. بدین منظور، مقدار مشخصی از عصاره خشک در حلال آلی (مانند استون یا اتانول خالص) حل شد. سپس محلول آلی به‌صورت قطره‌ای و با نرخ یکنواخت به فاز آبی شامل پلیمر پوشاننده (مانند پلی‌وینیل الکل یا پلی‌لاکتیک کوگلیکولیک اسید PLGA –) تحت هم‌زدن شدید افزوده شد. فرآیند نانوپریسیپیتاسیون باعث تشکیل نانوذرات کروی با پوشش پلیمری گردید. نانوکپسول‌ها از طریق سانتریفیوژ جداسازی شده، شسته و در یخچال نگهداری شدند.

تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نانوکپسول‌ها

برای ارزیابی خصوصیات فیزیکی و ریخت‌شناسی نانوکپسول‌ها، از روش‌های زیر استفاده شد:

اندازه ذرات، شاخص پراکندگی (PDI) **و پتانسیل زتا**: به کمک دستگاه پراکندگی نور دینامیک (Dynamic Light Scattering - DLS) در دمای اتاق اندازه‌گیری شد.

شکل و مورفولوژی نانوکپسول‌ها: با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) تصاویر گرفته شد تا توزیع اندازه، یکنواختی و ساختار سطح ذرات ارزیابی شود.

کشت سلولی HT-29

سلول‌های سرطانی روده بزرگ انسانی (HT-29) از بانک سلولی معتبر (مانند انستیتو پاستور ایران) تهیه شده و در محیط کشت RPMI-1640 حاوی ۱۰٪ سرم گاوی (FBS) و ۱٪ آنتی‌بیوتیک (پنی‌سیلین-استرپتومایسین) در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و در شرایط مرطوب با ۵٪ CO_2 انکوبه شدند. سلول‌ها در ظروف مناسب کشت داده شده و در مرحله لگاریتمی رشد برای تیمار آماده شدند.

تیمار سلول‌ها با داروها

سلول‌های HT-29 در پلیت‌های ۹۶ خانه‌ای با چگالی مناسب کاشته شده و پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون اولیه، با غلظت‌های مختلفی از نانوکپسول‌های عصاره پونه کوهی، داروی۵-FU و ترکیب هر دو به مدت ۲۴ و ۴۸ ساعت تیمار شدند. گروه کنترل (سلول بدون تیمار) نیز برای مقایسه در نظر گرفته شد.

ارزیابی سمیت سلولیآزمایش MTT

برای بررسی زنده‌مانی سلول‌ها، از روش MTT assay استفاده شد. پس از پایان زمان تیمار، به هر خانه از پلیت، محلول MTT افزوده و پلیت‌ها به مدت ۴ ساعت در انکوباتور قرار گرفتند. سپس محلول رویی حذف و کریستال‌های فورمازان در دی‌متیل‌سولفوکساید (DMSO) حل شدند. جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه الایزا ریدر خوانده شد. درصد زنده‌مانی سلول‌ها نسبت به گروه کنترل محاسبه شد.

بررسی بیان ژن‌های آپوپتوزی با روش qRT-PCR

برای تحلیل تغییرات بیان ژن‌های مرتبط با آپوپتوز، از روش PCR کمی (qRT-PCR) استفاده شد:
استخراج RNA کل از سلول‌های تیمار شده با استفاده از کیت تجاری RNA extraction انجام شد.
تبدیل RNA به cDNA با استفاده از آنزیم reverse transcriptase صورت گرفت.
واکنش qRT-PCR برای ژن‌های Bax، Bcl-2، Caspase-3 و ژن رفرنس GAPDH انجام شد.
داده‌ها با استفاده از روش ۲^−ΔΔCt تجزیه و تحلیل گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آزمون MTT نشان داد که نانوکپسول‌های عصاره *Origanum vulgare* به‌صورت وابسته به دوز و زمان، توانستند به‌طور معنی‌داری موجب کاهش زنده‌مانی سلول‌های HT-29 شوند ($p < 0.05$). بیشترین کاهش زنده‌مانی در غلظت‌های بالا و در زمان ۴۸ ساعت مشاهده شد. تیمار سلول‌ها با داروی۵-FU نیز باعث کاهش قابل توجهی در رشد سلولی شد، اما زمانی که این دارو با نانوکپسول‌های پونه کوهی به‌صورت هم‌زمان مورد استفاده قرار

گرفت، اثرات ضدسرطانی به‌طور محسوسی تقویت شدند و کاهش زنده‌مانی سلول‌ها بسیار بیشتر از هرکدام به‌تنهایی بود ($p < 0.01$). این اثر هم‌افزایی بیانگر پتانسیل بالای ترکیب گیاهی-شیمی‌درمانی است.

در بررسی بیان ژن‌های مرتبط با آپوپتوز، نتایج qRT-PCR نشان داد که در گروه تیمارشده با ترکیب نانوکپسول و ۵-FU، بیان ژن Bax (ژن پروموتور آپوپتوز) و Caspase-3 (آنزیم اجرایی مسیر آپوپتوز) به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، در حالی که بیان ژن Bcl-2 (ژن ضدآپوپتوزی) کاهش یافت ($p < 0.01$). این نتایج بیانگر فعال شدن مسیر درونی آپوپتوز است که نقش کلیدی در مرگ برنامه‌ریزی‌شده سلول‌های سرطانی ایفا می‌کند.

تصاویر SEM نشان دادند که نانوکپسول‌ها دارای اندازه یکنواخت، شکل کروی و پراکندگی ذرات مناسب بودند. همچنین، اندازه ذرات در محدوده نانومتری (۱۰۰–۲۰۰ نانومتر) با شاخص پراکندگی پایین ($PDI < 0.3$) و پتانسیل زتای منفی اندازه‌گیری شد که بیانگر پایداری فیزیکی مناسب فرمولاسیون بود. این ویژگی‌ها باعث افزایش پایداری، قابلیت نفوذ بهتر به سلول‌های سرطانی و آزادسازی کنترل‌شده ترکیبات فعال شده‌اند.

نتیجه‌گیری

مجموع نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از نانوکپسول‌های عصاره پونه کوهی در ترکیب با داروی ۵-FU می‌تواند باعث افزایش قابل توجه اثرات ضدسرطانی از طریق القای آپوپتوز در سلول‌های HT-29 شود. این ترکیب منجر به تنظیم ژن‌های کلیدی مرتبط با مرگ سلولی و در نتیجه افزایش حساسیت سلول‌های سرطانی به شیمی‌درمانی می‌شود. به‌طور کلی، میتوان نتیجه گیری کرد که این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده ترکیبی از نانوفرمولاسیون‌های گیاهی با داروهای شیمی‌درمانی، می‌تواند به‌عنوان یک رویکرد مکمل مؤثر در درمان سرطان کولورکتال در نظر گرفته شود و از شدت عوارض جانبی شیمی‌درمانی سنتی بکاهدبرای تایید این موضوع می‌توان از پژوهش هایی با دوره‌های طولانی مدت استفاده کرد و در مسیر اجرای طرح پیش بالینی قدم برداشت.

منابع

Huang, R., & Hu, J. (2017). Mechanisms of apoptotic signaling in cancer cells. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, *7*, 153.

Lee, S., & Kim, H. (2021). Anticancer effects of herbal compounds: A focus on apoptosis pathways. *Phytomedicine*, *81*, 153400.

Patel, D., & Sharma, S. (2022). Plant-based nanomedicine in cancer therapy. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *148*, 112710.

Smith, A., & Johnson, K. (2019). Natural product synergy with chemotherapy drugs. *Cancer Letters*, *451*, 12–22.

Wang, Y., Zhang, L., & Chen, M. (2020). Nanocapsule delivery of phytochemicals in cancer treatment. *International Journal of Nanomedicine*, *15*, 1237–1249.

Zhang, Y., Li, X., & Wang, J. (2018). Synergistic anticancer mechanisms of nanoformulated herbal extracts. *Journal of Experimental & Clinical Cancer Research*, *37*(1), 280.

Synergistic Effect of Nanoencapsulated *Origanum vulgare* Extract and 5-FU on Induction of Apoptosis in HT-29 Colorectal Cancer Cells

Danial Mahrooghi*
Student Research Committee, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.
*Corresponding Author: danyalxino@gmail.com

Abstract

Colorectal cancer is one of the leading causes of cancer-related mortality worldwide. Although 5-fluorouracil (5-FU) remains the first-line chemotherapeutic agent, its effectiveness is significantly limited due to drug resistance, extensive cytotoxicity, and severe side effects. Therefore, the use of natural compounds with antioxidant and anticancer properties—particularly in the form of nanoformulations—has gained attention as a complementary approach to enhance therapeutic efficacy and reduce toxicity. This study aimed to investigate the synergistic effects of nanoencapsulated extract of *Origanum vulgare* (oregano) in combination with 5-FU on apoptosis induction in HT-29 colorectal cancer cells. The hydroalcoholic extract of *Origanum vulgare* was nanoencapsulated using the biodegradable polymer PLGA. The physicochemical properties of the nanoparticles (size, zeta potential, and encapsulation efficiency) were characterized. HT-29 cells were treated in vitro with various concentrations of the nanoencapsulated extract, 5-FU, and their combination for 24 and 48 hours. Cell viability was assessed using the MTT assay. Apoptosis was evaluated using acridine orange/ethidium bromide staining, and the expression levels of apoptosis-related genes (Bax, Bcl-2, Caspase-3) were analyzed via RT-qPCR. The results demonstrated that the combined treatment with nanoencapsulated extract and 5-FU significantly ($p<0.05$) reduced cell viability, increased the Bax/Bcl-2 ratio, and elevated Caspase-3 expression. Compared to single treatments, the combination induced greater apoptosis, indicating a synergistic interaction between the two agents.

Nanoencapsulated *Origanum vulgare* extract enhances the efficacy of 5-FU by promoting apoptotic molecular pathways and may serve as an effective complementary strategy in colorectal cancer therapy.

Keywords: Apoptosis, Colorectal Cancer, Origanum vulgare, Nano capsules

بررسی اثرات حفاظتی عصاره گیاه بارهنگ بزرگ (*Plantago major* L.) بر اختلالات کبدی و پروفایل لیپیدی در رت‌های دیابتی القاشده با استرپتوزوتوسین

دانیال محروقی*
کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
*نویسنده مسئول: danyalxino@gmail.com

چکیده

دیابت شیرین یکی از بیماری‌های متابولیک مزمن است که با عوارض متعددی از جمله اختلال در متابولیسم لیپیدها و آسیب‌های کبدی همراه می‌باشد. استرس اکسیداتیو و التهاب از عوامل کلیدی در پیشرفت آسیب کبدی مرتبط با دیابت به‌شمار می‌روند. *Plantago major*، یکی از گیاهان دارویی پرکاربرد در طب سنتی، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی اثبات‌شده‌ای است؛ با این حال، اثرات آن بر آسیب‌های کبدی ناشی از دیابت هنوز به‌طور جامع مورد بررسی قرار نگرفته است. هدف از این مطالعه، ارزیابی اثرات حفاظتی عصاره *Plantago major* بر پروفایل لیپیدی، آنزیم‌های کبدی و ساختار بافتی کبد در رت‌های دیابتی القاشده با استرپتوزوتوسین (STZ) بود. در این پژوهش، پس از القای دیابت با STZ، رت‌ها با دوزهای مختلف عصاره تیمار شدند. نتایج نشان داد که تجویز عصاره، به‌ویژه در دوز بالا، موجب کاهش معنی‌دار سطح گلوکز خون، کلسترول تام، LDL و آنزیم‌های کبدی ALT و AST و همچنین افزایش سطح HDL در مقایسه با گروه دیابتی کنترل شد ($p<0.05$). بررسی‌های بافت‌شناسی نیز بهبود ساختار کبد، کاهش نکروز سلولی، و کاهش نفوذ سلول‌های التهابی را در گروه‌های دریافت‌کننده عصاره نشان داد. این یافته‌ها بیانگر آن است که *Plantago major* با اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی خود می‌تواند نقش محافظتی مؤثری در برابر آسیب‌های کبدی ناشی از دیابت ایفا کند.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های کبدی، بارهنگ، پروفایل چربی، دیابت شیرین، محافظت کبدی

مقدمه

دیابت شیرین یکی از شایع‌ترین اختلالات متابولیک در جهان است که با افزایش مزمن قند خون و اختلال در متابولیسم کربوهیدرات، چربی و پروتئین همراه است. این بیماری نه تنها خود مزمن و پیشرونده است، بلکه می‌تواند منجر به بروز عوارض جدی در اندام‌های حیاتی نظیر کلیه، چشم، اعصاب و کبد شود. کبد به عنوان یکی از اصلی‌ترین ارگان‌های متابولیکی بدن، در بیماران دیابتی به شدت تحت تأثیر قرار گرفته و اغلب دچار آسیب‌های ساختاری و عملکردی می‌شود که به آن هپاتوپاتی دیابتی گفته می‌شود (Huang & Hu, 2017).

در آسیب‌های کبدی ناشی از دیابت، افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)، التهاب مزمن و اختلال در تنظیم لیپیدها نقش عمده‌ای دارند (Almeida & Silva, 2020). در این شرایط، آنزیم‌های کبدی مانند ALT، AST و ALP در خون افزایش می‌یابند که نشان‌دهنده‌ی آسیب سلول‌های کبدی است. همچنین، دیابت با ایجاد

دیس‌لیپیدمی، یعنی افزایش کلسترول تام، LDL و کاهش HDL، به‌طور غیرمستقیم نیز سلامت کبد را تهدید می‌کند (Kim & Park, 2020).

استفاده از ترکیبات گیاهی در درمان عوارض دیابت، به دلیل دارا بودن ترکیبات آنتی‌اکسیدان، ضدالتهاب و تنظیم‌کننده متابولیسم، در سال‌های اخیر مورد توجه گسترده قرار گرفته است (Mansouri & Khodaei, 2019). یکی از این گیاهان، Plantago major یا بارهنگ کبیر است که به‌طور سنتی در درمان التهاب، عفونت‌های دستگاه گوارش، زخم‌ها و اختلالات متابولیکی استفاده می‌شود (Wang & Li, 2019). این گیاه دارای فلاونوئیدها، پلی‌فنول‌ها و ترکیبات موسیلی است که به آن خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی می‌بخشد. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که عصاره *Plantago major* می‌تواند در مدل‌های حیوانی اثرات ضدالتهابی و کاهنده قند خون داشته باشد، اما اثر مستقیم آن بر کبد در شرایط دیابت کمتر مورد بررسی قرار گرفته است.

بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر حفاظتی عصاره *Plantago major* بر عملکرد کبد، پروفایل چربی و تغییرات بافت‌شناسی کبد در رت‌های دیابتی القاشده با STZ طراحی شد. امید است نتایج این مطالعه بتواند پایه‌ای برای استفاده درمانی این گیاه در کنترل عوارض کبدی ناشی از دیابت فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

حیوانات و القای دیابت

در این مطالعه از رت‌های نر نژاد ویستار (۲۰۰ تا ۲۵۰ گرم) استفاده شد. حیوانات در شرایط استاندارد دمایی (۲۲±۲ درجه سانتی‌گراد)، نور/تاریکی ۱۲ ساعته و دسترسی آزاد به آب و غذا نگهداری شدند. دیابت با تزریق داخل‌صفاقی استرپتوزوتوسین (STZ) به میزان ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم القا شد. گلوکز ناشتای خون پس از ۷۲ ساعت اندازه‌گیری شد و رت‌هایی با گلوکز بالاتر از ۲۵۰ mg/dL به‌عنوان دیابتی در نظر گرفته شدند.

طراحی گروه‌های تجربی

رت‌ها به چهار گروه (n=8) تقسیم شدند:

- گروه کنترل سالم (بدون دیابت)
- گروه دیابتی بدون درمان
- گروه دیابتی + عصاره *Plantago major* با دوز ۱۰۰ mg/kg
- گروه دیابتی + عصاره *Plantago major* با دوز ۲۰۰ mg/kg

عصاره به‌صورت خوراکی به مدت ۲۸ روز تجویز شد.

سنجش‌های بیوشیمیایی

در پایان دوره، نمونه‌های خون از طریق قلب جمع‌آوری شد. گلوکز ناشتای خون، کلسترول تام، LDL، HDL، تری‌گلیسرید، و آنزیم‌های کبدی (ALT، AST، ALP) با استفاده از کیت‌های آنزیمی و اسپکتروفتومتر تعیین شدند.

بررسی بافت‌شناسی کبد

کبد رت‌ها پس از تشریح خارج شد، در فرمالین ۱۰٪ تثبیت گردید و پس از آماده‌سازی، با رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین-ائوزین بررسی میکروسکوپی انجام شد.

آنالیز آماری

کلیه داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار (Mean ± SD) گزارش شدند. تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ (IBM Corp., Armonk, NY, USA) انجام شد. برای مقایسه میانگین بین گروه‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و در صورت معنی‌دار بودن نتایج، از آزمون تعقیبی توکی (Tukey's post hoc test) استفاده گردید. سطح معنی‌داری آماری کمتر از ۰,۰۵ ($p<0.05$) در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که رت‌های دیابتی القاشده با STZ افزایش معنی‌داری در گلوکز خون (۳۳۰±۲۵ mg/dL)، کلسترول تام، LDL، و کاهش HDL در مقایسه با گروه کنترل داشتند ($p<0.001$). آنزیم‌های کبدی ALT و AST نیز به‌طور چشمگیری افزایش یافته بودند که نشان‌دهنده آسیب عملکردی کبد بود.

در گروه‌هایی که با عصاره Plantago major تیمار شده بودند، به‌ویژه در دوز ۲۰۰ mg/kg، کاهش قابل توجهی در گلوکز خون (تا ۱۸۰±۲۰ mg/dL)، کلسترول تام، LDL و آنزیم‌های ALT و AST مشاهده شد ($p<0.01$). همچنین، سطح HDL افزایش یافت. بررسی‌های بافت‌شناسی نشان داد که در گروه دیابتی آسیب‌های شدید مانند نفوذ سلول‌های التهابی، دژنراسیون سلولی و تجمع چربی وجود داشت، در حالی‌که در گروه‌های درمان‌شده با عصاره، ساختار طبیعی‌تر بافت کبد و کاهش التهاب و نکروز مشاهده شد. میانگین سطح تری‌گلیسرید در گروه دیابتی به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه کنترل افزایش یافت ($p<0.05$)، اما تجویز عصاره *Plantago major*، به‌ویژه در دوز بالا، باعث کاهش معنی‌دار سطح تری‌گلیسرید شد. همچنین، سطح آنزیم ALP نیز در گروه دیابتی افزایش یافته بود که با مصرف عصاره تا حد قابل توجهی کاهش یافت .($p<0.05$)

گروه‌ها	TG (mg/dL)	ALP (U/L)
کنترل سالم	۹۵±۱۰	۱۲۰±۱۵
دیابتی (STZ)	*۱۸۵ ±۲۰	*۲۶۰ ± ۲۵
دیابتی + عصاره پایین	** ۱۵۴ ± ۱۵	** ۱۹۰ ± ۲۰
دیابتی + عصاره بالا	*** ۱۱۰ ± ۱۲	*** ۱۳۵ ± ۱۸

$^{*}p<0.05$ در مقایسه با گروه کنترل $^{**}p<0.05$ در مقایسه با گروه دیابتی $^{***}p<0.01$ در مقایسه با گروه دیابتی

این نتایج بیانگر آن است که عصاره Plantago major با کاهش استرس اکسیداتیو و مهار پاسخ‌های التهابی، قادر است از بافت کبد در برابر آسیب‌های ناشی از دیابت محافظت کرده و متابولیسم چربی‌ها را بهبود بخشد. از این رو، این گیاه می‌تواند به‌عنوان یک درمان مکمل در کنترل عوارض کبدی دیابت مورد استفاده قرار گیرد.ایافته‌های این مطالعه در راستای نتایج مطالعات قبلی بر خواص محافظتی Plantago major در مدل‌های بیماری قرار دارد. به‌طور مشابه، پژوهش Alqasoumi et al. (2011) نشان داد که عصاره Plantago major اثرات محافظتی قابل‌توجهی در برابر آسیب کبدی ناشی از مواد شیمیایی از جمله پاراستامول دارد، که این اثرات را به ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدانی گیاه نسبت دادند. همچنین، مطالعه‌ای توسط Sabir et al. (2013) گزارش کرد که تجویز عصاره Plantago major موجب کاهش سطح آنزیم‌های کبدی و بهبود بافت کبدی در موش‌های دیابتی شد. نتایج مطالعه حاضر نیز کاهش معنادار ALT، AST و ALP و بهبود ساختار بافت کبدی را در پی داشت که با این مطالعات هم‌راستا است.

علاوه بر این، مطالعات انجام‌شده بر روی گیاهان دارویی دارای خواص مشابه مانند Silybum marianum (خار مریم) و Nigella sativa (سیاه‌دانه) نیز اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی مشابهی را در مدل‌های دیابت نشان داده‌اند که با مکانیسم‌هایی مشابه شامل کاهش استرس اکسیداتیو، مهار سیتوکین‌های التهابی، و تنظیم مسیرهای آپوپتوتیک مرتبط هستند (Huseini et al., 2006; Asgary et al., 2012). ین نتایج بیانگر آن است که عصاره Plantago major با کاهش استرس اکسیداتیو و مهار پاسخ‌های التهابی، قادر است از بافت کبد در برابر آسیب‌های ناشی از دیابت محافظت کرده و متابولیسم چربی‌ها را بهبود بخشد. لازم به ذکر است از جمله محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به عدم سنجش مستقیم شاخص‌های استرس اکسیداتیو و حجم نمونه محدود اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه بیانگر آن است که عصاره *Plantago major* با کاهش استرس اکسیداتیو و مهار پاسخ‌های التهابی، قادر است از بافت کبد در برابر آسیب‌های ناشی از دیابت محافظت کرده و متابولیسم چربی‌ها را بهبود بخشد. از این رو، این گیاه می‌تواند به‌عنوان یک درمان مکمل در کنترل عوارض کبدی دیابت مورد استفاده قرار گیرد. بصورت دقیق‌تر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که این مطالعه گامی برای بررسی مطالعات بیشتر برداشته و زمینه را برای مطالعات دقیق‌تر و طولانی مدت‌تر این گیاه به‌عنوان یک درمان مکمل در کنترل عوارض کبدی دیابت مورد فراهم نموده است.

منابع

Almeida, A., & Silva, J. (2020). Antioxidant and anti-inflammatory roles of natural compounds in diabetic hepatopathy. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2020*, 6514369.

Huang, R., & Hu, J. (2017). Mechanisms of oxidative stress in diabetic liver damage. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, 7*, 153.

Kim, S., & Park, J. (2020). Herbal treatments and lipid modulation in diabetes. *Phytomedicine, 69*, 153205.

Mansouri, E., & Khodaei, N. (2019). Therapeutic potential of medicinal plants in diabetic liver injury. *Planta Medica, 85*(10), 792–800.

Wang, Y., & Li, Z. (2019). Traditional use and pharmacology of *Plantago major*. *Journal of Ethnopharmacology, 231*, 172–180.

Protective Effects of Plantago major Extract on Lipid Profile, Liver Enzymes, and Histopathological Changes in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats

Danial Mahrooghi*
Student Research Committee, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.
*Corresponding Author: danyalxino@gmail.com

Abstract

Diabetes mellitus is a widespread metabolic disorder that frequently leads to complications such as dyslipidemia and hepatic dysfunction. Oxidative stress and chronic inflammation are central to the development of diabetic hepatopathy. *Plantago major*, a medicinal herb with potent antioxidant and anti-inflammatory properties, has been used traditionally for various therapeutic purposes. However, its hepatoprotective effects in diabetes-induced liver damage remain insufficiently investigated. This study aimed to assess the protective role of *Plantago major* extract on lipid metabolism, liver enzyme levels, and liver histopathology in streptozotocin (STZ)-induced diabetic rats. Diabetes was induced in male Wistar rats via a single intraperitoneal dose of STZ (60 mg/kg). Animals were divided into four groups: healthy control, untreated diabetic, and diabetic groups treated orally with low (100 mg/kg) or high (200 mg/kg) doses of *Plantago major* extract for 28 days. Serum biochemical parameters, including glucose, lipid profile, and liver enzymes (ALT, AST, ALP), were measured. Liver tissue was assessed histologically. Plantago *major* significantly reduced blood glucose and improved lipid profiles in a dose-dependent manner. It also decreased liver enzyme levels and ameliorated STZ-induced hepatic damage histologically. These findings suggest that *Plantago major* exerts hepatoprotective and lipid-modulating effects in diabetic conditions and may serve as a complementary therapeutic agent.

Keywords: Apoptosis, Colorectal Cancer, Origanum vulgare, Nano capsules

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

ارزیابی تاثیر کود آلی هیومیک اسید بر مواد موثره گیاه دارویی آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Boiss.)

کمال غلامی پور فرد*[۱]، زهرا زینتی[۲]

۱- استادیار بخش تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، ایران

۲- دانشیار بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، ایران

* نویسنده مسئول: K.gholamipour@gmail.com

چکیده

Zataria multiflora Boiss معروف به آویشن شیرازی یکی از گونه‌های گیاهی با ارزش دارویی و اقتصادی بالا محسوب می‌شود. استفاده از نهاده‌های آلی و زیستی به جای کودهای شیمیایی مهم‌ترین اصل جهت دست‌یابی به حاصل‌خیزی خاک و تغذیه مناسب گیاهی در کشاورزی ارگانیک بویژه سیستم‌های کشت گیاهان دارویی است. در این راستا جهت بررسی اثر کود آلی هیومیک اسید بر متابولیت‌های ثانویه گیاه دارویی آویشن شیرازی، آزمایشی در مزرعه‌ای واقع در شهرستان داراب با سه تیمار (صفر، یک و دو میلی لیتر بر لیتر هیومیک اسید) در سال ۱۴۰۳ اجرا گردید. نتایج نشان داد این تیمارها تأثیرات متفاوتی بر برخی از ترکیبات مؤثر فرار داشته‌اند. ترکیب تیمول به عنوان یکی از مهم‌ترین ترکیبات ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی موجود در اسانس آویشن شیرازی با افزایش غلظت هیومیک اسید روند افزایشی برجسته‌ای را نشان داد به طوری که میزان آن از ۱۱/۴۸ درصد در تیمار صفر به ۵۶/۴۷ درصد در تیمار دو میلی لیتر بر لیتر هیومیک اسید رسید. همچنین با افزایش غلظت هیومیک اسید میزان ترکیبات کارواکرول، متیل اِتر کارواکرول، اُرتوسیمن و گاما ترپینن نیز افزایش یافت اما ترکیب لینالول، روندی کاهشی را نشان داد که می‌تواند نشان‌دهنده تغییر در تعادل منابع متابولیکی گیاه باشد. افزایش ترکیبات ارزشمندی چون تیمول و کارواکرول در پاسخ به کاربرد هیومیک اسید، اهمیت استفاده از محرک‌های زیستی در جهت بهبود خصوصیات دارویی و ضد عفونی‌کننده گیاهان دارویی نظیر آویشن شیرازی را برجسته می‌کند.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تیمول، کارواکرول، کشاورزی پایدار، کود زیستی

مقدمه

آویشن شیرازی با نام علمی *Zataria multiflora* Boiss یکی از معروف‌ترین گیاهان خانواده نعناعیان (Lamiaceae) است و به عنوان یک گیاه دارویی و معطر ارزشمند در مناطق خشک کوهستانی رشد می‌کند. آویشن شیرازی گیاهی چندساله است که برگ‌ها، گل‌ها و ساقه آن به‌عنوان بخش‌های دارویی در صنایع مختلف استفاده می‌شوند. در عصر حاضر، تولید ارگانیک به‌عنوان یکی از ارکان اصلی صنعت گیاهان دارویی شناخته می‌شود و رویکرد جهانی در نظام تولید گیاهان دارویی به تدریج از کاربرد کودهای شیمیایی به سمت استفاده از منابع آلی برای تأمین مواد غذایی گیاهان سوق پیدا کرده است. این تغییر با هدف ارتقای کیفیت خاک، افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی محصولات گیاهی صورت گرفته است. اگرچه مطالعات گسترده‌ای در خصوص تأثیر کودهای

آلی بر صفات کمی و کیفی محصولات کشاورزی انجام شده است، اطلاعات موجود درباره نقش این منابع تغذیه‌ای بویژه کود آلی هیومیک اسید در بهبود مواد مؤثره بیولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاهان دارویی خصوصاً گیاه آویشن شیرازی هنوز محدود می‌باشد. از مزایای مهم اسید هیومیک می‌توان به کلات کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و سایر عناصر در جهت غلبه بر کمبود عناصر غذایی اشاره کرد (Ghorbani *et al.* 2010). خزاعی و همکاران (Khazaie *et al.* 2011) گزارش کردند اسید هیومیک میزان اسانس، شاخص‌های رشد و بیوماس گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*) را افزایش می‌دهد. در این راستا، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر سطوح مختلف کود آلی هیومیک اسید بر عملکرد اسانس و متابولیت‌های ثانویه گیاه دارویی آویشن شیرازی در شرایط اقلیمی جنوب شرق استان فارس - شهرستان داراب انجام شده است. این مطالعه می‌تواند به عنوان یکی از گام‌های مؤثر در جهت توسعه روش‌های نوین تغذیه‌ای در کشت گیاهان دارویی، راه‌گشای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و کاربردی در این حوزه باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر کود آلی هیومیک اسید بر مواد موثره گیاه دارویی آویشن شیرازی، آزمایشی با ۳ تکرار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان داراب در سال ۱۴۰۳ انجام شد. گیاهان گزینش شده در پژوهش حاضر، گیاهان آویشن شیرازی یک ساله بودند که در اردیبهشت ماه، برداشتِ اول آن‌ها از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری انجام شده بود و همه گیاهان به لحاظ رشدی و ظاهری شباهت داشتند. تیمارهای آزمایشی شامل غلظت‌های مختلف صفر (آب مقطر)، یک و دو میلی لیتر بر لیتر کود آلی هیومیک اسید بودند که به صورت کود آبیاری به صورت هفتگی استفاده شدند. کود آلی مورد استفاده در این آزمایش اسید هیومیک، با نام تجاری سوپرهیومیک بود. پیش از شروع آزمایش از خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری نمونه برداری و آنالیز انجام شد که نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد نظر در جدول یک نشان داده شده است (جدول یک).

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

عمق نمونه برداری Depth (cm)	بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی Ec(dS m^{-1})	اسیدیته pH	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC	کربن آلی (٪)	نیتروژن N (٪)	فسفر P (٪)	پتاسیم K (٪)
۰ – ۳۰	لومی شنی	۰/۸۴	۷/۴۶	۸/۱۲	۲/۶۸	۰/۰۷	۰/۳۵	۰/۲۹

پس از سه مرتبه کود آبیاری با هیومیک اسید و ۱۰ روز پس از آخرین تیماردهی، اندام هوایی گیاه آویشن شیرازی برداشت و جهت خشک کردن و اسانس گیری به آزمایشگاه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب منتقل شد. پس از خشک شدن در دمای نزدیک به ۲۰ درجه سانتی‌گراد، نمونه‌ها آسیاب شده و استخراج اسانس به روش تقطیر با آب بوسیله دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت انجام شد (Jalali *et al.* 2021). پس از اسانس‌گیری نمونه‌های اسانس جهت ارزیابی کمیت و کیفیت ترکیبات موجود در آن، در ظروف شیشه‌ای مات در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و از دستگاه گاز کروماتوگرافی متصل به طیف سنج جرمی (GC-MS) Agilent Technologies مدل A 7890 به منظور ارزیابی ترکیبات استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از شناسایی و تجزیه کمی ترکیبات شیمیایی موجود در اسانس گیاه آویشن شیرازی در جدول شماره ۲ به صورت میانگین سه تکرار ارائه شده است. چنان که در جدول مذکور مشاهده می‌شود. اجزای غالب اسانس این گیاه، ترکیب‌های تیمول، لینالول اِل، کارواکرول، متیل اتیل کارواکرول و اُرتوسیمن تشکیل می‌دادند. تجزیه و آنالیز اسانس گیاه آویشن شیرازی تحت تأثیر تیمارهای مختلف هیومیک اسید نشان داد که این مواد طبیعی به‌طور قابل توجهی می‌توانند الگوی ترکیبات فرار ثانویه این گیاه دارویی را تغییر دهند. بررسی میزان ترکیبات شیمیایی در غلظت‌های ۰، ۱ و ۲ میلی‌لیتر بر لیتر از هیومیک اسید نشان داد که این تیمارها تأثیرات متفاوتی بر برخی از ترکیبات مؤثر فرار داشته‌اند. تیمول به عنوان یکی از مهم‌ترین ترکیبات ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی موجود در اسانس آویشن شیرازی، در شرایط عدم کاربرد هیومیک اسید (غلظت صفر) با مقدار ۱۱/۴۸ درصد حضور داشت. این مقدار در غلظت ۱ میلی‌لیتر بر لیتر به ۳۷/۵۱ درصد و در غلظت ۲ میلی‌لیتر بر لیتر به ۵۶/۴۷ درصد افزایش یافت. این افزایش نشان‌دهنده نقش محرک هیومیک اسید در القای تجمع بیشتر تیمول در اندام هوایی گیاه است که می‌تواند مرتبط با تحریک مسیرهای متابولیکی سنتز ترپنوئیدها باشد. این موضوع مطابق با یافته‌های کافی و همکاران (۲۰۱۹) است که نشان دادند تیمارهای استرس‌زا و تحریک‌کننده رشد، می‌توانند مسیرهای متابولیکی سنتز ترپن‌های فنولی را تقویت کنند. کارواکرول نیز به‌عنوان یکی دیگر از ترکیبات مؤثره این اسانس، روندی مشابه با تیمول نشان داد. در شاهد (بدون هیومیک اسید)، مقدار کارواکرول ۱/۲۷ درصد بود که در غلظت ۱ میلی‌لیتر به ۳/۵۳ درصد و در غلظت ۲ میلی‌لیتر به ۲/۶۶ درصد رسید. این افزایش نشان می‌دهد که هیومیک اسید می‌تواند متابولیسم ثانویه گیاه را تقویت کند و منجر به افزایش تولید ترکیبات فنولی با فعالیت زیستی بالا شود. ترکیبات متیل اِتر کارواکرول، اُرتوسیمن و گاما ترپینن نیز با افزایش غلظت هیومیک اسید روند افزایشی برجسته‌ای را نشان دادند که این امر می‌تواند نشانه تقویت مسیرهای سنتزی مونوترپن‌ها در واکنش به تیمار با هیومیک اسید باشد. در مقابل لینالول، یکی از ترکیبات آروماتیک مهم با بوی گلدار، از ۴۷/۶۸ درصد در شاهد به ۲۲/۹۳ درصد در غلظت ۱ میلی‌لیتر و تنها ۱/۵۲ درصد در غلظت ۲ میلی‌لیتر کاهش یافت. این کاهش می‌تواند نشان‌دهنده تغییر در تعادل منابع متابولیکی گیاه باشد: یعنی گیاه از سنتز ترکیبات معطر به سمت تولید متابولیت‌های دفاعی (مانند تیمول و کارواکرول) سوق داده شده است (Ahmadi et al., 2020). افزایش ترکیبات ارزشمندی چون تیمول و کارواکرول در پاسخ به کاربرد هیومیک اسید، اهمیت استفاده از محرک‌های زیستی در جهت بهبود خصوصیات دارویی و ضد عفونی‌کننده گیاهان دارویی نظیر آویشن شیرازی را برجسته می‌کند. در مجموع، کاربرد هیومیک اسید نه تنها می‌تواند عملکرد گیاهی را بهبود دهد، بلکه محتوای متابولیت‌های ثانوی با ارزش را نیز افزایش داده و بنابراین می‌تواند در تولید گیاهان دارویی با کیفیت و کارایی بالاتر مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۲. درصد اجزاء اسانس آویشن شیرازی در تیمارهای مختلف هیومیک اسید

شماره	ترکیب شیمیایی	هیومیک اسید 0 ml/lit	هیومیک اسید 1 ml/lit	هیومیک اسید 2 ml/lit	شاخص بازداری RT (min)
۱	2-hexenal	۰/۲۰۸	۰/۳۲۹	۰/۲۶۳	۴/۰۸۹
۲	α-thujene	۰/۲۲۶	۰/۵۷۱	۱/۰۹	۵/۳۴۸
۳	α- pinene	۲/۴۹	۲/۷۷۳	۳/۶۴۲	۵/۵۵۸
۴	Camphene	۰/۱۵	۰/۱۶۵	۰/۲۰۶	۵/۹۷۲
۵	β- pinene	۰/۵۵۹	۰/۶۹۹	۰/۸۵۵	۶/۶۳۶

ادامه جدول ۲

شماره	ترکیب شیمیایی	هیومیک اسید 0 ml/lit	هیومیک اسید 1 ml/lit	هیومیک اسید 2 ml/lit	شاخص بازداری RT (min)
۶	β- myrcene	۰/۳۷۹	۰/۹۵۱	۱/۷۲۱	۶/۷۸۸
۷	3-octanol	۰/۲۴۲	۰/۱۹۵	۰/۲۷۲	۷/۰۹۷
۸	α-terpinene	-	۰/۴۱۱	۱/۰۶	۷/۵۸۷
۹	o-Cymene	۰/۹۱۷	۶/۲۳۶	۷/۸۹	۷/۸۷۸
۱۰	1,8- cineole	۱/۴۱۹	۰/۹۲	۱/۰۲۳	۸/۰۵۳
۱۱	γ-terpinene	۰/۳۱	۱/۴۱۴	۳/۸۹۱	۸/۷
۱۲	Linalool	۴/۳۶	۰/۷۴۵	–	۹/۰۷۹
۱۳	-terpineolβ	۰/۸۵۶	۱/۳۴۹	۱/۲۲۷	۹/۱۴۳
۱۴	linalool oxide	۲/۹۷	۰/۹۵۳	–	۹/۵۲۷
۱۵	L-Linalool	۴۷/۶۸	۲۲/۹۳۴	۱/۵۲	۱۰/۱۱۶
۱۶	3-Cyclohexen-1-ol	۰/۵۰۱	۱/۱۹۶	۱/۳۴۵	۱۲/۳۰۲
۱۷	α-terpineol	۱/۴۹	۰/۵۴۷	۰/۱۱۸	۱۲/۷۵۱
۱۸	3-Cyclohexen-1-methanol	۰/۲۹	۰/۵۸	۱/۲۶۵	۱۲/۹۰۸
۱۹	methyl ether carvacrol	۱/۲۶	۵/۱۷۶	۴/۱۱	۱۳/۸۱۲
۲۰	Carvacrol	۱/۲۷	۳/۵۳۷	۲/۶۶	۱۵/۵۷۲
۲۱	Thymol	۱۱/۴۸	۳۷/۵۱۲	۵۶/۴۷	۱۶/۱۲۵
۲۲	Carvacryl acetate	۰/۲۳	۱/۴۱۷	۲/۰۸۵	۱۷/۲۹۱
۲۳	Caryophyllene	۳/۰۹	۲/۰۸۱	۳/۳۸	۱۸/۶۶۷
۲۴	Cycloprop azulene	۱/۷	۰/۳۲۱	۰/۵۴۱	۱۹/۱۳۹
۲۵	Bicyclogermacrene	۱/۰۸	۰/۴۵۷	۰/۶۶۱	۲۰/۵۹
۲۶	Spathulenol	۱/۷	۱/۲۰۱	۰/۷۰۴	۲۲/۷۲۹
۲۷	Caryophyllene oxide	۴/۱۶	۲/۰۳۱	۰/۶۹	۲۲/۸۳۴
۲۸	Caryophlla-4,dien 5-β-ol	۰/۳۳	۰/۲۱۸	۰/۲۳۴	۲۴/۱۵۲
۲۹	α-Terpineol isobutyrate	۰/۹۱۸	۰/۳۱۳	۰/۲۷	۲۵/۸۸۷

منابع

Ghorbani, S., Khazayi, H.M., Kafi, M. and Banayan Aval, M. (2010). Effect of humic acid in irrigation water on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Ecology*, 2(1), pp. 123–131. (In Persian with English abstract)

Jalali, K., Yavari, A., Jafari, L. and Mumivand, H. (2021) Comparison of essential oil content and composition of different parts from *Teucrium polium* L. in natural habitat of Kerman province. *Journal of Plant Process and Function*. 10: 175-188.

Kafi, M., Rahimi, A. and Talaee, G. (2019). Effect of humic acid on secondary metabolite production in medicinal plants. *Journal of Medicinal Plants Research*, 13(4), pp. 102–110.

Khazaie, H.R., Eyshi Rezaie, E. and Bannayan, M. (2011). Application times and concentration of humic acid impact on above ground biomass and oil production of hyssop (*Hyssopus officinalis*). *Medicinal Plants Research*, 5(20), pp. 5148–5154.

Sajed, H., Sahebkar, A. and Iranshahi, M. *Zataria multiflora* Boiss. (Shirazi thyme) an ancient condiment with modern pharmaceutical uses. *J. Ethnopharmacol*. 2013; 145(3):686 -98.

Assessment of Humic Acid Effects on Active ingredients of *Zataria multiflora* Boiss.

Kamal Gholamipourfard[1*] and Zahra Zinati[2]
1. Assistant Professor, Department of Plant Production, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Iran
2. Associate professor, Department of Agroecology, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Iran
**Corresponding author: K.gholamipour@gmail.com*

Abstract

Zataria multiflora Boiss., a.k.a. Shirazi Thyme is considered one of the most valuable medicinal and economic plant species. The use of organic and biological inputs instead of chemical fertilizers has become a key principle for achieving soil fertility and proper plant nutrition in organic farming, especially in medicinal plant production systems. In this regard, to investigate the effect of humic acid fertilizer on secondary metabolites of *Z. multiflora*, a field experiment was conducted in Darab County, Fars Province, Iran, using three treatments (0, 1, and 2 mL/L humic acid) in 2024. Results showed that these treatments had different effects on some of the volatile effective compounds. Thymol, as one of the most important antimicrobial and antioxidant components in the essential oil of *Z. multiflora*, exhibited a significant increasing trend with higher concentrations of humic acid, rising from 11.48% in the control treatment to 56.47% in the 2 mL/L treatment. Similarly, the levels of Carvacrol, Methyl ether carvacrol, o-Cymene, and γ-terpinene also increased with humic acid application. However, Linalool, an aromatic compound with a floral scent, showed a decreasing trend, indicating a possible shift in the metabolic resource allocation of the plant. The enhancement of valuable compounds such as Thymol and Carvacrol highlights the importance of using biostimulants like humic acid to improve the medicinal and antiseptic properties of medicinal plants like *Z. multiflora*.

Keywords: Biofertilizer, Carvacrol, Essential oil, Sustainable agriculture, Thymol

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد بر برخی صفات زراعی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) تحت تنش خشکی در منطقه اهر

ام‌البنین جلالی[۱]، رسول حاجی‌پور[۱]، احمد افکاری[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران

۲- گروه زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران

*نویسنده مسئول: Afkari@iau.ac.ir

چکیده

به منظور ارزیابی اثر باکتری‌های محرک رشد و تنش خشکی بر برخی صفات زراعی گیاه دارویی نعناع در منطقه اهر، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش خشکی (۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A) و فاکتور دوم شامل تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد گیاه در ۵ سطح (عدم تلقیح به عنوان شاهد، تلقیح با *ازتوباکتر*، *سدوموناس*، *آزوسپیریلوم* و کاربرد همزمان *ازتوباکتر*، *سدوموناس* و *آزوسپیریلوم*) اجرا شد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی تنش خشکی و باکتری‌های محرک رشد بر کلیه صفات مورد مطالعه معنی‌داری شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تنش خشکی و باکتری‌های محرک رشد، بر ارتفاع بوته، تعداد برگ و ساقه جانبی در بوته اثر معنی‌داری داشتند. با افزایش شدت تنش خشکی ناشی از فاصله زیاد آبیاری از ارتفاع بوته، تعداد برگ و ساقه جانبی در بوته کاسته شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۶۲/۱۸ سانتی‌متر) از ترکیب تیماری تلقیح بذر با *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم* و *سودوموناس* در شرایط آبیاری کامل (۷۰ میلی‌متر تبخیر) حاصل گردید. مقایسات میانگین داده‌ها نشان داد که با اعمال تنش کمبود آب تعداد برگ در بوته کاهش یافت. بنابراین بیش‌ترین تعداد برگ در بوته (۷۵/۶۲) مربوط به سطح ۷۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین تعداد برگ در بوته (۵۳/۲۵) مربوط به سطح ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) بود. هم‌چنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین تعداد برگ در بوته (۷۶/۴۹) از تیمار مصرف توأم باکتری‌ها و کم‌ترین تعداد برگ در بوته (۵۴/۷۱) از تیمار عدم تلقیح به‌دست آمد. به طورکلی نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف باکتری به ویژه کاربرد توأم باکتری‌ها (*ازوتوباکتر+ آزوسپیریلوم+ سودوموناس*) می‌تواند میزان تحمل نعناع فلفلی را نسبت به تنش خشکی افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، باکتری‌های محرک رشد، تعداد برگ و نعناع.

مقدمه

در دهه‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای روی گیاهان دارویی انجام گرفته و داروهای با ماده موثرهٔ طبیعی، افق‌های جدیدی را به روی پژوهش‌گران گشوده است. به‌طوری که در حال حاضر حدود یک سوم داروهای مورد استفاده در جوامع انسانی را داروهایی با منشأ طبیعی و گیاهی تشکیل می‌دهند (Omidbaigi, 2005). از بین گیاهان دارویی می‌توان به نعناع فلفلی اشاره کرد که تغذیه و جذب مناسب عناصر معدنی پر مصرف و بهبود غلظت آن‌ها در گیاه، نقش بسزایی در افزایش عملکرد کمی و کیفی آن دارد. نعناع فلفلی گیاهی دارویی است که تغذیه و جذب مناسب عناصر

غذایی، نقش بسزایی در افزایش عملکرد کمی و کیفی آن دارد از برگ‌ها، پیکر رویشی و اسانس نعناع فلفلی در اکثر فرهنگ‌های داروشناسی معتبر به‌عنوان دارو یاد شده است (Askary *et al.*, 2017). تنش خشکی زمانی در گیاهان ایجاد می‌گردد که میزان آب دریافتی کمتر از تلفات آن بوده، این امر ممکن است به‌علت اتلاف بیش از حد آب یا کاهش جذب و یا وجود هر دو مورد باشد (Afkari, 2018). تنش خشکی بر رشد و عملکرد گیاه از راه‌های گوناگون مانند کاهش توانایی‌های فتوسنتزی اثر منفی می‌گذارد. کاهش وزن خشک اندام هوایی در ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Bayoumi *et al.*, 2008). تنش خشکی در ریحان سبب کاهش مقدار سطح برگ، کلروفیل، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد ریحان می‌گردد؛ با این حال موجب افزایش مقدار پرولین و قندهای محلول نیز می‌شود (Hassani *et al.*, 2004). نتایج پژوهشگران نشان دادند که افزایش فضای گیاه باعث زیاد شدن تعداد شاخه‌ها، برگ‌ها و وزن خشک گیاه می‌شود در حالی که ارتفاع گیاه را کاهش می‌دهد (Karami *et al.*, 2015). با توجه به اهمیت گیاه دارویی نعناع فلفلی و مصارف گسترده آن در صنایع مختلف، این پژوهش به‌منظور تاثیر باکتری‌های محرک رشد در کاهش اثرات تنش خشکی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی نعناع فلفلی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر باکتری‌های محرک رشد و تنش خشکی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه دارویی نعناع فلفلی در منطقه اهر، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش خشکی (۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A) و فاکتور دوم شامل تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد گیاه در ۵ سطح (عدم تلقیح به عنوان شاهد، تلقیح با *ازتوباکتر*، *سدوموناس*، *آزوسپیریلوم* و کاربرد همزمان *ازتوباکتر*، *سدوموناس* و *آزوسپیریلوم*) اجرا شد. تهیه زمین بعد از شخم عمیق (۲۵-۲۰ سانتی‌متر) شامل دو دیسک عمود برهم، تسطیح و عملیات کرتبندی زمین بود. قبل از اجرای طرح بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی خاک، کود شیمیایی قبل از کشت نعناع فلفلی به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کود فسفره P_2O_5 به مقدار ۶۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات‌تریپل و کود پتاس به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم (K_2SO_4) به عنوان کود پایه، به‌صورت یکسان به زمین داده شد. کاشت در نیمه اول اردیبهشت ۱۴۰۴ به‌روش دستی انجام شد. در درون هر کرت فاصله بین ردیف‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی دارای ۴ ردیف با فاصله کشت ۲۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۴ سانتی‌متر به‌طول ۳ متر بود. پس از سبز شدن و استقرار کامل گیاه، تنک بوته‌ها در طی دو مرحله (۳- ۲ و ۴ –۳ برگی) انجام شد. آبیاری تا زمان ۶-۴ برگی به‌طور منظم انجام گرفت و پس از آن، تیمار آبیاری اعمال گردید. برای تعیین ارتفاع بوته، تعداد برگ و تعداد ساقه در بوته، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی انتخاب و میانگین آنها به طور تصادفی شمارش گردید. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی تنش خشکی و کودهای زیستی بر کلیه صفات مورد مطالعه معنی‌دار شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تنش خشکی و باکتری‌های محرک رشد بر ارتفاع بوته و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ۱). در این بررسی بیش‌ترین

ارتفاع بوته (۶۲/۱۸ سانتی‌متر) به تیمار ۷۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف توأم باکتری‌های محرک رشد اختصاص یافت و کم‌ترین ارتفاع بوته (۴۵/۱۷ سانتی‌متر) به تیمارهای ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم تلقیح باکتری‌ها اختصاص یافت. دلیل افزایش ارتفاع را می‌توان چنین بیان کرد که در تیمار مصرف با باکتری‌های محرک رشد در مقابل تنش خشکی مقاوم گردیده و باعث کاهش اثرات مخرب ناشی از تنش خشکی شده اشت. در بررسی اثر تلقیح منفرد و دوگانه *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* در گندم گزارش کردند که تلقیح دوگانه سویه‌های کارآمد *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش اثرات مثبتی بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی در گونه‌های گندم دارد. هورمون‌هایی مثل اکسین، جیبرلین و سیتوکینین توسط بسیاری از گونه‌های *ازتوباکتر* سنتز می‌شوند و احتمال دارد کودهای زیستی به‌دلیل فراهمی مواد غذایی و بهبود کارآیی فتوسنتز موجب افزایش عملکرد دانه شده است. طبق نتایج حاصله با اعمال تنش کمبود آب عملکرد دانه کاهش یافت (Rai and Gaur, 1998).

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه ریحان در واکنش از باکتری‌های محرک رشد و تنش کم‌آبی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع بوته	تعداد ساقه در بوته	تعداد برگ در بوته	عملکرد دانه
بلوک	۲	۰/۴۲۳ ns	۱۱/۱۳ ns	۲/۷۸۳ ns	۲۴/۳۶ ns
تنش خشکی	۲	۱۱۲/۶۷ **	۶۱۷/۱۲ **	۴۹۲۱/۱۱ **	۳۳۸۹۲/۰۵ **
باکتری‌های محرک رشد	۴	۳۰۹/۴۷ **	۱۱۹/۱۷ **	۶۲۰۹/۱۶ *	۱۷۴۲/۹۱ *
باکتری‌ها × تنش	۸	۱۹۹/۸۲ **	۱۳/۰۸ ns	۲۴۶۲/۲۸ ns	۱۹۳۲۸/۵۶ **
خطای آزمایش	۲۸	۲/۰۰۳	۰/۱۷۶	۶/۱۵	۳۱۴۳۱/۰۱
ضریب تغییرات (٪)		۹/۲۳	۱۰/۰۶	۱۰/۵۷	۱۱/۲۲

ns و *، **: به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار

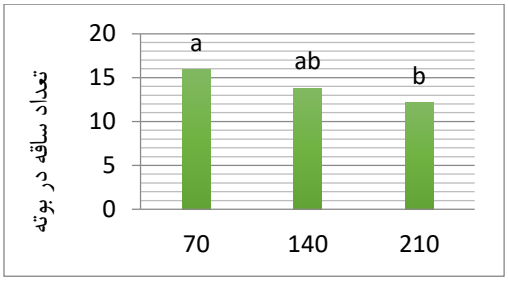
در این بررسی بیش‌ترین عملکرد دانه (۹۱۷/۱۱ کیلوگرم در هکتار) به تیمارهای (۷۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف توأم باکتری‌های محرک رشد) اختصاص یافت (جدول ۲). نعناع فلفلی در هنگام تنش خشکی سطح برگ خود را کاهش داده از شاخه‌های جانبی و ارتفاع خود می‌کاهد و این امر سبب کاهش مواد فتوسنتزی می‌گردد که نتیجه آن کاهش عملکرد دانه در نعناع فلفلی گردید. نتایج پژوهشگران نشان دادند که *ازتوباکتر* و *سودوموناس* با اثر مثبت بر جذب عناصر ماکرو و ضروری نظیر N، P وK، بهبود توزیع آب در گیاه و افزایش فعالیت نیترات ردوکتاز و تولید برخی هورمون‌ها، موجب افزایش اجزای عملکرد می‌شود (Tanwar *et al.*, 2002). اثرات مفید باکتری‌های *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم* و *سدوموناس* ممکن است به خاطر مشارکت آن‌ها در افزایش رشد گیاه به واسطه تثبیت زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفات نامحلول خاک و تولید هورمون‌های گیاهی باشد که مجموعه این عوامل می‌تواند جذب بیش تر مواد غذایی توسط گیاه را تحریک کرده و منجر به بهبود فرآیند فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد و عملکرد گیاه شود گزارشات زیادی در ارتباط با افزایش محصول و تحمل گیاهان تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد تحت شرایط تنش‌های محیطی به ویژه خشکی وجود دارد (Dadvand Sarab *et al.*, 2008). طبق نتایج حاصله با اعمال تنش خشکی تعداد ساقه در بوته کاهش یافت. بیش‌ترین تعداد ساقه در بوته ۱۵/۸۷ مربوط به سطح ۷۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین تعداد ساقه در بوته ۱۲/۱۳ مربوط به سطح ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر بود (شکل- ۱). هم‌چنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین تعداد ساقه در بوته (۱۳/۳۳) از تیمار مصرف توأم باکتری‌ها (*ازوتوباکتر+ آزوسپیریلوم+ سدوموناس*) و

کم‌ترین تعداد ساقه در بوته (۱۱/۳۱) از تیمار عدم تلقیح به‌دست آمد (شکل- ۲). در پژوهشی به عنوان تأثیر مصرف مایه تلقیح *Pseudomonas fluorescens* بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم بهاره در شرایط گلخانه‌ای، افزایش ارتفاع بوته و تعداد پنجه و سنبله‌های بوته گندم در اثر تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescens* را مشاهده کردند (Mahfouz *et al.*, 2007). گزارشات زیادی در ارتباط با افزایش محصول و تحمل گیاهان تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد تحت شرایط تنش‌های محیطی به ویژه خشکی وجود دارد. تنش خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه باعث کاهش ارتفاع بوته می‌شود و هر چه زمان اعمال تنش به مراحل انتهایی فصل رشد نزدیکتر شود تاثیر کمتری بر ارتفاع گیاه دارد (Farooqi and Sreeramu, 2009). برخی معتقدند تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد موجب تثبیت بیولوژیکی نیتروژن می‌گردد که به نوبه خود در افزایش تعداد ساقه در بوته موثر است (Hajibagheri, and Enteshari, 2011). طبق نتایج حاصله با اعمال تنش خشکی تعداد برگ در بوته کاهش یافت. بیش‌ترین تعداد برگ در بوته (۷۵/۶۲) مربوط به سطح ۷۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین تعداد برگ در بوته (۵۳/۲۵) مربوط به سطح ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر بود (شکل ۳). تعداد برگ در بوته از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا باعث افزایش جذب نور و در نتیجه افزایش فتوسنتز و رشد گیاه می‌گردد (Dree *et al.*, 1997). هم‌چنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین تعداد برگ در بوته (۷۶/۴۹) از تیمار مصرف توأم باکتری‌ها (*ازوتوباکتر+ آزوسپیریلوم+ سدوموناس*) و کم‌ترین تعداد برگ در بوته (۵۴/۷۱) از تیمار عدم تلقیح به‌دست آمد (شکل ۴).

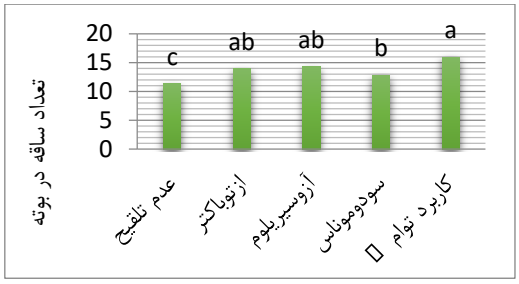
جدول ۲. برهمکنش تنش خشکی و باکتری‌های محرک رشد گیاه بر صفات ارتفاع بوته و عملکرد دانه

تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر)	تیمارها: باکتری‌های محرک رشد گیاه	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
	عدم تلقیح	c۵۱/۳۸	bc۷۱۲/۳۳
	ازوتوباکتر	a۶۰/۴۲	ab۸۳۵/۱۲
	آزوسپریلوم	ab۵۹/۲۸	b۸۱۶/۵۷
۷۰	سدوموناس	bc۶۳/۵۴	b۸۰۲/۲۱
	تلقیح توأم این سه باکتری	a۶۲/۱۸	a۹۱۷/۱۱
	عدم تلقیح	d۴۸/۷۲	c۶۷۶/۱۰
	ازوتوباکتر	ab۵۹/۴۱	b۷۸۱/۴۱
	آزوسپریلوم	b۵۸/۳۱	b۷۷۲/۱۴
۱۴۰	سدوموناس	c۵۲/۲۹	b۷۵۸/۲۴
	تلقیح‌توأم این سه باکتری	a۶۱/۲۸	a۸۷۴/۶۱
	عدم تلقیح	e۴۵/۱۷	d۶۰۱/۴۷
	ازوتوباکتر	b۵۶/۴۹	bc۷۱۲/۸۴
	آزوسپریلوم	bc۵۴/۸۷	c۷۰۴/۶۲
۲۱۰	سدوموناس	d۴۹/۰۸	c۶۹۱/۵۳
	تلقیح توأم این سه باکتری	b۵۸/۳۱	bc۷۱۶/۳۶

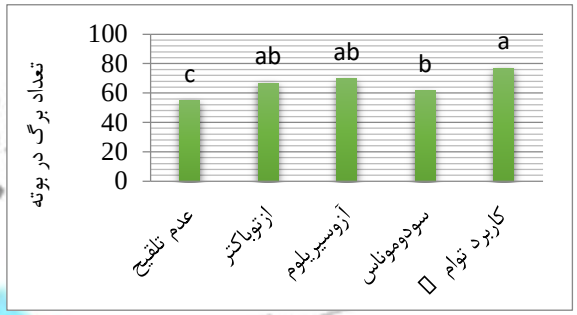
حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است



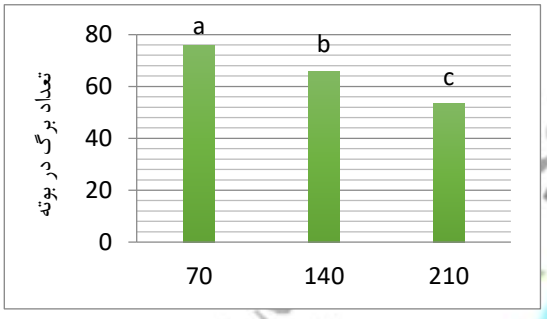
شکل ۱. اثر تنش خشکی بر تعداد ساقه در بوته



شکل ۲. اثر باکتری‌های محرک رشد بر تعداد ساقه در بوته



شکل ۳. اثر باکتری‌های محرک رشد بر تعداد برگ در بوته



شکل ۴. اثر تنش خشکی بر تعداد برگ در بوته

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد که اثر تنش خشکی بر تمام صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود و باعث کاهش این صفات گردید. هم‌چنین کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر بیشتر صفات معنی‌دار بود و مصرف آن‌ها موجب افزایش کمی و کیفی صفات مورد بررسی در هر سه شرایط آبیاری (۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس **A**) گردید. در مجموع آبیاری نرمال بدون تنش (۷۰ میلی‌متر تبخیر) و مصرف توأم باکتری‌های محرک رشد (*ازوتوباکتر+ آزوسپیریلوم+ سودوموناس*) به عنوان تیمار برتر برای دستیابی به بالاترین مقدار اندام‌های هوایی و عملکرد دانه نعناع فلفلی توصیه می‌گردد.

منابع

Afkari, A. (2018). Effects of drought stress and nitrogen fertilizer rate on some physiological characteristics, essential oil percentage, and yield of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 33(6)*: 1047-1059.

Askary, M., Talebi, S.M., Amini, F. and Bangan, A.D.B. (2017). Effects of iron nanoparticles on *Mentha piperita* L. under salinity stress. *Biologija*. 63(1), 65-75.

Bayoumi, T.Y., Eid , M. and Metwali, E.M. (2008). Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *African Journal of Biotechnology 7:* 3341-2352.

Dadvand Sarab, M.R., Naghdibadi, H.A., Nasri, M., Makizadeh Tafti, M. and Heshmat, M. (2008). changes the oil and the basil (*Ocimum basilicum* L.) under the influence of density and nitrogen fertilizer. *Medicinal Plants*, 3(27): 60-70.

Farooqi , B. and B.S. Sreeramu. (2009). Cultivation of medicinal and aromatic crops universities press. Viii. p: 518.

Hajibagheri, S. and Enteshari, S.H. (2011). Effects of mycorrhizal fungi on some physiological characteristics of salt stressed *Ocimum basilicum* L. *Journal of Plant Physiology*, 1: 215-222.

Hassani A., Omidbaigi R. and Heidari Sharif Abad H. (2004). Study of some drought resistance indices in basil (*Ocimum basilicum*). *Journal of Agricultural Science Natural Resources, 10*: 65-74.

Karami, A. and Sepehri, A. (2015). Effects of deficit irrigation and application of biofertilizers on the growing characteristics and water use efficiency on borage (*Borago officinalis* L.). *Plant Prroductions, 1 (38):* 91-102.

Mahfouz S A and Sharaf-Eldin M.A. (2007). Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Int. Agrophysics.* 21: 361 - 6.

Omidbaigi R. (2005). Production and processing of medicinal plants. Vol. 2. Astan Gods Razavi Press. 324 pp.

Rai, S.N. and Gaur, A.C. (1988). Chraracterization of Azotobacter spp and effect of Azotobacter and Azospirillum as inoculant on the yield and N–uptake of wheat crop. *Plant Soil*, *109*: 131-134.

Reddy R.K., Hodges H.F. Mckinion J.M. (1997). Modeling temperature effect on cotton internode and leaf growth. *Crop Sciences, 37*: 503-507.

Tanwar, S. P. S., Sharma, G. L. and Chahar, M. S. (2002). Effects of phosphorus and bio fertilizers on growth and productivity of black gram. *Annals of Agricultural Science. 23(3)*: 491-493.

Investigating the effect of growth-promoting bacteria on some agronomic traits of mint (Mentha piperita L.) under drought stress in Ahar region

Ommolbanin Jalali[1], Rasoul Hjipour [1], Ahmad Afkari[2]*
1. Master's student in Agronomy, Kalibar branch, Islamic Azad University, Kalibar, Iran
2. Department of Agronomy, Kaleibar Branch, Islamic Azad University, Kaleibar, Iran
*Corresponding Author: Afkari@iau.ac.ir

Abstract

In order to evaluate the effect of growth-promoting bacteria and drought stress on some agronomic traits of the medicinal plant mint in Ahar region, a factorial experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications in the 2024-2025 crop year. The experimental treatments included three levels of drought stress (70, 140, and 210 mm evaporation from a class A evaporation pan) and the second factor included seed inoculation with plant growth-promoting bacteria at 5 levels (no inoculation as a control, inoculation with *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, and simultaneous application of *Azotobacter*, Pseudomonas, and Azospirillum). According to the results of analysis of variance, the main effect of drought stress and growth-promoting bacteria on all studied traits was significant. The results of analysis of variance showed that the interaction of drought stress and growth-promoting bacteria had a significant effect on plant height, number of leaves, and lateral shoots in the plant. As the intensity of drought stress due to the large irrigation interval increased, the number of leaves and lateral shoots in the plant decreased. The results showed that the highest plant height (62.18 cm) was obtained from the combination of seed inoculation with *Azotobacter*, *Azospirillum* and *Pseudomonas* under full irrigation conditions (70 mm evaporation). Comparisons of the mean data showed that the number of leaves per plant decreased with the application of water deficit stress. Therefore, the highest number of leaves per plant (62.75) was related to the 70 mm evaporation level and the lowest number of leaves per plant (25.53) was related to the 210 mm evaporation level from the evaporation pan. The results also showed that the highest number of leaves per plant (49.76) was obtained from the treatment of simultaneous use of bacteria and the lowest number of leaves per plant (71.54) was obtained from the treatment of no inoculation. Overall, the results of this experiment showed that the use of bacteria, especially the combined use of bacteria (*Azotobacter* + *Azospirillum* + *Pseudomonas*), can increase mint tolerance to drought stress.

Keywords:, Drought stress, Growth-promoting bacteria, Mint (*Mentha piperita* L.) , Number of leaves.

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

بررسی اثر تنش خشکی و باکتری‌های محرک رشد بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) در منطقه اهر

طاهر احمدیان[۱]، رسول حاجی‌پور[۱]، احمد افکاری[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران

۲- گروه زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران

[*]نویسنده مسئول: Afkari@iau.ac.ir

چکیده

به منظور ارزیابی اثر تنش خشکی و باکتری‌های محرک رشد بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاه دارویی نعناع در منطقه اهر، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش خشکی (۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A) و فاکتور دوم شامل تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد گیاه در ۵ سطح (عدم تلقیح به عنوان شاهد، تلقیح با *ازتوباکتر*، *سدوموناس*، *آزوسپیریلوم* و کاربرد همزمان *ازتوباکتر*، *سدوموناس* و *آزوسپیریلوم*) اجرا شد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی تنش حشکی و باکتری‌های محرک رشد بر کلیه صفات مورد مطالعه معنی‌داری شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که اعمال تنش بر تمام صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تنش خشکی و باکتری‌های محرک رشد بر صفات کلروفیل a، کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد و بر سایر صفات در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند. بر اساس نتایج مقایسات میانگین، آبیاری کمتر باعث کاهش معنی‌دار و نوع باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ گردید. به طورکلی نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف باکتری به ویژه کاربرد توأم باکتری‌ها (*ازوتوباکتر+ آزوسپیریلوم+ سودوموناس*) می‌تواند میزان تحمل نعناع را نسبت به تنش خشکی افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: تنش کم‌آبی، کود بیولوژیک، کلروفیل، محتوای نسبی آب و نعناع.

مقدمه

گیاه نعناع با نام علمی (*Mentha piperita* L.)، با نام انگلیسی Mint، از تیره نعناعیان (Lamiaceae) متعلق به جنس (*Mentha*) می‌باشد. نعناع فلفلی یکی از گیاهان دارویی دنیای قدیم است که در اکثر نقاط دنیا به‌طور سنتی استفاده می‌شود. نعناع فلفلی بومی مناطق مدیترانه‌ای است که امروزه در تمام نقاط دنیا برای مصارف غذایی، دارویی، عطرسازی و پزشکی کشت می‌شود (Askary *et al.*, 2017). نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) گیاهی دارویی است که تغذیه و جذب مناسب عناصر غذایی، نقش بسزایی در افزایش عملکرد کمی و کیفی آن دارد (Omidbaigi, 2005). تنش خشکی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هم‌چنین باعث کاهش جذب آب توسط سیستم ریشه گیاه، کاهش تعرق، کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز و هم‌چنین به هم

خوردن موازنه هورمونی در گیاه می‌گردد (Kheirandish *et al.*, 2016). تنش خشکی بر رشد و عملکرد گیاه از راه‌های گوناگون مانند کاهش توانایی‌های فتوسنتزی اثر منفی می‌گذارد.

کاهش وزن خشک اندام هوایی در ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Bayoumi *et al.*, 2008). تنش خشکی در ریحان سبب کاهش مقدار سطح برگ، کلروفیل، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد ریحان می‌گردد؛ با این حال موجب افزایش مقدار پرولین و قندهای محلول نیز می‌شود (Hassani *et al.*, 2004). قارچ‌های میکوریزایوزیکولار آربوسکولار در سال‌های اخیر برای مقابله با کم آبی و تنش‌های خشکی در بسیاری از گیاهان مورد استفاده قرار گرفته است (Mohammadi *et al.*, 2016). نتایج پژوهش‌ها نشان داد که امکان استفاده از کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی رشد رویشی، عملکرد و میزان اسانس گیاه رازیانه در تیمارهای کود زیستی افزایش یافت (Azazz *et al.*, 2009). با توجه به اهمیت گیاه دارویی نعناع فلفلی و مصارف گسترده آن در صنایع مختلف، این پژوهش به‌منظور تاثیر باکتری‌های محرک رشد در کاهش اثرات تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک نعناع فلفلی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر تنش خشکی و باکتری‌های محرک رشد بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی نعناع فلفلی در منطقه اهر، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش خشکی (۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A) و فاکتور دوم شامل تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد گیاه در ۵ سطح (عدم تلقیح به عنوان شاهد، تلقیح با *ازتوباکتر*، *سدوموناس*، *آزوسپیریلوم* و کاربرد همزمان *ازتوباکتر*، *سدوموناس* و *آزوسپیریلوم*) اجرا شد. تهیه زمین بعد از شخم عمیق (۲۵-۲۰ سانتیمتر) شامل دو دیسک عمود برهم، تسطیح و عملیات کرتبندی زمین بود. قبل از اجرای طرح بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی خاک، کود شیمیایی قبل از کشت ریحان به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کود فسفره P_2O_5 به مقدار ۶۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات‌تریپل و کود پتاس به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم (K_2SO_4) به عنوان کود پایه، به‌صورت یکسان به زمین داده شد. کاشت در نیمه اول اردیبهشت ۱۴۰۳ به‌روش دستی انجام شد. در درون هر کرت فاصله بین ردیف‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی دارای ۴ ردیف با فاصله کشت ۲۰ سانتیمتر و روی ردیف ۴ سانتیمتر به‌طول ۳ متر بود. پس از سبز شدن و استقرار کامل گیاه، تنک بوته‌ها در طی دو مرحله (۳- ۲ و ۴ –۳ برگی) انجام شد. آبیاری تا زمان ۶-۴ برگی به‌طور منظم انجام گرفت و پس از آن، تیمار آبیاری اعمال گردید. برای اندازه‌گیری محتوای رنگدانه‌های کلروفیل ۲۰۰ میلی‌گرم برگ تازه با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده شد و محلول حاصل به مدت پنج دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ اندازه‌گیری شدند. سپس جذب محلول رویی در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۴ و ۴۷۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. محتوای نسبی آب، میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ با استفاده از رابطه‌های ۱ تا ۴ محاسبه شدند (Afkari,2018., Dere *et al.*, 1998).

رابطه ۱: $RWC= (Fw-Dw)/ (Sw-Dw) \times 100$

رابطه ۲: $Chlorophyllb= 27.05A653 -11.21A666$

رابطه۳: $Chlorophylla= 15.65A666 -7.340A653$

رابطه ۴: ChlorophyllT= Chlorophylla+ Chlorophyllb

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی تنش خشکی و باکتری‌های محرک رشد بر کلیه صفات مورد مطالعه معنی‌داری شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تنش خشکی و باکتری‌های محرک رشد بر کلروفیل a و کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد و بر کلروفیل b و محتوای نسبی آب در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۱).

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه ریحان در واکنش از باکتری‌های محرک رشد و تنش کم‌آبی

		میانگین مربعات			
منابع تغییرات	درجه آزادی	a کلروفیل	bکلروفیل	کلروفیل کل	محتوای نسبی آب
تکرار	۲	۰/۰۰۰۵ ns	۰/۰۰۰۴ ns	۰/۰۰۶ ns	۳۸۷/۳۷ ns
تنش خشکی	۲	۲۶۷/۱۷ **	۱۵۸/۱۲ **	۴۹۷/۲۲ **	۳۱۹/۵۱ **
باکتری‌های محرک رشد	۴	۱/۴۸ **	۱/۰۰۲ **	۲/۹۷ **	۱۵۷/۱۳ **
باکتری‌ها × تنش	۸	۰/۰۵۱ * *	۰/۰۰۳ *	۰/۷۲ **	۴۱/۴۸ *
خطای آزمایش	۲۸	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۱/۶۳
ضریب تغییرات (٪)		۸/۷۲	۱۰/۰۶	۸/۸۶	۸/۹۵

ns و *، ** : به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار

نتایج مقایسه میانگین‌های صفت کلروفیل a نشان داد که کودهای بیولوژیک به‌طور معنی‌داری بر مقدار کلروفیل a تأثیر داشتند و با افزایش سطح تنش، میزان کلروفیل a کاهش یافت. به‌طوری که بیش‌ترین مقدار کلروفیل a (۴/۹۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) به ترکیب تیماری (۷۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف توأم باکتری‌های محرک رشد) اختصاص یافت وکم‌ترین مقدار کلروفیل a (۱/۲۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمارهای تحت تنش شدید (۲۱۰ میلی‌متر تبخیر) و شاهد (عدم مصرف کود) مشاهده گردید (جدول ۲). در این بررسی بیش‌ترین مقدار کلروفیل کل (۵/۳۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) به تیمارهای (۷۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف توأم باکتری‌های محرک رشد) اختصاص یافت (جدول ۲). اثرات مفید باکتری‌های ازتوباکتر، *آزوسپیریلوم* و *سدوموناس* ممکن است به خاطر مشارکت آن‌ها در افزایش رشد گیاه به واسطه تثبیت زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفات نامحلول خاک و تولید هورمون‌های گیاهی باشد که مجموعه این عوامل می‌تواند جذب بیش تر مواد غذایی توسط گیاه را تحریک کرده و منجر به بهبود فرآیند فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد و عملکرد گیاه شود گزارشات زیادی در ارتباط با افزایش محصول و تحمل گیاهان تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد تحت شرایط تنش‌های محیطی به ویژه خشکی وجود دارد (Dadvand Sarab *et al.*, 2008). نتایج آزمایشات نشان داد که میزان فتوسنتز و کلروفیل کل گلرنگ در خاک‌هایی با کلسیم بالا در مقایسه با گیاهانی که بذرهای آن‌ها با غلظت‌های متفاوتی از سالیسیلیک‌اسید پرایم شده بود به‌طور معنی‌داری پایین‌تر بود (Jamshidi, *et al.*, 2013). نتایج مقایسه میانگین‌های صفت کلروفیل b نشان داد که کودهای بیولوژیک به‌طور معنی‌داری بر مقدار کلروفیل b

تأثیر داشتند و با افزایش سطح تنش، میزان کلروفیل b کاهش یافت. به‌طوری که بیش‌ترین مقدار کلروفیل b (۴/۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) به ترکیب تیماری (۷۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف توأم باکتری‌های محرک رشد) اختصاص یافت وکم‌ترین مقدار کلروفیل b (۱/۰۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمارهای تحت تنش شدید (۲۱۰ میلی‌متر تبخیر) و شاهد (عدم مصرف کود) مشاهده گردید. نتایج مقایسات میانگین‌های صفت محتوای نسبی آب برگ نشان داد که کودهای بیولوژیک به‌طور معنی‌داری بر مقدار محتوای نسبی آب برگ تأثیر داشتند و با افزایش سطح تنش، میزان محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت. به‌طوری که بیش‌ترین مقدار محتوای نسبی آب برگ (۸۱/۴۵ درصد) به ترکیب تیماری (۷۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف توأم باکتری‌های محرک رشد) اختصاص یافت وکم‌ترین مقدار محتوای نسبی آب برگ (۵۸/۳۳ درصد) در تیمارهای تحت تنش شدید (۲۱۰ میلی‌متر تبخیر) و شاهد (عدم مصرف کود) مشاهده گردید (جدول ۲). به نظر می‌رسد که کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش، به علت افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن باشد، که این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌گردد. نتایج حاصل از اندازه گیری کلروفیل کل برگ‌ها، روند کاهش تدریجی را همراه با افزایش تنش خشکی نشان داد کاهش این رنگیزه‌های مهم فتوسنتزی می‌تواند به علت اختلال در جذب عناصر غذایی ضروری در سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی باشد. تنش موجب افزایش تولید انواع اکسیژن واکنش‌گر می‌شود و کاهش میزان کلروفیل، نشان دهنده وسعت آسیب‌های اکسیداتیو است. این کاهش می‌تواند به دلیل بازدارندگی مراحل مختلف بیوسنتز کلروفیل باشد. هم‌چنین کاهش غلظت کلرفیل در گیاهان تحت تنش ممکن است در ارتباط با افزایش فعالیت تجزیه کلروفیل توسط آنزیم کلروفیلاز باشد (Goldani, 2012).

جدول ۲. برهمکنش تنش خشکی و باکتری‌های محرک رشد بر صفات مورد ارزیابی در گیاه نعناع فلفلی

تیمارها		a کلروفیل (میکروگرم در گرم وزن تر)	کلروفیل کل(میکروگرم در گرم وزن تر)	b کلروفیل (میکروگرم در گرم وزن تر)	محتوای نسبی آب (درصد)
تنش (میلی‌متر تبخیر)	باکتری‌های محرک رشد				
۷۰	عدم تلقیح	c۲/۴۴	cd۲/۸۴	cd۱/۷۴	b۶۵/۲۳
	ازتوباکتر	b۳/۵۲	b۳/۹۲	c۲/۶۲	b۶۶/۳۱
	سدوموناس	b۳/۹۴	ab۴/۷۴	b۳/۷۴	b۶۷/۴۷
	آزوسپیریلوم	a۴/۶۷	ab۴/۸۷	b۳/۸۷	b۶۸/۲۳
	مصرف توام باکترها	a۴/۹۴	a۵/۳۲	a۴/۴۲	a۸۱/۴۵
۱۴۰	عدم تلقیح	c۲/۲۲	c۲/۵۲	d۱/۲۲	cb۶۲/۱۲
	ازتوباکتر	b۳/۷۸	b۳/۹۸	c۲/۷۸	b۶۳/۷۸
	سدوموناس	b۴/۱۱	b۴/۳۱	bc۳/۱۱	b۶۴/۴۹
	آزوسپیریلوم	ab۴/۳۳	ab۴/۶۳	b۳/۵۳	b۶۵/۱۲
	مصرف توام باکترها	a۴/۵۲	ab۴/۸۲	ab۴/۲۲	ab۷۶/۲۴
۲۱۰	عدم تلقیح	d۱/۲۸	d۱/۴۸	cd۱/۰۸	c۵۸/۳۳
	ازتوباکتر	cd۲/۲۶	cd۲/۴۶	cd۲/۰۱	cb۶۲/۴۸
	سدوموناس	c۳/۰۹	c۳/۲۹	c۲/۲۹	b۶۳/۴۱
	آزوسپیریلوم	bc۳/۲۸	bc۳/۴۸	c۲/۷۲	b۶۴/۳۸
	مصرف توام باکترها	bc۳/۰۸	b۴/۰۸	b۳/۱۸	b۶۹/۳۸

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد که اثر تنش خشکی بر تمام صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود و باعث کاهش این صفات گردید. هم‌چنین کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر بیشتر صفات معنی‌دار بود و مصرف آن‌ها موجب افزایش صفات مورد بررسی در هر سه شرایط آبیاری (۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A) گردید. در مجموع آبیاری نرمال بدون تنش (۷۰ میلی‌متر تبخیر) و مصرف توأم باکتری‌های محرک رشد (*ازوتوباکتر+ آزوسپیریلوم+ سودوموناس*) به عنوان تیمار برتر برای دستیابی به بالاترین مقدار اندام‌های هوایی و عملکرد دانه نعناع فلفلی توصیه می‌گردد.

منابع

Afkari, A. (2018). Effects of drought stress and nitrogen fertilizer rate on some physiological characteristics, essential oil percentage, and yield of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 33(6)*: 1047-1059.

Askary, M., Talebi, S.M., Amini, F. and Bangan, A.D.B. (2017). Effects of iron nanoparticles on *Mentha piperita* L. under salinity stress. *Biologija*. 63(1), 65-75.

Azzaz NA, Hassan EA and Hamad EH. (2009). The Chemical Constituent and Vegetative and Yielding Characteristics of Fennel Plants Treated with Organic and Bio-fertilizer Instead of Mineral Fertilizer. *Australian Journal of Basic and Applied Sci, 3 (2):* 579 - 87.14.

Bayoumi, T.Y., Eid , M. and Metwali, E.M. (2008). Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *African Journal of Biotechnology 7:* 3341-2352.

Dadvand Sarab, M.R., Naghdibadi, H.A., Nasri, M., Makizadeh Tafti, M. and Heshmat, M. (2008). changes the oil and the basil (*Ocimum basilicum* L.) under the influence of density and nitrogen fertilizer. *Medicinal Plants*, 3(27): 60-70.

Dere, S., Gunes, T. and Sivaci, R. (1998). Spectrophotometric determination of chlorophyll- a, b and total carotenoids contents of some algae species using different solvents. *Botany, 22*: 13-17.

Goldani, M. (2012). Effect of irrigation intervals on some growth indices ecotypes basil (*Ocimum basilicum* L.) *Iranian agricultural research, 10(2)*: 412-420.

Kheirandish, E., Roshdi, M. and Yousefzadeh, S. (2016). Effects of water stress and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). *Electronic Journal of Crop Production, 9(1)*: 109-125.

Hassani A., Omidbaigi R. and Heidari Sharif Abad H. (2004). Study of some drought resistance indices in basil (*Ocimum basilicum*). *Journal of Agricultural Science Natural Resources, 10*: 65-74.

Jamshidi Jam, B., Shekari, F. and Zangani, E. (2013). Application of bio-sulfur fertilizer and seed pretreatment with salicylic acid improved photosynthetic parameters of safflower. *J. Agron. Plant Prod, 4 (11):* 3068-3075.

Mohammadi, L., Rizi, S. and Barzgar, R. (2016). Application of mycorrhiza (*Glomus mosseae*) the decrease in salinity in Guinea henna flowers. *Journal of Crops Improvement, 18(2)*: 289-301.

Omidbaigi R. (2005). Production and processing of medicinal plants. Vol. 2. Astan Gods Razavi Press. 324 pp.

Investigating the effect of drought stress and growth-promoting bacteria on some physiological traits of the medicinal plant peppermint (*Mentha piperita* L.) in the Ahar region

Taher Ahmadiyan[1], Rasoul Hjipour[1], Ahmad Afkari[2]*
1. Master's student in Agronomy, Kalibar branch, Islamic Azad University, Kalibar, Iran
2. Department of Agronomy, Kaleibar Branch, Islamic Azad University, Kaleibar, Iran
*Corresponding Author: Afkari@iau.ac.ir

Abstract

In order to evaluate the effect of drought stress and growth-promoting bacteria on some physiological traits of the medicinal plant mint in Ahar region, a factorial experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications in the 2024-2025 crop year. The experimental treatments included three levels of drought stress (70, 140, and 210 mm evaporation from a class A evaporation pan) and the second factor included seed inoculation with plant growth-promoting bacteria at 5 levels (no inoculation as a control, inoculation with *Azotobacter*, Pseudomonas, *Azospirillum*, and simultaneous application of *Azotobacter*, Pseudomonas, and *Azospirillum*). According to the results of analysis of variance, the main effect of drought stress and growth-promoting bacteria on all studied traits was significant. The results of analysis of variance of the studied traits showed that applying stress on all evaluated traits was significant at the 1% probability level. The results of analysis of variance showed that the interaction of drought stress and growth-promoting bacteria on the traits chlorophyll a, total chlorophyll at the probability level of one percent and on other traits at the probability level of five percent were significant. Based on the results of mean comparisons, less irrigation caused a significant decrease and the type of growth-promoting bacteria caused a significant increase in the amount of chlorophyll, relative leaf water content. In general, the results of this experiment showed that the use of bacteria, especially the combined use of bacteria (*Azotobacter* + *Azospirillum* + *Pseudomonas*), can increase the tolerance of mint to drought stress.

Keywords: Biological fertilizer, Drought stress, Chlorophyll, *Mentha piperita* L. and Relative water content.

ارزیابی راندمان کپسولاسیون و رهایش عصاره زرشک (*Berberis vulgaris*) کپسوله شده با کازئین در pHهای مختلف

شعله گرامی*[۱]، رشید جامعی[۱]، ندا فرناد[۱]
گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
*نویسنده مسئول: geramisholeh@gmail.com

چکیده

آنتوسیانین‌های استخراج‌شده از زرشک (*Berberis vulgaris*) به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی دارای پتانسیل بالایی در صنایع غذایی و دارویی هستند؛ اما پایداری پایین آن‌ها در برابر شرایط محیطی کارایی کاربردی‌شان را محدود کرده است (Imenshahidi & Hosseinzadeh, 2019). این پژوهش با هدف افزایش پایداری آنتوسیانین اقدام به کپسوله‌سازی آن با پوشش کازئین به‌عنوان بیوپلیمری طبیعی و سازگار نمود. عصاره آنتوسیانین با حلال اتانول استخراج شد و میزان راندمان کپسوله سازی در سه pH (۲، ۴/۶۴ و ۶) مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج بدست آمده، کپسوله سازی با استفاده از فرایند انجماد خشک در pH ۲ با بالاترین راندمان (٪ ۳/۶ ± ۵۹/۳۴) انجام گرفت. در pH ۴/۶۴ این راندمان به (٪ ۱/۱۷ ± ۴۹/۵۲) و در pH ۶ به (٪ ۲/۴۶ ± ۵۳/۳۶) کاهش یافت. نتایج FTIR وجود پیوندهای هیدروژنی و آب‌گریز میان آنتوسیانین و کازئین را تأیید کرد. بررسی رهاسازی در محیط شبیه‌سازی شده معده و روده نشان داد که آنزیم پپسین موجب آزادسازی (٪ ۰/۰۴ ± ۰/۱۱ میلی‌گرم بر لیتر) از آنتوسیانین در محیط اسیدی معده شد، در حالی که تریپسین در محیط قلیایی تنها (٪ ۰/۰۵ ± ۰/۰۹ میلی‌گرم بر لیتر) از ترکیب را آزاد کرد. این نتایج نشان می‌دهد که محیط اسیدی (pH ۲) بهترین شرایط را برای کپسوله‌سازی، حفظ ساختار شیمیایی و افزایش پایداری آنتوسیانین فراهم می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، راندمان، رهاسازی، عصاره میوه زرشک، کپسوله‌سازی

Evaluation of the encapsulation efficiency and the release behavior of casein-encapsulated of *Berberis vulgaris* extract at different pHs

Sholeh Gerami[1*], Rashid Jamei[1], Neda Farnad[1]
1. Department of biology, Faculty of Science, Urmia university, Urmia, Iran
[**]*Corresponding Author: geramisholeh@gmail.com*

Abstract

Anthocyanins extracted from barberry (*Berberis vulgaris*) exhibit high potential for use in food and pharmaceutical industries due to their antioxidant properties. However, their low stability under environmental conditions limits their practical applications (Imenshahidi & Hosseinzadeh, 2019). This study aimed to enhance anthocyanin stability by encapsulating by using casein as a natural and biocompatible biopolymer. The anthocyanin extract was obtained using ethanol as the solvent and encapsulation efficiency (EE%) were evaluated at three different pH levels (2, 4.64, and 6). Based on the results, encapsulation process was performed via freeze-drying at pH 2, achieving the highest EE% (59.34 ± 3.6%), while at pH 4.64 and 6, the EE% decreased to (49.52 ± 1.17%) and (53.36 ± 2.46%), respectively. FTIR analysis confirmed the formation of hydrogen and hydrophobic bonds between anthocyanins and casein. Release studies in simulated gastric and intestinal environments showed that pepsin released only (0.11 ± 0.04%) of anthocyanins in the acidic stomach medium, whereas trypsin in the alkaline medium released just (0.09 ± 0.05%) These findings indicate that an acidic pH (2) provides the optimal conditions for encapsulation, preservation of chemical structure, and enhanced stability of anthocyanins.

Keywords: Anthocyanin, Encapsulation Efficiency, Release, Barberry fruit extract, Encapsulation

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

بررسی اثر زمان و دمای انجام فراصوت بر استخراج ترکیبات رنگی از ضایعات فرآوری گزنه(*Urtica dioica*)

سودابه عین‌افشار*[1]، پروین شرایعی[1]

۱- دانشیاران، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، Areeo، ایران، مشهد

*نویسنده مسئول: soodabeheyn@yahoo.com

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بهینه‌سازی فرآیند استخراج ترکیبات رنگی موجود در ضایعات حاصل از فرآوری گیاه دارویی گزنه (*Urtica dioica*) طراحی و اجرا گردید. با توجه به اهمیت بهره‌برداری بهینه از ضایعات گیاهی و افزایش ارزش افزوده این منابع، از تکنیک استخراج به کمک امواج فراصوت به‌عنوان روشی کارآمد برای بازیابی رنگدانه‌های زیست‌فعال استفاده شد. در این مطالعه، اثر متغیرهای مستقل شامل زمان استخراج (در سه سطح ۱، ۴ و ۷ ساعت) و دمای استخراج (در سه سطح ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد) بر بازده استخراج، میزان کلروفیل و فئوفیتین موجود در عصاره اتانولی ضایعات گیاه گزنه، به‌وسیله طراحی آزمایش و مدل‌سازی به روش سطح پاسخ (RSM) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از برازش مدل‌های آماری نشان داد که هر دو متغیر زمان و دما اثر معنی‌داری بر کمیت ترکیبات استخراج‌شده دارند، به‌طوری‌که افزایش زمان استخراج تا ۷ ساعت و انتخاب محدوده دمایی پایین‌تر باعث ارتقای راندمان بازیابی رنگدانه‌ها گردید. بر اساس مدل بهینه‌سازی ارائه‌شده، شرایط بهینه استخراج ترکیبات رنگی شامل زمان ۷ ساعت و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. تحت این شرایط بهینه، راندمان استخراج به ۷/۹۹ درصد رسید و مقادیر کلروفیل و فئوفیتین استخراج‌شده به ترتیب برابر با ۷۵/۵۴ و ۵۴/۳۴۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک بود. این نتایج بیانگر کارایی بالای استفاده از فناوری امواج فراصوت در استخراج ترکیبات رنگی از ضایعات گیاهان دارویی است و می‌تواند زمینه‌ساز توسعه فرآیندهای صنعتی پایدار و استفاده بهینه از پسماندهای گیاهی در صنایع دارویی و غذایی باشد.

واژه‌های کلیدی: استخراج عصاره رنگی، فئوفیتین، کلروفیل، گزنه.

مقدمه

رنگ‌های مورد استفاده در صنعت غذا به سه دسته‌ی معدنی، مصنوعی و طبیعی تقسیم می‌شوند. علی‌رغم گسترش رنگ‌های مصنوعی، امروزه اکثر مردم جهان ترجیح می‌دهند در رژیم غذایی خود از ترکیبات طبیعی به‌جای انواع مصنوعی استفاده کنند (Sabah, 1994). به‌دلیل عوارض و مشکلات رنگ‌های مصنوعی برای مصرف‌کنندگان، استفاده از آنها از سوی سازمان‌های بین‌المللی و انستیتوهای تحقیقاتی مانند انستیتو ملی سرطان روز به روز محدودتر می‌شود و تولید رنگ‌های طبیعی و توسعه کاربرد آن‌ها در صنایع غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

کلروفیل رنگدانه سبز طبیعی است که به‌طور گسترده‌ای برای رنگ‌کردن فرآورده‌های لبنی، روغن‌های خوراکی، کیک، نوشیدنی‌ها، آب‌میوه، ژله‌ها، پاستا، غذای کودک، آدامس، محصولات قنادی و حفظ رنگ سبزی‌های منجمد و یا کنسرو شده کاربرد دارد (Momeni & Sedaghat,1999; Humphrey, 2004). ضایعات فرآوری گیاهان دارویی حاوی مقادیر متنابهی از کلروفیل و مشتقات آن هستند.

کلروفیل با استفاده از حلال‌های آلی از قبیل استون، متانول، اتانول و دی متیل سولفوکسید از بافت گیاهی استخراج می‌شود (Saberian et al., 2017a). به‌منظور افزایش راندمان استخراج از نسبت‌های مختلف آب در حلال‌های آلی استفاده می‌شود (Saberian et al., 2017b) در استخراج کلروفیل از کلم چینی، حلال‌های استون و اتانول خالص و نسبت‌های مختلف آنها را مورد بررسی قرار دادند و پایداری کلروفیل استخراجی را مقایسه نمودند (Xu et al., 2010).

فرایند استخراج کلروفیل و لوتئین از ضایعات اسفناج با استفاده از روش سطح پاسخ بهینه شد (Derrien et al., 2017). استخراج کلروفیل از برگ‌ها (در اقاقیا)، سوزن برگ‌ها (در کاج) و ریزجلبک‌ها انجام شده است Miazek & Ledakowicz 2013). همچنین بازده استخراج کلروفیل از گیاهانی چون یونجه، توت، شاتوت و چمن، نشان داد بیشترین بازده کلروفیل کل از برگ درخت شاتوت (با ۶۹۲ mg/100gdry matter) و سپس از چمن (mg/100gdry ۴۳۵matter) به دست آمد (Saberian et al., 2017a). در تحقیق دیگری بیان شد که راندمان بیشینه کلروفیل طی استخراج از یونجه در شرایط دمای ۵۳/۲ °C، مدت زمان ۸۳/۳۴ m دقیقه و نسبت حلال به ماده جامد ۹:۹۹ حاصل شد (Saberian et al., 2017b).

به دلیل عدم وجود تحقیقات مدون در خصوص استخراج رنگ‌های طبیعی از ضایعات فرآوری گیاهان دارویی، این پژوهش با هدف بهینه‌سازی شرایط استخراج با حلال ترکیبات رنگی از ضایعات فرآوری گیاه گزنه، و بررسی تأثیر فرایند ریزپوشانی با استفاده از دیواره‌های مالتودکسترین و پلی وینیل پیرولیدون بر پایداری عصاره رنگی استخراج شده طی ۲۱ روز انجام شد.

مواد و روش‌ها

ضایعات گزنه حاصل از اسانس‌گیری از یکی از کارخانه‌های فرآوری گیاهان دارویی استان خراسان رضوی تهیه شد و در دمای ۶۰°C خشک و تا زمان انجام آزمایش در دمای ۱۸ °C- نگهداری گردید.. کلیه مواد شیمیایی با درجه آزمایشگاهی از شرکت‌های سیگما و مرک خریداری شدند.

بهینه‌سازی استخراج ترکیبات رنگی

به منظور تعیین شرایط بهینه استخراج ترکیبات رنگی از روش رویه سطح پاسخ استفاده شد که با متغیرهای مستقل اثر فراصوت در زمان ۱ hr ، ۴ و ۷ و درجه حرارت ۲۰ °C، ۴۰ و ۶۰ ، بهترین تیمار یا تیمارهای دارای بالاترین راندمان استخراج انتخاب گردیدند (Derrien et al., 2017). سطوح متغیرهای پیش‌بینی‌شده در طرح باکس بنکن مطابق جدول (۱) در نظر گرفته شد. تحت شرایط فوق (نسبت‌های مختلف زمان و درجه حرارت فراصوت در استخراج ترکیبات رنگی) عصاره‌های مختلف استخراج شد. عصاره رنگی حاصل صاف شد. زیر صافی با استفاده از دستگاه تبخیرکننده دوار تا ۶۰٪ تغلیظ شد. عصاره تغلیظ شده تا زمان انجام آزمایش در دمای ۱۸°C- نگهداری شد. آزمون‌های میزان کلروفیل کل و فئوفیتین کل در آنها اندازه‌گیری شدند (Montgomery, 2008).

نتایج و بحث

بهینه‌یابی شرایط استخراج عصاره رنگی گزنه با استفاده از روش سطح پاسخ و تعیین مدل مناسب

به منظور تعیین مدل تجربی برای پیش‌بینی پاسخ، معادلات چندجمله‌ای شامل خطی، دو فاکتوریل (تعاملی)، درجه ۲ و درجه ۳ بر داده‌های به دست آمده از روش سطح پاسخ برازش شدند. سپس این مدل‌ها مورد آنالیز آماری قرار گرفتند. لازم به ذکر است که از نظر آماری مدلی مناسب است که آزمون ضعف برازش[1] آن معنی‌دار نبوده و دارای بالاترین ضریب تبیین و ضریب تبیین اصلاح شده باشد. از تجزیه‌وتحلیل واریانس و رگرسیون به‌منظور بررسی همخوانی مدل‌های پیشنهادی و بررسی آماری معنی‌داری متغیرهای مدل استفاده شد. ضرایب رگرسیونی معادلات تجربی و ضریب تبیین اصلاح‌شده مربوطه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول۱. تجزیه تحلیل واریانس برای مدل‌های چندجمله‌ای درجه دوم پیش‌بینی‌شده بر متغیرهای پاسخ (ویژگی‌های کمی و کیفی) عصارهٔ رنگی گزنه

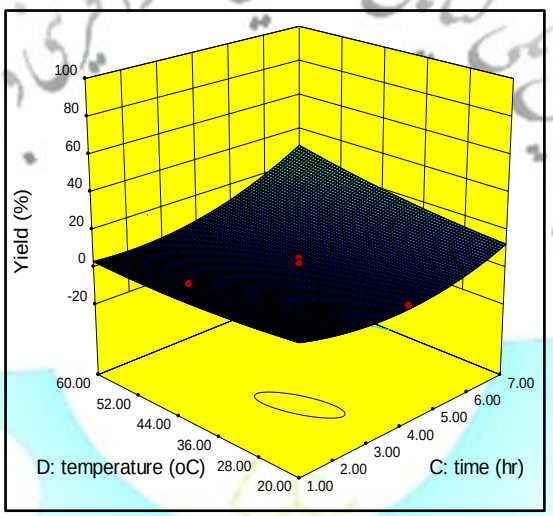
منبع	درجه آزادی	راندمان استخراج (%)		کلروفیل		فئوفیتین	
		ضریب رگرسیون	مجموع مربعات	ضریب رگرسیون	مجموع مربعات	ضریب رگرسیون	مجموع مربعات
مدل	۴	۹۶/۳۹***	۲۰۰/۴۸	+۹۱/۶۰***	۱۳۳۶	+۹۶/۳۹***	۵۹/۱۴
اثرات مستقل							
زمان (C)	۱	-۱۳/۸۶***	۱۱/۷۷	۷۰/۵۲***	۱۲۱/۰۸	-۱۳/۸۶***	۲/۸۳
دما (D)	۱	ns	۲/۰۲	-۲۸/۰۱***	۴۴۷/۳۶	-۱/۰۰۶*	۰/۰۸
اثرات درجه دوم							
C*C	۱	۱/۰۹*	ns	-۴/۲۸	ns	۱/۰۹*	۰/۹۰
D*D	۱	ns	ns	۰/۳۳***	۴۶۰/۸۴	ns	۰/۰۶
اثرات متقابل							
C*D	۱	۰/۰۹***	۵/۰۶	-۰/۵۷***	۱۸۸/۱	۰/۰۹**	۰/۹۸
مانده‌ها	۲		۶/۶۵		۱۱۶/۳۱		۲/۴۴
عدم برازش	۲		۶/۵۶		۱۱۳/۹	ns	۲/۴۱
خطای خالص	۲		۹/۲۴		۲/۴۱		۰/۰۳
کل	۱۵		۲۰۷/۱۳		۱۴۵۳		۶۱/۳۴
انحراف معیار		۷/۴۵		۳۱/۱۳		۷/۴۵	
میانگین		۲۹/۴۶		۱۹۴/۲۲		۲۹/۴۶	
ضریب تغییرات (درصد)		۲۵/۲۷		۱۶/۰۳		۲۵/۲۷	
ضریب تبیین		۰/۹۷		۰/۹۲		۰/۹۷	
ضریب تبیین تعدیل شده		۰/۹۳		۰/۸۳		۰/۹۳	
ضریب تبیین پیش‌بینی‌شده		۰/۷۹		۰/۵۳		۰/۸۰	

1. Lack of fit

مطابق جدول (۱)، مدل‌های رگرسیونی حاصل، معنی‌دار و ضریب تبیین بالایی داشتند (۰/۹۷-۰/۹۲). ضریب تبیین تعدیل‌شده نیز معنی‌داری بالای آنها را تائید کرد (۰/۹۳-۰/۸۳). ضریب تغییرات داده‌ها نیز در محدودهٔ قابل قبول بود (۲۵/۲۷-۱۶/۳). آزمون ضعف برازش (نشان دهندهٔ کارآیی مدل‌ها در برازش داده‌ها) معنی‌دار نبود که گویای این مطلب است که مدل‌های به دست آمده از دقت کافی در پیش‌بینی بازده استخراج، میزان کلروفیل و فئوفیتین برخوردار بودند.

اثر پارامترهای استخراج بر بازده استخراج

به منظور به‌دست‌آوردن مدل تجربی برای پیش‌بینی پاسخ‌های راندمان استخراج ترکیبات رنگی، رابطه‌های چندجمله‌ای شامل خطی، دو فاکتوریلی (تعاملی)، درجه ۲ و درجه ۳ بر داده‌های به‌دست‌آمده از این پاسخ‌ها برازش داده شدند و عبارات بی‌معنی از رابطه پیشگو حذف شدند. روند تغییرات بازده استخراج با توجه به مؤلفه‌های استخراج به‌صورت نمودار رویه پاسخ در شکل (۱) و جدول (۱) مشاهده می‌شود.



شکل ۱. نمودار سطح پاسخ تأثیر دما (درجه سلسیوس) و زمان (ساعت)؛ بر راندمان استخراج ترکیبات رنگی از گزنه

با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر مستقل زمان استخراج و مجذور همهٔ متغیرها و اثر متقابل درجه حرارت و زمان استخراج بر راندمان استخراج ترکیبات رنگی معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). بررسی رابطه به‌دست‌آمده برای راندمان استخراج ترکیبات رنگی استخراج شده نشان می‌دهد که رابطه حاصل از ضریب تبیین (۰/۹۷) و ضریب تبیین تعدیل‌شده (۰/۹۳) بالایی برای پیشگویی برخوردار است. آزمون ضعف برازش آن معنی بود (P<۰/۰۵) و ضریب تغییرات آن نیز در حد قابل قبول (۲۵/۲۷) می‌باشد که نشان دهندهٔ مناسب بودن مدل ارائه شده است.

زمان و درجه حرارت استخراج از عوامل مهم بهینه‌سازی فرآیند استخراج ترکیبات موجود در ماده گیاهی با هدف کاهش هزینه‌های صرف انرژی می‌باشند. همانطور که از شکل۱- مشاهده می‌شود زمان استخراج تأثیر معنی‌داری بر بازده استخراج داشت. محققین نشان دادند در یک دمای مشخص با افزایش زمان فرایند بازده استخراج کلروفیل افزایش و بعد از آن کاهش یافت. دلیل این امر، اکسایش و تخریب کلروفیل در زمان طولانی اعلام،که موجب کاهش

بازده شد (Kong et al., 2014). افزایش شدت استخراج ترکیبات زیست فعال از برگ‌های گیاه *پیلیوم لنتیسکوس*[1] بعد از ده دقیقه نیز قبلاً گزارش شده بود (Dahmoune et al., 2015).

اثر پارامترهای استخراج بر میزان کلروفیل

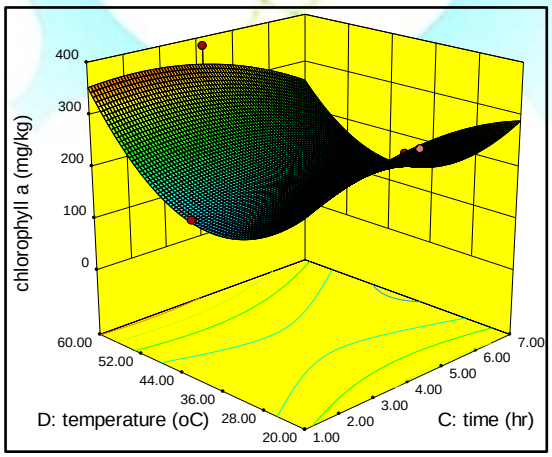
روند تغییرات بازده استخراج با توجه به مؤلفه‌های استخراج به‌صورت نمودار رویه پاسخ در شکل ۲ و ضرایب رگرسیونی رابطه حاصل در جدول (۲) مشاهده می‌شود.

جدول ۲. آنالیز واریانس ضرایب رگرسیونی مدل‌های به دست آمده بر متغیرهای پاسخ (ویژگی‌های کمی و کیفی) عصارهٔ گزنه

نتایج	راندمان استخراج (درصد)	کلروفیل (میلی‌گرم برگرم)	فئوفیتین (میلی‌گرمبرگرم)
نتایج روش سطح پاسخ (پیش‌بینی شده)	۷/۹۹a	۳۴۱/۵۴a	۵۹/۵۳a
نتایج آزمایش (مشاهده شده)	۸/۶۵±۰/۱۳a	۳۵۵/۵۵±۱۲/۹a	۵۹/۵۳±۱/۰۱a
شاهد	۶/۹±۰/۱b	۳۰۷/۵۲±۱۷/۵۹b	۵۵/۳۴b±۱/۰۱b

ارقام دارای حروف مشترک در هر ستون (میانگین± انحراف معیار) از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن $P<۰/۰۵$)

با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر مستقل، مجذور و متقابل کلیه تیمارها بر درصد کلروفیل معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) (شکل ۲ الف و). بررسی رابطه به‌دست آمده برای درصد کلروفیل نشان می‌دهد که رابطه حاصل از ضریب تبیین (۰/۹۲) و ضریب تبیین تعدیل‌شده (۰/۸۳) بالایی برای پیشگویی برخوردار است. آزمون ضعف برازش آن بی‌معنی ($P<۰/۰۵$) و ضریب تغییرات آن نیز در حد قابل قبول (۱۶/۰۳) بود که نشان دهندهٔ مناسب بودن مدل ارائه شده است.



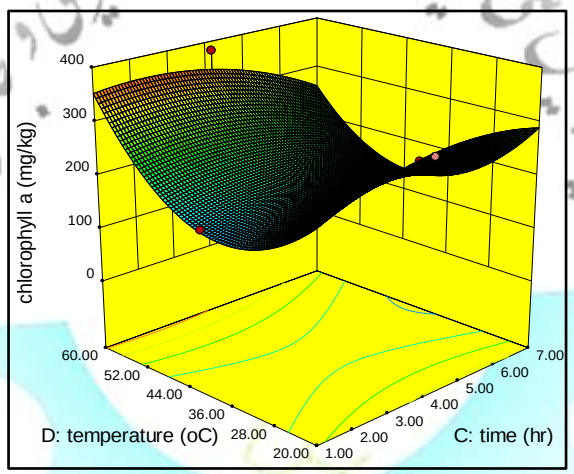
شکل۲. نمودار سطح پاسخ تأثیر دما (درجه سلسیوس) و زمان (ساعت) بر میزان کلروفیل موجود در عصاره گزنه

1. P. Lentiscus

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود روند استخراج کلروفیل کاهشی و سپس افزایشی بود. با افزایش دما تا ۶۰ °C و زمان تا ۷ ساعت راندمان استخراج کلروفیل افزایش یافت و در این زمان و دما بیشترین مقدار کلروفیل حاصل شد.

اثر پارامترهای استخراج بر میزان فئوفیتین

روند تغییرات بازده استخراج با توجه به مؤلفه‌های استخراج به‌صورت نمودار رویه پاسخ در شکل (۳) و ضرایب رگرسیونی رابطه حاصل در جدول (۱) مشاهده می‌شود. با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر مستقل کلیه تیمارها، اثرات درجه دوم زمان و دما، بر درصد فئوفیتین معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). بررسی رابطه به‌دست‌آمده برای درصد فئوفیتین نشان می‌دهد که رابطه حاصل از ضریب تبیین (۰/۹۷) و ضریب تبیین تعدیل‌شده (۰/۹۳) بالایی برای پیشگویی برخوردار است. آزمون ضعف برازش آن بی‌معنی (P<۰/۰۵) و ضریب تغییرات آن نیز در حد قابل قبول (۲۵/۲۷) بود. همانطور که از شکل ۳ مشاهده می‌شود افزایش درجه حرارت و زمان استخراج موجب افزایش استخراج فئوفیتین و حداکثر استخراج فئوفیتین در دمای ۶۰ °C طی ۷ ساعت حاصل شد.



شکل۳. نمودار سطح پاسخ تأثیر دما (درجه سلسیوس) و زمان (ساعت) بر میزان فئوفیتین موجود در عصاره گزنه

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از روش‌های مختلف استخراج نشان داد که روش آماری سطح پاسخ بر مبنای طرح باکس بنکن، ابزاری مفید در مدل‌سازی اثر شرایط استخراج ترکیبات رنگی بود. شرایط بهینه استخراج زمان استخراج ۷ ساعت و دمای استخراج ۶۰ درجه سانتی‌گراد بود. تحت شرایط بهینه راندمان استخراج ۹۹/۷٪، میزان کلروفیل و فئوفیتین به ترتیب ۵۴/۷۵ و۳۴۱/۵۴ میلی‌گرم بر۱۰۰ گرم حاصل شد. مدل‌های پیشنهادی در روش‌های استخراج، دارای مقادیر ضریب تبیین و ضریب تبیین تعدیل شدهٔ بالا، آزمون ضعف برازش بی‌معنی و نیز ضرایب تغییرات پایینی بودند که نشان دهندهٔ کارایی مدل‌های ارائه شده در پیش‌بینی پارامترهای مورد ارزیابی بود. با استفاده از این مدل‌ها از سویی می‌توان شرایط استخراج را تنظیم نمود و از طرفی می‌توان با توجه به شرایط مورد استفاده در استخراج، خصوصیات مورد نظر را پیش‌بینی و اصلاح نمود.

منابع

Dahmoune, F., Remini, H., Dairi, S., Aoun, O., Moussi, k., Bouaoudia-Madi, N., Adjeroud, N., Kadri, N., Lefsih, Kh., Boughani, L., Mouni, L., Nayak, B. & Madani, Kh. (2015). Ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from P.lentiscus L. leaves: Comparative study of artificial neural network (ANN) versus degree of experiment for prediction ability of phenolic compounds recovery. *Ind. Crops Prod.*, *77*, 251–261.

Derrien, M., badr, A. Gosselin, A., Desjardins, Y., & Angers, P. (2017). Optimization of a green process for the extraction of lutein and chlorophyll from spinach by-products using response surface methodology (RSM). *LWT - Food Sci. Tech.*, 79,170- 177.

Humphrey, A. (2004). Chlorophyll as a color and functional ingredient. *J of Food Sci,69*, 422–425.

Kong, W., Liu, N., Zhang, J., Yang, Q., Hua, S., Song, H., & Xia, C. (2014). Optimization of ultrasound-assisted extraction parameters of chlorophyll from Chlorella vulgaris residue after lipid separation using response surface methodology. *J. Food Sci. Technol., 51(9)*, 2006-2013.

Miazek, K., & Ledakowicz, S. (2013). Chlorophyll extraction from leaves, needles, and microalgae: A kinetic approach. *Int. J. Agric. Biol. Eng., 6(2)*, 107-115.

Momeni, T., & Sedaghat, K. (1999). *Chlorophyll and its stabilization*, Tehran, I.R.Iran Research institute of forest and rangeland. [In Persian]

Montgomery, D.C. (2008). *Design and Analysis of Experiments, (7th ed.*). New York: John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, NJ.

Sabah, S. (1994). Study on edible synthetic red colors, In Proceeding of the *7th National Food Congress*, (pp: 56-62), Tehran I.R.Iran. [In Persian].

Saberian, H., Hosseini, F., & Bolourian, Sh. (2017a). Optimization of extraction condition of chlorophyll from Alfalfa and investigating its quality and quantity properties in comparison to different plant resources, *Iranian Food Sci. and Technol. Res. J., 14 (71)*, 47-57. [In Persian]

Saberian, H., Hosseini, F., & Bolourian, Sh. (2017b). The effect of ultrasound method on the extraction of chlorophyll from mulberry leaves, *Inn. Food Tech., 4(4)*, 67-76. [In Persian]

Wright, S.W., & Mantoura R.F.C. (1997). Guidelines for collection and pigment analysis of field samples. In: Jeffrey SW, Mantoura RFC, Wright SW (eds) *Phytoplankton pigments in oceanography: guidelines to modern methods*, (pp. 429– 445). Paris: Unesco Publishing.

Xu, X., Wang, Q., Choi, H.C., & Kim, Y.H. (2010). Encapsulation of iron nanoparticles with pvp nanofibrous membranes to maintain their catalytic activity. J. Membr. Sci., 348(1-2), 231- 237.

Investigation of the Effect of Ultrasonic Time and Temperature on the Extraction of Coloring Compounds from Processing Residues of Nettle (Urtica dioica)

Soodabeh Einafshar[1*], Parvin Sharayei[1]
1. Associated Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad/IRAN.
**Corresponding Author: soodabeheyn@ yahoo.com*

Abstract

The present study was conducted with the aim of optimizing the extraction process of coloring compounds present in the processing residues of the medicinal plant Urtica dioica (nettle). Considering the importance of efficiently utilizing plant residues and increasing the added value of these resources, ultrasound-assisted extraction was employed as an effective technique for recovering bioactive pigments. In this research, the effects of independent variables, including extraction time (at three levels: 1, 4, and 7 hours) and extraction temperature (at three levels: 20, 40, and 60 °C), on extraction yield as well as chlorophyll and pheophytin contents in the ethanolic extract of nettle residues were evaluated using experimental design and modeling through the Response Surface Methodology (RSM). The results obtained from statistical model fitting showed that both extraction time and temperature had significant effects on the quantity of extracted compounds. Increasing the extraction time up to 7 hours and selecting a lower temperature range led to enhanced recovery of the pigments. According to the developed optimization model, the optimal extraction conditions were determined as 7 hours of extraction time and an extraction temperature of 25 °C. Under these optimal conditions, the extraction yield reached 99.7%, while the amounts of extracted chlorophyll and pheophytin were 54.75 mg/100 g dry matter and 341.54 mg/100 g dry matter, respectively. These findings demonstrate the high efficiency of ultrasound-assisted technology in extracting coloring compounds from medicinal plant residues and can contribute to the development of sustainable industrial processes and the effective utilization of plant by-products in pharmaceutical and food industries

Keywords: Microcapsule stability, colored extract, Pheophytin, Chlorophyll, *Utrica dioica*.

۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی

بررسی تاثیر مصرف تلفیقی کودهای زیستی، آلی و شیمیایی بر گیاه دارویی سرخارگل در شرایط تنش خشکی

براتعلی باغچقی[۱]، قربانعلی رسام*[۱]، زهرا تقی‌زاده‌طبری[۱]

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی شیروان، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران

*نویسنده مسئول: rassam@um.ac.ir

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تاثیر کود زیستی محتوی قارچ تریکودرما، کود آلی هیومیک اسید و کود شیمیایی NPK بر گیاه دارویی سرخارگل تحت شرایط تنش خشکی در منطقه شیروان انجام گرفت. تنش خشکی به عنوان عامل اصلی در ۳ سطح شامل: دور آبیاری ۴ روز (بدون تنش)، ۸ روز (تنش متوسط) و ۱۲ روز(تنش شدید) و تغذیه گیاهی به عنوان عامل فرعی در ۸ سطح شامل: ۱- شاهد (عدم مصرف کود) ۲-مصرف کود بیولوژیک قارچ تریکودرما ۳- مصرف کود آلی هیومیک اسید ۴- مصرف کود شیمیایی NPK ۵- مصرف تلفیقی هیومیک اسید و قارچ تریکودرما ۶- مصرف تلفیقی قارچ تریکودرما و کود شیمیایی NPK ۷- مصرف تلفیقی هیومیک اسید وکود شیمیایی NPK ۸- مصرف تلفیقی هیومیک اسید و کود شیمیایی NPK و کود بیولوژیک قارچ تریکودرما. نتایج نشان داد ترکیب تیماری بدون تنش همراه با مصرف تلفیقی قارچ تریکودرما، هیومیک اسید و کود شیمیایی منجر به بیشترین ارتفاع ساقه (۵۶/۵۳ سانتی‌متر)، تعداد گل در بوته (۲۶/۳۳ گل)، تعداد شاخه‌های جانبی در بوته (۲۴ شاخه)، وزن خشک اندام هوایی (۳۱۵/۰۱ گرم) و وزن گل (۱۶۲/۴۱ گرم) گردید. کمترین ارتفاع ساقه (۲۴/۹۵ سانتی‌متر)، تعداد گل در بوته (۳ گل)، تعداد شاخه‌های جانبی در بوته (۱ شاخه)، وزن خشک اندام هوایی (۲۲/۴۱ گرم) و وزن گل (۱/۵۹ گرم) نیز در شرایط تنش خشکی شدید و عدم مصرف کود حاصل گردید.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، سرخارگل، کود زیستی، هیومیک اسید.

مقدمه

گیاهان دارویی منابع طبیعی ارزشمندی هستند که از دیرباز بعنوان یکی از اولین و در دسترس‌ترین منابع قابل‌استفاده در درمان بیماری‌ها مورد توجه بوده اند. سرخارگل از جمله گیاهان دارویی به شمار می‌رود که کشت آن در سال‌های اخیر مورد توجه بوده است. ترکیبات شیمیایی متعددی همچون کافئیک اسید، پلی ساکاریدها، فالونوئیدها، اسانس‌ها و ترکیبات فنلیک در سرشاخه‌های گلدار گیاه یافت می‌شود. گیاه دارویی سرخارگل دارای اثر ضد سرطانی، ضد التهاب، ضد میکروبی و ویروسی، تقویت‌کننده سیستم دفاعی بدن، ضد عفونت‌های دستگاه تنفسی و عفونت‌های معمولی می‌باشد.

رشد و عملکرد گیاهان دارویی متاثر از عوامل اقلیمی، خاک، شیوه مدیریت زراعی و بروز تنش‌های زیستی و غیرزیستی است. تنش خشکی از مهمترین بازدارنده‌های تولید گیاهان در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک جهان به شمار می‌رود که ازطریق ایجاد تغییرات آناتومیکی، مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بر جنبه‌های

مختلف رشد و نمو گیاه تاثیر می‌گذارد (Bazzazi et al., 2013). بطور معمول، نیاز غذایی گیاهان عمدتا با استفاده از کودهای شیمیایی تأمین می‌شود با این وجود مصرف مداوم آنها با تخریب ساختمان خاک، کاهش عملکرد، آلودگی منابع آبی و اثرات زیست محیطی مضری همراه است. مصرف کودهای آلی و بیولوژیک در تلفیق با کودهای شیمیایی می‌تواند با افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی، بهبود شرایط فیزیکی و میکروبی خاک زمینه پایداری در کشاورزی را فراهم نماید و از نوسانات تولید بکاهد. استفاده از مغذی‌های زیستی، نه تنها به رفع نیاز غذایی گیاهان می‌انجامد بلکه در کاهش اثرات تنش‌ها بخصوص تنش خشکی نیز موثر هستند.

این پژوهش با هدف بررسی تاثیر کودهای زیستی محتوی قارچ تریکودرما، آلی هیومیک اسید و شیمیایی NPK بر گیاه دارویی سرخارگل تحت شرایط تنش خشکی در منطقه شیروان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۲- ۱۴۰۱در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی شیروان واقع در خراسان شمالی اجرا شد. طرح مورد استفاده، اسپیلت پلات بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بود. تنش خشکی به عنوان عامل اصلی در ۳ سطح شامل: دور آبیاری ۴ روز (بدون تنش)، ۸ روز (تنش متوسط) و ۱۲ روز(تنش شدید) و تغذیه گیاهی به عنوان عامل فرعی در ۸ سطح شامل: ۱- شاهد (عدم مصرف کود) ۲-مصرف کود بیولوژیک قارچ تریکودرما ۳- مصرف کود آلی هیومیک اسید ۴- مصرف کود شیمیایی NPK ۵- مصرف تلفیقی هیومیک اسید و قارچ تریکودرما ۶- مصرف تلفیقی قارچ تریکودرما و کود شیمیایی NPK ۷- مصرف تلفیقی هیومیک اسید وکود شیمیایی NPK ۸- مصرف تلفیقی هیومیک اسید و کود شیمیایی NPK و کود بیولوژیک قارچ تریکودرما. صفاتی شامل ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی، تعداد گل، وزن گل و تعداد شاخه جانبی در هر بوته اندازه‌گیری شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام گرفت.

نتایج و بحث

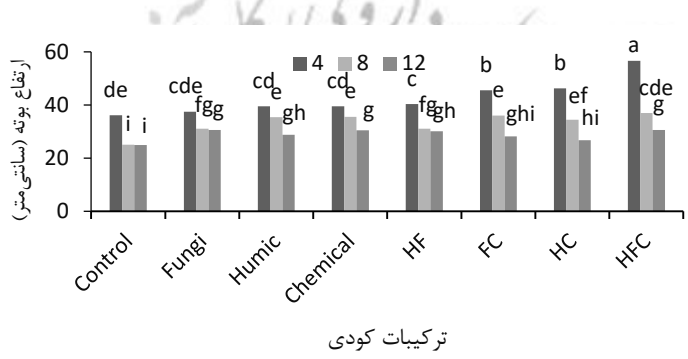
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر اصلی تنش خشکی، کود و برهمکنش آن‌ها بر تمام صفات مورد مطالعه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

ارتفاع بوته

مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته معادل ۵۶/۵۳ سانتی‌متر به ترکیب تیماری بدون تنش و مصرف تلفیقی قارچ تریکودرما، هیومیک اسید و کود شیمیایی و کمترین ارتفاع معادل ۲۴/۹۵ سانتی‌متر به ترکیب تیماری تنش شدید و شاهد کودی تعلق داشت (شکل ۱). مطالعات انجام شده بر روی شنبلیله (Bazzazi et al., 2013) و مرزه (Saeedinia et al., 2019) در تطابق با نتایج مطالعه حاضر حاکی از اثر کاهنده تنش‌خشکی بر ارتفاع بوته بودند. بعلاوه به نظر می‌رسد اسید هیومیک از طریق اثرات هورمونی و با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و با دارا بودن قدرت کلات کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی، سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌شود (Nardi et al., 2002).

جدول ۱. تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی و مصرف کودها بر صفات سرخارگل

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد گل	تعداد شاخه جانبی	وزن خشک اندام هوایی	وزن گل
تکرار	۲	۱/۲۹^{ns}	۰/۶۷^{ns}	۱/۵۱^{ns}	۹۶/۹۷^{ns}	۲۰۱/۷۸^{ns}
خشکی (D)	۲	۱۲۰۲/۶۵**	۱۰۷۱/۲۹**	۸۶۳/۵۱**	۴۲۶۵۶۳/۷۶**	۵۷۷۴۰/۵۳**
خطای اول	۴	۵/۴۸	۱/۷۱	۲/۰۶	۶۲/۹۷	۷۴/۹۹
کود (F)	۷	۱۱۴/۰۳**	۵۴/۳۱**	۵۱/۸۳**	۴۲۸۳/۱**	۱۸۰۰/۷۹**
D*F	۱۴	۳۹/۲۴**	۱۳/۴۳**	۲۸/۴۳**	۱۲۳۶/۹۷**	۴۵۷/۷۸**
خطا دوم	۴۲	۴/۴۸	۴/۴۴	۱/۴۳	۳۷۱/۶۲	۱۰۱/۴۶
ضریب تغییرات		۶/۰۷	۱۴/۶۲	۱۸/۹۷	۱۱/۵۳	۱۳/۰۴

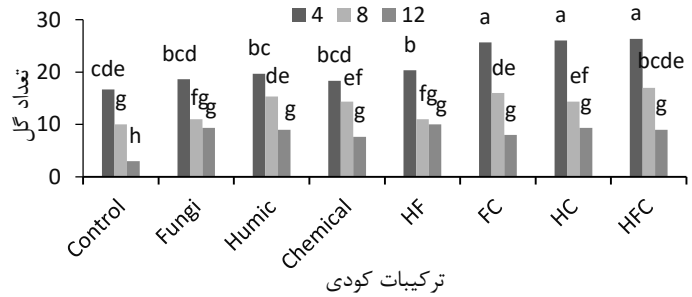


شکل ۱. برهمکنش تنش خشکی و تیمارهای کودی بر ارتفاع بوته سرخارگل

(شاهد: control، fungi: قارچ، humic: هیومیک اسید، chemical: کود شیمیایی، HF: هیومیک+قارچ، FC: قارچ+شیمیایی، HC: هیومیک+ شیمیایی، HFC: هیومیک+ شیمیایی+قارچ)

تعداد گل

آبیاری کامل همراه با مصرف تلفیقی قارچ تریکودرما، هیومیک اسید و کود شیمیایی منجر به بیشترین تعداد گل در بوته (۲۶/۳۳) گردید در حالی که تنش شدید و عدم مصرف کود باعث کاهش تعداد گل به ۳ عدد در هر بوته شد (شکل ۲).

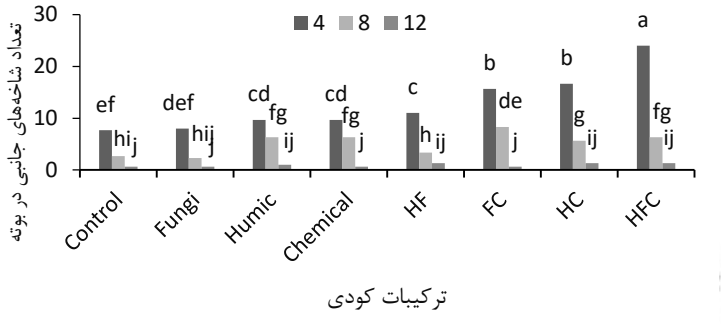


شکل ۲. برهمکنش تنش خشکی و تیمارهای کودی بر تعدادگل سرخارگل

تعداد گل از اجزای مهم عملکرد در گیاه سرخارگل محسوب می‌شود و با افزایش آن عملکرد گل هم افزایش می-یابد. افزایش تعداد گل و عملکرد گل با کاربرد کود شیمیایی، بیولوژیک و آلی را می‌توان به تأثیر این کودها در افزایش عناصر غذایی خاک و فراهم آوردن قابلیت جذب آن‌ها توسط گیاه نسبت داد (Arancon et al., 2004).

تعداد شاخه‌های جانبی در بوته

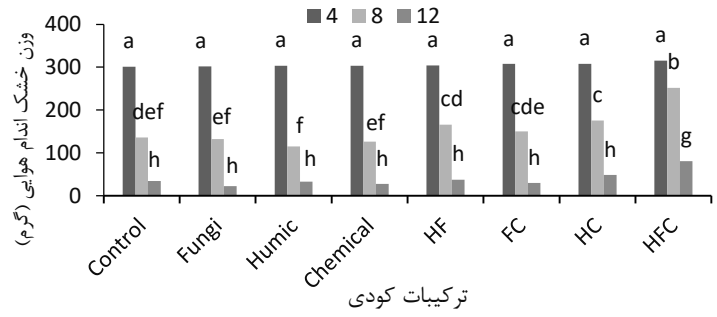
قرار گرفتن بوته‌های سرخارگل در معرض تنش خشکی شدید و عدم مصرف کود باعث کاهش قابل توجه تعداد شاخه‌های جانبی بوته گردید به نحوی که در بوته‌ها بطور متوسط کمتر از یک شاخه جانبی تشکیل شد (شکل۳). با رفع تنش و آبیاری کامل مزرعه و افزودن هر سه کود آلی، زیستی و شیمیایی، تشکیل شاخه‌های جانبی افزایش یافت و به ۲۴ شاخه در هر بوته رسید. افزایش تعداد ساقه‌های فرعی با کاربرد کودهای زیستی و آلی در ریحان (Rezaee Moadab et al., 2014) نیز گزارش شده است.



شکل ۳. برهمکنش تنش خشکی و تیمارهای کودی بر تعداد شاخه‌های جانبی در بوته سرخارگل

وزن خشک اندام هوایی

آبیاری کامل سرخارگل در مدار ۴ روزه، صرف نظر از نوع تغذیه ای سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی نسبت به تنش‌های متوسط و شدید گردید (شکل۴). به عبارتی چنانچه بوته‌ها تحت تنش قرار نگیرند می‌توانند با حداقل دسترسی به عناصر غذایی خاک به رشد محسوسی دست پیدا کنند.



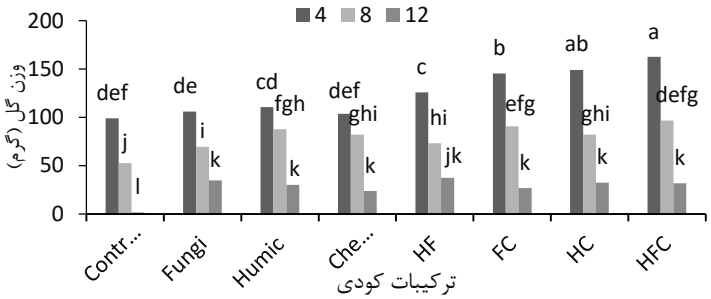
شکل ۴. برهمکنش تنش خشکی و تیمارهای کودی بر تعداد شاخه‌های جانبی در بوته سرخارگل

بر این اساس بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۳۱۵/۰۱ گرم) از ترکیب تیماری دور آبیاری ۴ روز و مصرف تلفیقی کودهای آلی، زیستی و شیمیایی به‌دست آمد. کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی (۲۲/۴۱ گرم) نیز از

ترکیب تیماری آبیاری ۱۲ روزه و مصرف قارچ تریکودرما حاصل گردید که با سایر ترکیبات تیماری آبیاری ۱۲ روزه به جز مصرف تلفیقی قارچ تریکودرما، هیومیک اسید و کودهای تفاوت معنی‌داری نداشت.

وزن گل

بیشترین وزن گل با ۱۶۲/۴۱ گرم به ترکیب تیماری آبیاری کامل و مصرف تلفیقی کودهای آلی، زیستی و شیمیایی و کمترین وزن گل (۱/۵۹ گرم) نیز به ترکیب تیماری تنش شدید و شاهد کودی اختصاص داشت (شکل۵). کاهش وزن اندام رویشی و زایشی در شرایط کم‌آبی می‌تواند به دلیل کاهش فشار آماس سلول ناشی از کاهش سطح برگ گیاه می‌باشد (Parsa et al., 2019).



شکل ۵. برهمکنش تنش خشکی و تیمارهای کودی بر وزن گل سرخارگل

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد اگرسرخارگل هر چهار روز آبیاری گردد و تغذیه آن با تلفیقی از هیومیک اسید، قارچ تریکودرما و کود شیمیایی انجام گیرد بسیاری از صفات همچون ارتفاع بوته، تعداد گل در بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، وزن خشک اندام هوایی و وزن گل آن افزایش پیدا خواهد کرد. این در حالی بود که بروز تنش شدید که با آبیاری هر ۱۲ روز گیاه اتفاق افتاد همراه با عدم مصرف کودهای زیستی، آلی و شیمیایی سبب کاهش این صفات در سرخارگل شد.

منابع

Arancon, NQ., Edwards, CA., Atiyeh, R. and Metzge,r JD. (2004). Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology*, *93*,139-144.

Bazzazi, N., Khodambashi, M. and Mohammadi, S. (2013). The Effect of Drought Stress on Morphological Characteristics and Yield Components of Medicinal Plant Fenugreek. *Journal of Crop Production and Processing*, *3*,11-23.

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, *34*, 1527-1536.

Parsa, M., Kamaei, R. and Yousefi, B. (2019). Effects of different biofertilizers on elements, essential oil and yield of pepprmint (Mentha piperita L.) under drought stress condition. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *35*, 860-875.

Rezaee Moadab, A., Nabavi Kalat, S.M. and Sadrabadi Haghaghi, R. (2014). Effects of biological fertilizer and vermicompost on vegetative yield and essential oil of basil (Ocimum basilicum L.). *Agroecology journal*,*5*,33-45.

Saeedinia, M., Hossinian, S.H. and Beiranvand, F. (2019). The effect of water stress on evapotranspiration and morphological characteristics of Satureja hortensis. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *50*, 2064-2072.

Effects of integrated Usage of Biological, organic and chemical fertilizers on purple coneflower under drought stress

Baratali baghcheghi[1], Ghorbanali Rassam[1]*, Zahra Taghizadeh Tabari[1]
1. Department of Plant Production and Genetic, Shirvan Faculty of Agriculture, University of Bojnord, Bojnord, Iran.
*Corresponding Author: rassam@um.ac.ir

Abstract

This study aimed to the effect of organic, chemical and biological fertilizers on some characteristics of the medicinal plant purple coneflower under drought stress in Shirvan. The experiment was carried out in split plots based on a completely randomized block design with 3 replications. The treatments of this experiment include irrigation intervals treatment as the main plots in 3 levels 4 days (without stress), 8 days (medium stress), 12 days(severe stress) and Plant nutrition treatments (fertilizer) as a sub plots in 8 levels including (1- control (no fertilizer use) 2- biological fertilizer application (Thyroderma fungus) alone, 3- application of humic acid organic fertilizer alone, 4- application of NPK chemical fertilizer alone; 5- co application of humic acid fertilizer and biological fertilizer 6- co application of biological fertilizer and NPK chemical fertilizer, 7- co application of humic acid fertilizer and NPK chemical fertilizer; 8- co application of humic acid fertilizer and NPK chemical fertilizer and mushroom biological fertilizer. The results showed that treatment combination of without drought stress along with integrated usage of trichoderma fungus, humic acid and chemical fertilizers led to the highest of plant height (56.53cm), number of flowers (26.33), number of sub-branches (24),dry weight above grounds biomass(315.01gr) and flower weight (162.41gr). Also, severe stress and no fertilizer use resulted in the lowest plant height (24.95cm), number of flowers (3), number of sub-branches (1), dry weight above grounds biomass(22.41gr) and flower weight (1.59gr).

Keywords: Biological fertilizer, Drought stress, Humic acid, Purple coneflower.

بررسی مروری پتانسیل و ساختارترکیبات زیست فعالی پوریا کوکوس (*Poriacocos*) و گانودرما (*Ganoderma*) در درمان بیماری‌های پوستی

شهرزاد نصیری سمنانی*

استادیار، گروه میکروبیولوژی، دانشکده علوم پایه، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران

*نویسنده مسئول: shahrzad1348@iau.ac.ir

چکیده

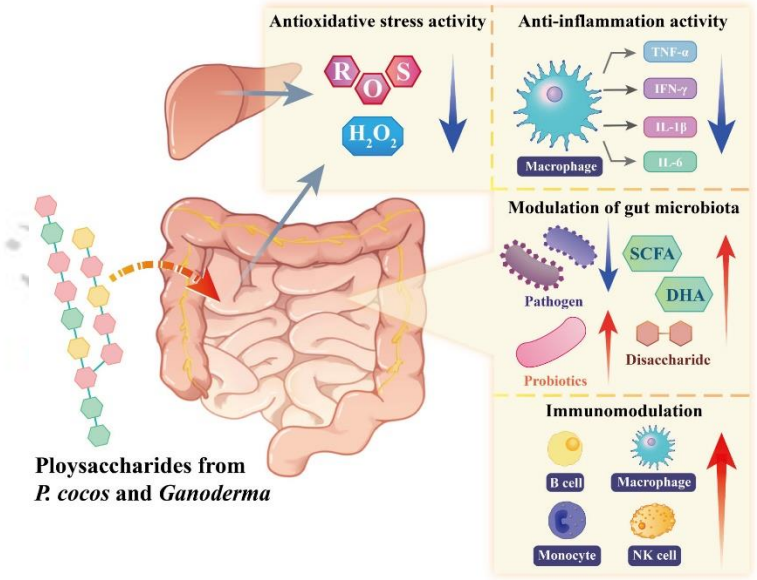
Poria cocos، *Ganoderma lucidum* و *Ganoderma sinensis*، به عنوان قارچ‌های همولوگ دارویی و غذایی معروف دارای ترکیبات طبیعی زیست‌فعال که طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های بیولوژیکی از جمله تعدیل سیستم ایمنی، ضد تومور، ضد التهاب، استرس آنتی‌اکسیدانی، تعدیل خواص میکروبیوتای روده و غیره می‌توانند در درمان بیماری‌های مختلف پوستی مؤثر بوده ازاین طریق کاربردهای پوستی به ویژه در زمینه لوازم آرایشی -بهداشتی و مواد مغذی، منحصر به فرد، برجسته داشته باشند. پتانسیل ترکیبات زیست فعال با داشتن فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی، ضد ویروسی، ضد توموری هم به عنوان درمان و هم به عنوان محرک برخی واکنش‌های پوستی سمی تا عوارض جانبی احتمالی هست. این بررسی با هدف تجمیع دانش موجود در مورد اهمیت ترکیبات زیست‌فعال مشتق شده از قارچ در حوزه اختلالات و بیماری‌های پوستی انجام شده است. علاوه بر این، مواردی را که گونه‌های خاصی از قارچ در ایجاد واکنش‌های پوستی نقش داشته‌اند، روشن نموده و ماهیت دوگانه را برجسته و ارزیابی جامعی در این گزارش مروری شامل پایگاه‌های داده اتنوبوتانی و متون علمی مرتبط برای شناسایی قارچ‌هایی که به طور سنتی برای درمان بیماری‌های پوستی استفاده می‌شوند، انجام شده است.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات زیست فعال قارچ، توصیف ساختاری، عوارض جانبی، *Poriacocos, Ganoderma* ssp

مقدمه

تجربه کشورهای آسیایی و اروپای شرقی نشان می‌دهد که قارچ‌ها می‌توانند نقش مهمی، مثلاً در پیشگیری و درمان سرطان، ایفا نموده و به عنوان مکمل‌های بالقوه در درمان عوارض جانبی پرتودرمانی و شیمی‌درمانی، کاربرد گسترده‌ای در ژاپن، کره و چین داشته باشند، تا حدی که بیماران سرطانی درخواست طب مکمل و جایگزین می‌نمایند. آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی می‌توانند در کمک به بدن انسان در کاهش آسیب اکسیداتیو توسط گونه‌های فعال اکسیژن، مولکول‌هایROS که از متابولیسم اکسیژن مشتق شده‌اند، مؤثر باشند. علاوه بر این، در سال‌های اخیر، خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدویروسی، از جمله خواص دیگر، در گیاهان، گلسنگ‌ها و قارچ‌های متعدد به طور گسترده گزارش شده است (Chaturvedi VK., 2018, Zhang Y, Zhang M.,2018). با توجه به این واقعیت، تحقیقات مناسب و فراوان‌تری برای هدایت ما به استفاده از این گونه‌ها به عنوان داروهای جایگزین در آینده ضروری است. به منظور استفاده از ترکیبات بیولوژیکی، شناسایی آنها و مطالعه مکانیسم‌های عملکرد آنها قبل از کاربرد ضروری است. با این حال، ممکن است برخی از قارچ‌ها مشکوک به ایجاد عوارض جانبی باشند. مطالعه حاضر قصد دارد عملکرد ترکیبات بیولوژیکی اصلی و سمیت یا عوارض جانبی احتمالی ثبت شده آنها را بر اساس برخی از قارچ‌های اصلی که به

عنوان غذا یا به دلیل خواص دارویی خود شناخته شده‌اند، بررسی نماید. سه گونه زیر به دلیل غالب‌ترین خواص دارویی‌شان برای مطالعه انتخاب شدند: *Ganoderma lucidum*، *Ganoderma sinensis*، *Poria cocos* که می‌توانند با تنظیم عملکردهای فیزیولوژیکی اندام‌های مختلف بدن انسان، هموستاز محیط داخلی را حفظ و با کاهش بروز بیماری‌ها عمر را طولانی‌تر نمایند. علاوه بر این، پوریا کوکوس و گانودرما به طور گسترده در رژیم غذایی روزانه گنجانده شده‌اند که منعکس‌کننده‌ی مفهوم «همانندی دارو و غذا» است (*Poria cocos* در سال ۲۰۰۲ در فهرست همسانی دارویی و خوراکی در چین ثبت شد، در حالی که گانودرما، شامل گانودرما لوسیدوم و *Ganoderma sinensis*، در سال ۲۰۲۳ ثبت گردید). پوریا کوکوس و گانودرما هر دو مورفولوژی مشابهی دارند که با وجود میسلیوم و اندام‌های میوه‌ای مشخص می‌گردد (میسلیوم قارچ *P. cocos* اسکلروت‌های متراکمی را تشکیل می‌دهد که برای ذخیره مواد مغذی استفاده می‌شوند)(Ng, C. Y. J,.2024). پلی‌ساکاریدها، ترکیبات اصلی قارچ‌های *P. cocos* و *Ganoderma* (۷۰ تا ۸۰ درصد) طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های بیولوژیکی، مانند تعدیل سیستم ایمنی و فعالیت ضد تومور، فعالیت ضد التهاب، فعالیت استرس آنتی‌اکسیدانی و تعدیل میکروبیوتای روده را از خود نشان می‌دهند(شکل ۱)(Gu, P.,2024).



شکل ۱. فعالیت‌های زیستی متنوع پلی‌ساکاریدهای قارچ *P. cocos* و *Ganoderma* ssp. DHA: دوکوزاهگزانوئیک اسید، ROS: گونه‌های فعال اکسیژن، SCFA: اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر

مواد و روش‌ها

بررسی حاضر برای شناسایی ترکیبات زیست‌فعال قارچ‌ها، کاربرد درمانی، آزمایش‌های بالینی و سمیت یا عوارض جانبی احتمالی آنها تمرکز یافته است. مطالعات واجد شرایط غالباً از ۵ سال گذشته تا ۲۰۲۴ با انجام جستجو در پایگاه‌های داده الکترونیکی شناسایی شده‌اند. از عبارات جستجوی قارچ دارویی، ترکیبات زیست فعال، قارچ درمانی، *Ganoderma* و*P.cocos* در حال استفاده بالینی هستند، خواص اصلی ترکیبات فعال مختلف که در اینجا توضیح داده شد عبارتند از: فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدویروسی و ضدتوموری.

۱- استخراج و خالص‌سازی پلی‌ساکاریدها از *P. cocos* و *Ganoderma* ssp

روش‌های استخراج پلی‌ساکارید به شرح زیر خلاصه می‌شوند: برای چربی‌زدایی گیاه در اتانول ۹۵٪خیسانده شده تا مواد محلول در چربی حذف گردد. پس از پیش‌تیمار، باقی مانده‌ها با روش‌های مختلف استخراج بیشتر استخراج می‌گردند. محلول‌های استخراج با استفاده از تبخیر چرخشی در خلاء تغلیظ و سپس با غلظت‌های مختلف اتانول در دمای۴ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت رسوب داده می‌شوند. پس از جمع‌آوری رسوب با سانتریفیوژ، پروتئین‌زدایی با روش Sevag برای چندین بار و به دنبال آن لیوفیلیزاسیون، پلی‌ساکاریدهای خام به دست آید. پس از پروتئین‌زدایی، پلی‌ساکاریدهای خام برای دست یابی به یک پلی‌ساکارید همگن برای تجزیه و تحلیل ساختاری، نیاز به فرآیند جداسازی و خالص‌سازی بیشتری دارند. کروماتوگرافی تبادل یونی و کروماتوگرافی فیلتراسیون ژلی به عنوان روش جداسازی کارآمد برای خالص‌سازی پلی‌ساکاریدها استفاده می‌شود. کروماتوگرافی تبادل یونی برای تمایز بین پلی‌ساکاریدهای خنثی و اسیدی ازپلی‌ساکاریدهای خام بر اساس برهمکنش بار برگشت‌پذیر استفاده شده است. شویش گرادیانی شامل آب دیونیزه و مجموعه‌ای از محلول‌های کلرید سدیم (NaCl) است و با روش رنگ‌سنجی فنل سولفوریک اسید پایش و جذب در طول موج ۴۹۰ نانومتر اندازه‌گیری می‌شود. پودر قارچ *P. cocos* با آب مقطر در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد استخراج و سپس به مدت ۲۴ ساعت با چهار حجم اتانول ۹۵٪دردمای ۴ درجه سانتی گراد رسوب داده شده است. بخش اصلی پلی‌ساکارید قارچ *P. cocos* از طریق کروماتوگرافی DEAE-52 جدا و با استفاده از Sephacryl S-100 HR خالص‌سازی شد تا PCP-1 وPCP-2 به دست آید. پلی‌ساکاریدهای خام محلول در آب (GLSP) از هاگ قارچ *G. luciduma* با آب داغ استخراج شدند. بخش اصلی پلی‌ساکارید (GLSP-I) پس از خالص‌سازی توسط ستون DEAE Sepharose Fast Flow و ستون Sephadex G100 جمع‌آوری شد. پلی‌ساکارید خام با محلول ۰/۵ مول بر لیتر هیدروکسید سدیم از *G. sinense* جدا شده است. پس از رسوب اتانول، پروتئین‌زدایی، دیالیز و خشک کردن انجمادی،GSPB70-S با استفاده از کروماتوگرافی تبادل آنیونی روی ستون DEAD SepharoseFase Flow به دست آمد (Lv, Y.,2024).

۲- توصیف ساختاری پلی‌ساکاریدها از *P. cocos* و *Ganoderma*

ویژگی‌های ساختاری پلی‌ساکاریدها شامل ساختار اولیه و پیشرفته است که معمولاً شامل وزن مولکولی، ترکیب مونوساکاریدی، الگو و محل پیوندهای گلیکوزیدی، ساختار ستون فقرات و شاخه، پیکربندی فضایی و غیره می‌شود. پلی‌ساکاریدهای خالص جدا شده از *P. cocos* دارای وزن مولکولی آن ۳,۲ کیلو دالتون وWSG پلی‌ساکارید غنی از گلوکز محلول در آب، از ماده خام محلول پلی‌ساکاریدهای*G. lucidum* ۱۰۰۰ کیلو دالتون تعیین شد (Zhai, X.,2022).

۱-۲- ترکیبات مونوساکاریدی

استفاده از روش‌های اصلی برای تجزیه و تحلیل ترکیبات مونوساکاریدی پلی‌ساکاریدهامشخص نمود که علاوه بر مونوساکارید استاندارد، گالاکتوگلوکان (PCP-1C) از اسکلروتیوم*P. cocos* خالص‌سازی و یک هتروپلی‌ساکارید حاوی Man: Gal: Glc: Fuc وجود دارد. در *G. sinense* یک هتروپلی‌ساکارید همگن جدید(GSPB70-S) حاوی Glc، GlcN، Man و Gal با و یک مانوگلوکان (GSBP-2) از اندام‌های بارده شامل ترکیبی از Man، GlcA، Glc، Gal و Fuc به دست آمد(Xie, Y.,2024,).

۳- فعالیت زیستی پلی‌ساکاریدهای *P. cocos* و *Ganoderma*

۳-۱- فعالیت آنتی‌اکسیدانی

پپتید *G. lucidum* (GLP) به عنوان جزء اصلی آنتی‌اکسیدانی گزینه‌ای برای ضد پیری است. ترکیبات زیست فعالی اثرات آنتی‌اکسیدانی و مهار رادیکال‌های آزاد پلی‌ساکاریدها و تری‌ترپنوئیدهای *G. lucidum* در مدل‌های مختلف آسیب اکسیداتیو نشان داده شده است (Wang J,2017). پلی‌ساکاریدهای *P. cocos* اثر محافظتی خود را بر استرس اکسیداتیو و التهاب از طریق مسیر سیگنال myd/Nrf2/HO-1 اعمال می‌نماید (Jiang, Y. H., 2022).

۳-۲- فعالیت ضد التهابی

G. lucidum ، دارای شش تری‌ترپنوئید جدید و پنج ترکیب آروماتیک جدید، به عنوان لوسیدومین‌های A-D و لوسیدیمین E و تعداد زیادی و انواع ترپن‌ها است که از جمله آنها می‌توان به اسیدهای گانودریک، اسید لوسیدنیک و گانودرول اشاره کرد. در نتیجه، ترپن‌های *G. lucidum* مانع از آزاد شدن مواد پیش‌التهابی می‌شوند (Wu YL., 2019).

۳-۳- فعالیت ضد توموری

نشان داده شده است که تری‌ترپنوئید گانودرمانوندیول، جدا شده از این گونه، به طور مؤثر ملانوژنز را در سلول‌های ملانوم B16F10 تنظیم می‌کند(Kim JW,2016). قارچ *Poriacocos* اثرات ضد جهش‌زایی به کمک ترکیبات زیست فعال عصاره‌های متانولی همانند تری‌ترپنوئیدها، مانند اسید پالمیتیک، و پلی‌ساکاریدها، مانند β-گلوکان، طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های ضد توموری را هم در شرایط آزمایشگاهی و هم در داخل بدن نشان داده که نشان‌دهنده استفاده بالقوه از این گونه‌ها، به عنوانیک غذای کاربردی و منبع طبیعی ترکیبات پیشرو جدید برای مدیریت داروهای گیاهی است.

۳-۴- تعدیل‌کننده‌های سیستم ایمنی و درمان کمکی تومور

تحقیقات متعددی نشان داده است که پلی‌ساکاریدهای *P. cocos* و *Ganoderma* می‌توانند ایمنی را در هر دو جهت تنظیم کنند. از یک سو، پلی‌ساکاریدها می‌توانند سلول‌های مؤثر ایمنی را فعال کرده، تولید و ترشح فاکتورهای رشد و سیتوکین‌های مختلف را افزایش داده، بیان آنتی‌بادی‌ها را تنظیم ، ایمنی ذاتی و اختصاصی را افزایش دهند، فاکتورهای آسیب‌زا را از بین ببرند و سلامت را ارتقا دهند. از سوی دیگر، پاسخ ایمنی کنترل نشده به بافت‌ها و اندام‌ها آسیب می‌رساند، شرایط پاتولوژیک را تشدید می‌کند و باعث بیماری‌های خودایمنی می‌شود. پلی‌ساکاریدها می‌توانند با مهار فعال شدن بیش از حد سلول‌های مؤثر ایمنی، التهاب را کاهش دهند تا از آسیب بیشتر به بافت‌ها و اندام‌ها جلوگیری شود. به طور کلی، پلی‌ساکاریدهای مشتق شده از *P. cocos* و *Ganoderma* نه تنها سلول‌های ایمنی را مستقیماً فعال می‌کنند، بلکه فرآیند پیچیده انتقال سیگنال را بین سلول‌های ایمنی مختلف هماهنگ می‌کنند. این هماهنگی به حفظ تعادل هموستاز ایمنی در بدن انسان کمک می‌کند. پلی‌ساکاریدهای *P. cocos* می‌توانند ترشح NO، اینترلوکین6-(IL) و فاکتور نکروز تومور-α (TNF-α) را از ماکروفاژها افزایش داده و می‌توانند ترشح بیش از حد عوامل التهابی را هنگامی که لیپوپلی‌ساکارید (LPS) ماکروفاژها را فعال می‌کند، مهار کنند. این پلی‌ساکاریدها نه تنها به طور مستقیم سلول‌های مؤثر ایمنی را برای انجام عملکردهای ایمنی تحریک می‌نماید، بلکه عملکرد سلول‌های ایمنی را نیز با تنظیم بیان عوامل مرتبط با بلوغ سلول‌های ایمنی تعدیل می‌کنند. (Wu, Q.,2022).

منابع

Gu, P., Xu, P., Zhu, Y. (2024). Structural characterization and adjuvant activity of a water soluble polysaccharide from *Poriacocos.Inter., J. Biological Macromolecules*, 273: 133067.

Hu, X., Hong, B., Shan, X. (2023). The effect of *Poriacocos*polysaccharide PCP-1C on M1 macrophage polarization via the notch signaling pathway. *Molecules*, 28: 2140.

Jiang, Y. H., Wang, L., Chen, W. D. (2022). *Poriacocos*polysaccharide prevents alcohol-induced hepatic injury and inflammation by repressing oxidative stress and gut leakiness.

Lv, Y., Yang, Y., Chen, Y. (2024). Structural characterization and immunomodulatory activity of a water-soluble polysaccharide from *Poriacocos*. *Inter. J. Bio. Macromolecules*, 261: 129878.

Kim JW, Kim HI, Park YJ. (2016). Effects of Ganodermanondiol, a New Melanogenesis inhibitor from *Ganoderma lucidum*. International Journal of Molecular Science. 17(11):1798.

Knez Ž, KnezHrnčič M. (2018). Antitumour, antimicrobial, antioxidant and anti acetylcholin esterase effect of *Ganoderma lucidum* polysaccharides: A Review. Molecules, 23(3):649.

Ng, C. Y. J., Lai, N. P. Y., Ng, W. M. (2024). Chemical structures, bioactivities polysaccharides from *Poriacocos*: An updated review. *Inter. J. Bio. Macromolecules*, 261:129555..

Wang J, Cao B, Zhao H, Feng J. (2017). Emerging Roles of *Ganoderma Lucidum* in Anti-Aging. Aging and Disease, 8(6):691–707.

Wu, Q., You, L., Nepovimova, E. (2022). Hypoxia-inducible factors: master regulators of hypoxic tumor immune escape. *Journal of Hematology & Oncology*, 15: 77.

Wu YL, Han F, Chen LX. (2019). Triterpenoids from *Ganoderma lucidum* and Their Potential Anti-inflammatory Effects. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 8, 67(18):5147–5158.

Xie, Y., Wang, Y. (2024). Structural clarification of GSBP-2 from *Ganodermasinense*and its effects on triple-negative breast cancer migration and invasion. *Inter. J. Bio. Mmo*, 269: 131903.

Zhai, X., Pei, H. (2022). Structure and physicochemical properties of polysaccharides from *Poriacocos*extracted by deep eutectic solvent. *Glycoconjugate Journal*, 39: 475–486.

Zhang Y, Zhang L. (2018). Lentinan as an immunotherapeutic for treating lung cancer: a review of 12 years of clinical studies in China. J. Cancer Res. Clini. Oncology, 144(11): 2177–2186.

A Review of the Potential and Structure of Bioactive Compounds of *Poriacocos* and *Ganoderma* in the Treatment of Skin Diseases

Shahrzad Nassiri Semnani*
Assistant Professor in Department of Microbiology, Factualty of Bacic Sciences -Engineering, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan. Iran.
*Corresponding Author: shahrzad1348@iau.ac.ir

Abstract

*Poriacocos*and*Ganodermalucidum* and *Ganoderma sinensis*, as well-known homologous medicinal and food fungi, have natural bioactive compounds. These fungi contain a set of bioactive compounds, including polysaccharides, which are the most important bioactive compounds of Coccobacillus and Ganoderma fungi, which have a wide range of biological activities, including immune system modulation, antitumor, anti-inflammatory, antioxidant stress, modulation of intestinal microbiota properties, etc., and can be effective in the treatment of various skin diseases, which are unique and outstanding through this potential in skin applications, especially in the field of cosmetics and nutritional supplements. Bioactive compounds with antioxidant, anti-inflammatory, antiviral, antitumor activities are both therapeutic and as a trigger for some skin reactions, toxicity or possible side effects. This review aims to summarize the existing knowledge on the importance of bioactive compounds derived from fungi in the field of skin disorders and diseases. In addition, it clarifies cases where specific species of fungi have played a role in causing skin reactions and highlights the dual nature of these fungal organisms. A comprehensive evaluation has been conducted in this review report including ethnobotanical databases and related scientific literature to identify mushrooms traditionally used for the treatment of skin diseases.

Keyword: Adverse Effects, *Ganodermassp*,Mushrooms Bioactive Compounds, *Poriacocos*,Structural Characterization

طراحی هیدروژل بیوپلیمری حاوی عصاره‌های دارچین و بومادران با قابلیت تسریع انعقاد خون

سارا فرح بخش*[۱]، صدف فائض[۲]، درنیکا گودرزی[۲]، مهسا داوودی[۲]، مبینا حاجی حسینی[۲]، صبا عبیدی[۲]

۱- دانش‌آموخته دکتری بیوتکنولوژی دانشگاه بو علی سینا همدان، ایران

۲- دانش آموز دبیرستان غیر دولتی سلام اسلام (دوره اول)، ایران

*نویسنده مسئول: farahbakhsh.sara@gmail.com

چکیده

خونریزی‌های کنترل‌نشده یکی از مهم‌ترین چالش‌های پزشکی محسوب می‌شوند. این مطالعه با هدف طراحی و ارزیابی یک هیدروژل هموستاتیک جدید حاوی عصاره‌های گیاهی دارچین (*Cinnamomum verum*) و بومادران (*Achillea millefolium*) با پایه آلژینات-کیتوسان انجام شد. روش تحقیق شامل استخراج عصاره‌های آبی، تهیه هیدروژل کامپوزیتی و ارزیابی اثرات آن بر زمان انعقاد خون با استفاده از روش استاندارد بود. نتایج نشان داد که هیدروژل طراحی شده زمان انعقاد خون را به طور معنی‌داری از ۶۵ ثانیه در گروه کنترل به ۲۵ ثانیه کاهش می‌دهد ($p<0.001$). عصاره دارچین در غلظت ۲٪ بیشترین اثر هموستاتیک را نشان داد، در حالی که بومادران اثرات دوگانه وابسته به غلظت از خود بروز داد. مکانیسم عمل احتمالاً از طریق فعال‌سازی فاکتور XII و تسریع تشکیل شبکه فیبرین صورت می‌گیرد. این هیدروژل ترکیبی علاوه بر خاصیت هموستاتیک قوی، دارای خواص ضد التهابی و ضد میکروبی ناشی از ترکیبات فنولی عصاره‌ها می‌باشد. با توجه به عملکرد مطلوب در شرایط *in vitro*، این فرمولاسیون می‌تواند گزینه‌ای امیدوارکننده برای کاربردهای بالینی باشد، هرچند مطالعات بیشتر در مدل‌های حیوانی برای تأیید نهایی ضروری است. این پژوهش گامی مهم در جهت توسعه عوامل هموستاتیک طبیعی با حداقل عوارض جانبی محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: هیدروژل هموستاتیک، عصاره گیاهی، دارچین، بومادران، زمان انعقاد خون، آلژینات-کیتوسان

Design of a Biopolymeric Hydrogel Containing Cinnamon and Yarrow Extracts with Enhanced Blood Coagulation Acceleration Capability

Sara farahbakhsh[1*], *Sadaf Faez* [2], Dornika Goodarzi [2], Mahsa Davoodi[2], Mobina Haji Hosseini[2], Saba Abidi[2]
1. PhD Graduate in Biotechnology, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran
2. Student at Salam Islam High School, Tehran, Iran
[*]*Corresponding Author: farahbakhsh.sara@gmail.com*

Abstract

ncontrolled bleeding remains a critical challenge in medical practice. This study aimed to design and evaluate a novel hemostatic hydrogel incorporating cinnamon (*Cinnamomum verum*) and yarrow (*Achillea millefolium*) extracts within an alginate-chitosan matrix. The methodology involved Soxhlet extraction of plant compounds, development of a composite hydrogel, and evaluation of its effects on blood coagulation time using the standardized needle puncture method. Our results demonstrated that the engineered hydrogel significantly reduced coagulation time from 65 seconds in controls to 25 seconds ($p<0.001$). Cinnamon extract at 2% concentration showed optimal hemostatic performance, while yarrow exhibited concentration-dependent dual effects. The proposed mechanism involves Factor XII activation and accelerated fibrin network formation. Beyond its potent hemostatic properties, the composite hydrogel displayed anti-inflammatory and antimicrobial activities attributable to phenolic compounds in the plant extracts. With promising in vitro performance, this formulation represents a potential candidate for clinical applications, though further animal studies are required for validation. This research advances the development of natural hemostatic agents with minimal side effects.

Keywords: Alginate-chitosan**,** Blood coagulation time**,** Cinnamon,Hemostatic hydrogel, Plant extract,

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

بررسی اثر تغذیه برگی گاما آمینو بوتیریک اسید و کیتوزان برخصوصیات فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی نعناع فلفلی

مهسا تقوی فردود[*1]، سعیده علیزاده سالطه[2]

۱- دانشجوی دکتری گیاهان دارویی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

[*]نویسنده مسئول: mahsa.t128@gmail.com

چکیده

نعناع فلفلی با نام علمی *Mentha × piperita L* . متعلق به خانواده *Lamiaceae* از جمله گیاهان دارویی و معطری است که به دلیل استفاده وسیع از آن در صنایع دارویی، آرایشی، بهداشتی بسیار مورد توجه است. این پژوهش به بررسی تأثیر تغذیه برگی با گاماآمینوبوتیریک اسید (0 ، 0.01، 0.03، 0.05 مولار) و کیتوزان (0، 0.2، 0.4، 0.6 گرم بر لیتر) بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و متابولیت‌های ثانویه نعناع فلفلی پرداخت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. صفات مورد ارزیابی شامل شاخص‌های رشدی (وزن تر و خشک، ارتفاع، سطح برگ، تعداد شاخساره)، محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئیدها)، ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بود. نتایج نشان داد که GA A اثر معنی‌داری ($p\leq0.01$) بر افزایش وزن خشک بوته، کلروفیل a و فعالیت آنتی‌اکسیدانی داشت. کیتوزان نیز به‌طور معنی‌دار ($p\leq0.01$) وزن تر بوته و کاروتنوئیدها را افزایش داد و در سطح $p\leq0.05$ بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی مؤثر بود. ترکیب این دو تیمار بهبود قابل توجهی در صفات فیزیولوژیک و متابولیت‌های ثانویه ایجاد کرد. با توجه به نتایج، استفاده از GABA و کیتوزان به‌عنوان محرک‌های رشد طبیعی می‌تواند راهکاری مؤثر برای بهبود عملکرد و کیفیت خصوصیات فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی نعناع فلفلی باشد.

واژه‌های کلیدی: استخراج، تغذیه برگی، کیتوزان، گاماآمینوبوتیریک اسید، گیاهان دارویی، نعناع فلفلی

مقدمه

نعناع فلفلی مربوط به تیره نعناعیان *Lamiaceae* است. ماده موثره این تیره عمدتا از نوع اسانس است که در کرک‌های ترشحی یا حجره‌های مخصوص در برگ، ساقه و گل‌ها ساخته و ذخیره می‌شود. در اندام‌های مختلف این گیاهان، موسیلاژ، تانن و مواد تلخ نیز وجود دارد. ساقه‌ی گیاهان تیره‌ی نعناع چهارگوش و برگ‌های آن‌ها متقابل و صلیبی‌شکل است، نعناع فلفلی گیاهی چندساله است که پس از مرکبات، مهم‌ترین اسانس در بین اسانس‌های گیاهی است که تقاضا برای اسانس آن و به‌ویژه اسانس نعناع فلفلی رو به افزایش است. اسانس در ابتدای رویش گیاهان، در پیکر رویشی ساخته و ذخیره می‌گردد و با رشد گیاه سرعت سنتز اسانس افزایش می‌یابد. اسانس در حفره‌های زیر کوتیکول ساخته و ذخیره می‌شود.

اندام هوایی نعناع فلفلی دارای اسانس، ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها، اسیدهای چرب، ویتامین‌ها، عناصر معدنی و اسیدسالیسیلیک است. مهمترین ترکیب فیتوشیمیایی نعناع فلفلی، اسانس روغنی است که از برگ‌های آن به روش تقطیر آب یا بخار استخراج می‌شود. مونوترپن‌ها اجزای اصلی نعناع فلفلی هستند که مهم‌ترین آن‌ها شامل منتول (۵۵-۳۰ درصد)،

منتیل استات (۱۰-۲/۸ درصد) و منتون (۳۲-۱۴ درصد)است. سایر اجزای آن عبارتند از لیمونن (۵-۱ درصد)، پولگون (حداکثر ۴ درصد)، منتوفوران (۹-۱ درصد)، ایزومنتون (۱۰-۱,۵ درصد) و کارون (حداکثر ۱ درصد) می‌باشد.

گیاه نعناع فلفلی یک آنتی‌باکتریال طبیعی و موثر، کاربرد احتمالی در پیشگیری از بیماری‌های پریودنتال دارد (Rezaei et al., 2020). نعناع فلفلی اشتهاآور و پیشگیری کننده از تهوع و استفراغ است که روغن گیاهی نعناع فلفلی قادر به از بین بردن سلول‌های سرطانی و خاصیت ضد التهابی است و تاثیر قابل توجه آن در مقابله با لوسمی، کارسینوم ریه، کانسر معده و هپاتوسلولار کارسینوما گزارش شده است (Milani and Ghalibaf., 2015).

گاماآمینوبوتیریک‌اسید با فرمول شیمیایی $C_4H_9NO_2$ یک اسیدآمینه غیرپروتئینی است که مهمترین انتقال‌دهنده عصبی بازدارنده در مغز است. گابا نه‌تنها در انسان وحیوانات بلکه در گیاهان نیز تولید می‌شود که نقش مهمی نیز در پاسخ به تنش‌های زنده و غیرزنده نیز دارد. شرایط استرس زا می‌تواند انتقال گابا در مناطق مختلف مغز را تغییر دهند. گابا به عنوان یکی از انتقال‌دهنده‌های عصبی مرکزی فعالیت دارد و فعالیت نورون‌هارا کاهش داده و مانع از عملکرد بیش از حد آن‌ها می‌گردد (Sardari and Rezaeifar., 2018).

کیتوزان یک محرک زیستی است و از کیتین که به عنوان فراوان‌ترین آمینوپلی‌ساکارید در طبیعت است ساخته شده است، دارای خصوصیاتی از جمله سازگاری زیستی بالا، سمیت پایین، زیست تخریب‌پذیری، آنتی‌باکتریال، ضدحساسیت و خواص ضدمیکروبی قابل قبول هستند. کیتین از فراوان‌ترین بیوپلیمرها بعد از سلولز می‌باشد (Touserkani and Sedaghat., 2013).

مطالعه حاضر با هدف ارزیابی سازوکارهای تحریک رشد ناشی از کاربرد GABA و کیتوزان در سطح بیوشیمیایی و فیزیولوژیک در گیاه نعناع فلفلی طراحی شد تا الگوی بهینه‌ای از تیمارهای طبیعی برای افزایش تولید متابولیت‌های ارزشمند و ارتقای عملکرد کیفی این گیاه استراتژیک ارائه نماید.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در اراضی خلعت‌پوشان وابسته به دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز اجرا شد. بررسی‌های آزمایشگاهی نیز در آزمایشگاه تولید و فرآوری گیاهان دارویی دانشگاه تبریز انجام شد. در این آزمایش از نشاهای نعناع فلفلی *Mentha piperita* تهیه شده از ایستگاه تحقیقاتی مغان در استان اردبیل، استفاده گردید. ابتدا نشاها از ایستگاه تحقیقاتی مغان واقع در استان اردبیل خریداری شد، گلدان‌های با قطر ۳۰ سانتی‌متر، با مخلوط خاک برگ و خاک باغچه به صورت مساوی پر شد و نشاء نعناع فلفلی (*M. piperita* L.) به تعداد ۴ عدد در هر گلدان کاشته شد. نشای گیاهان در ابتدای تیر ماه کاشته شد و بلافاصله پس از کاشت، آبیاری گیاهان انجام گرفت و در طول رویش، متناسب نیاز گیاه آبیاری و کوددهی انجام گرفت. بعد از سبز شدن و حدود ۴۰ روز بعد از کاشت نشاها و تا قبل از شروع گلدهی، به محلول‌پاشی گیاهان اقدام شد. گیاهان دوبار به فاصله دو هفته محلول‌پاشی شدند. پس از اثرگذاری تیمارها، صفات رویشی و فیزیولوژیکی بر روی گیاهان اندازه‌گیری شد و نهایتاً در انتهای فصل رشد، برداشت در یک مرحله، برای اندازه‌گیری صفات رشدی و فاکتورهای فیزیولوژیکی صورت گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۱۶ ترکیب تیماری و ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل غلظت‌های گاماآمینوبوتیریک اسید (۰، ۰/۰۱، ۰/۰۳، ۰/۰۵ مولار) و فاکتور دوم کیتوزان (۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ گرم بر لیتر) بود. در پایان آزمایش، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه آماری می‌شوند.

شاخص‌های مورد ارزیابی

به منظور بررسی میزان رشد رویشی، ارتفاع، تعداد شاخساره، وزن ترو خشک، سطح برگ، گیاهان بالغ نعناع فلفلی اندازه‌گیری شد. وزن تر و خشک گیاهان با ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد. سطح برگ گیاهان با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ مدل (LI-Cor, Li 1300, USA)[1] اندازه‌گیری گردید.

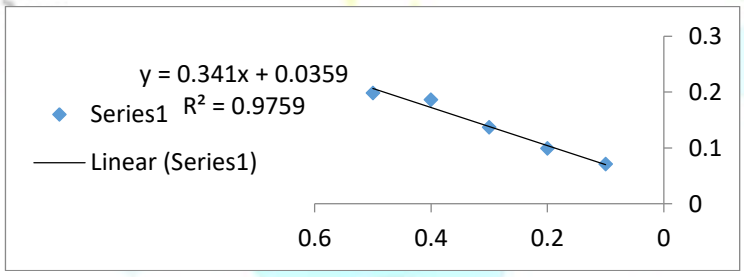
اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنوئید

برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل در بافت گیاهی به روش تخریبی، ابتدا ۰/۱ گرم از بافت تازه گیاهی تهیه شد و سپس نمونه‌ها در هاون چینی له شدند و سپس به داخل میکروتیوب انتقال داده شدند و با اضافه نمودن ۲ میلی‌لیتر استون ۱۰۰ درصد مخلوط و ورتکس شدند.سپس نمونه‌ها به مدت ۳ دقیقه در ۲۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند سپس بعد از ۳۰ دقیقه محلول رویی جمع‌آوری شد و در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵، ۶۶۱ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت گردید.محتوای کلروفیل و کاروتنوئید گیاهان با استفاده از فرمول‌های زیر برحسب میلی‌گرم در لیتر محاسبه گردید.

$$Chla = 11/24\ A_{661/6} - 2/04\ A_{644/8}$$
$$Chlb = 20/13A_{644/8} - 4/19A_{661/6}$$
$$Carotenoids = (1000A_{470} - 1/90\ Chla - 63/14\ Chlb) \div 214$$
$$Total = 7/05\ A_{661/6} + 18/09A_{644/8}$$

اندازه‌گیری فنل کل

برای اندازه‌گیری مقدار کل ترکیبات فنلی گیاه از روش فولین سیوکالتو[2] استفاده شد.



اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی

برای اندازه گیری ظرفیت آنتی اکسیدانی کل، ۰/۱ گرم بافت خشک شده برگ وزن شده و به آن ۲ میلی لیتر متانول اسیدی (حاوی ۰/۵ HCL در متانول ۸۰ درصد) اضافه شد، مخلوط حاصل به مدت یک شب در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگه داری شد و سپس به مدت ۳ دقیقه در ۲۰۰۰۰ دور در دمای ۴ درجه سانتیگراد سانتریفیوژ شد، محلول رویی جمع‌آوری و حجم آن مشخص شد. ظرفیت آنتی اکسیدانی عصاره برگ نعناع فلفلی از طریق خاصیت خنثی کنندگی رادیکال آزاد DPPH تعیین گردید. به این منظور ۱۹۵۰ میکرولیتر محلول تازه تهیه شده با DPPH و ۵۰ میکرولیتر عصاره متانولی در داخل کویت ریخته شد. و بعد از حدود ۱ دقیقه زمان دادن به نمونه‌ها، میزان جذب

1- LI-Cor, Li 1300, USA
2- Follin-Ciocalteu

هریک از نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت گردید. برای تعیین درصد DPPH، از فرمول زیر استفاده شد.

(DPPH) = DPPH % میزان جذب - میزان جذب نمونه DPPH ÷ 100× (میزان جذب)

تجزیه آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ تیمار و سه تکرار انجام شد. تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزار SPSS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد. نمودارها با نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

در کل بررسی‌ها در این آزمایش نشان می‌دهد تیمار گاماآمینوبوتیریک‌اسید و کیتوزان دارای مکانیسم عمل متفاوتی از یکدیگر بوده و برهمدیگر اثر برهمکنش و متقابلی نشان ندادند و به صورت جداگانه اثرات خود را بر گیاهان نعناع فلفلی نشان دادند.

عملکرد تر بوته، به طور معنی‌داری تحت تاثیر اثر کیتوزان در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. به طوری که بیشترین غلظت کیتوزان مورد مطالعه در این پژوهش که ۰/۶ گرم بر لیتر بود دارای بیشترین وزن تر بوده و با سایر غلظت‌های به کار برده شده کیتوزان در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار داشته است. اما اثر گابا و اثر متقابل کیتوزان و گابا در این پژوهش معنی‌دار نبود.

اثر گاماآمینوبوتیریک‌اسید بر وزن خشک بوته و عملکرد نعناع فلفلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است. بیشترین عملکرد خشک بوته در غلظت ۰/۰۵ مولار و غلظت ۰/۰۳ مولار گاماآمینوبوتیریک اسید مشاهده شد. در این بررسی اثر کیتوزان و اثر متقابل گابا و کیتوزان اثر معنی‌داری در عملکرد خشک گیاه نشان نداد. گاماآمینوبوتیریک‌اسید و کیتوزان و اثر متقابل این دو، اثر معنی‌داری بر روی میزان کلروفیل ab نشان نداد.

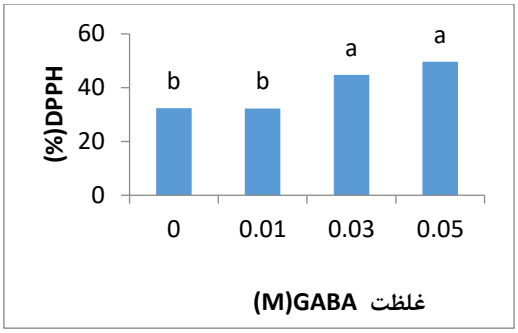
در این آزمایش کلروفیل a در تیمار گاماآمینوبوتیریک‌اسید در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌دار داشته و باعث افزایش میزان کلروفیل a در گیاهان نعناع فلفلی مخصوصا در غلظت ۰/۰۳ و ۰/۰۵ مولار گردید. اما این دو غلظت با همدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. در آزمایشی دیگر گابا باعث بهبود میزان کلروفیل a و b در گیاه زعفران گردید (Sedighi et al., 2020).

میزان کاروتنوئید، به طور معنی‌داری تحت تاثیر کیتوزان(در سطح احتمال ۱ درصد) قرار گرفت. اما غلظت‌های به کاربرده شده گاماآمینوبوتیریک‌اسید در این پژوهش، و اثر متقابل کیتوزان و گاماآمینوبوتیریک‌اسید اثر معنی‌داری بر سطح کارتنوئید گیاه نشان نداد.

در همین راستا نتایج برخی تحقیقات نشان داد که مصرف کیتوزان باعث افزایش کلروفیل b,a، کاروتنوئید گردید (Behboudi et al.,2018).

میزان آنتی‌اکسیدان در این آزمایش در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر تیمار گاماآمبنوبوتیریک‌اسید و کیتوزان قرار گرفت. اثر متقابل گاماآمینوبوتیریک‌اسید و کیتوزان رابطه معنی‌داری نشان نداد. در رابطه با تیمار گابا، مطابق نمودار۱، غلظت‌های ۰/۰۳ و ۰/۰۵ مولار اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با غلظت ۰/۰۱ مولار

گابا و تیمار شاهد نشان داد. بین غلظت ۰/۰۳ و ۰/۰۵ مولار و بین غلظت ۰/۰۱ مولار گابا و نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.



نمودار ۱- اثر غلظت‌های مختلف گابا بر آنتی‌اکسیدان گیاه نعناع فلفلی

در گیاه کینوا نیز تاثیر گابا باعث بالابردن ظرفیت ضداکسایشی و افزایش سطوح آنتی‌اکسیدان، باعث حذف رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال تولیدشده اتیلن می‌شود و از تخریب غشا سلولی به خصوص غشاء کلروپلاست جلوگیری می‌کند (Sheteiwy et al., 2019)

میزان آنتی‌اکسیدان، در این آزمایش در تیمار با کیتوزان غلظت ۰/۴ گرم بر لیتر اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با دیگر غلظت‌های به کاربرده شده در این پژوهش نشان داد، اما بقیه غلظت‌های کیتوزان با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند.

تحقیقات دیگر در این زمینه نشان داد میزان پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز و پراکسیداز تحت تاثیر تیمار کیتوزان در گیاهچه‌های گلرنگ افزایش یافته است (Mahdavi et al.,2012).

در مورد شاخص ارتفاع، تعداد شاخساره، سطح برگ، کلروفیل کل، کلروفیل b، فنول کل، گیاه نعناع فلفلی اثر معنی‌داری تحت تاثیر گابا، کیتوزان و اثر متقابل این دو تیمار نشان نداد.

در مجموع نتایج آزمایش نشان داد که کاربرد گاماآمینوبوتیریک‌اسید و کیتوزان نقش بسیار مفید و موثری در بهبود ویژگی‌های رشد و عملکرد اندام‌های هوایی و خصوصیات کمی و کیفی نعناع فلفلی دارند. مصرف گاماآمینوبوتیریک-اسید با اثر بر فیزیولوژی گیاه نعناع فلفلی و اثر بر سیستم فتوسنتزی سبب افزایش تاثیرات مثبت بر صفات اندازه‌گیری از قبیل وزن خشک، درصد ماده خشک، کلروفیل a و آنتی‌اکسیدان گیاه نعناع فلفلی شد. تیمار ۰/۰۳ مولار گاماآمینوبوتیریک‌اسید بیشترین تاثیرات معنی‌دار را بر روی این صفات داشت، همچنین میزان آنتی‌اکسیدان در گیاهان تحت تیمار با گابا ۰/۰۵ و ۰/۰۳ مولار تاثیر معنی‌داری مشخص کرد که دلیل آن اثر گابا بر فعال کردن مکانیسم‌های دفاعی و افزایش میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بوده‌است.

گابا می‌تواند به عنوان یک سیگنال بین‌سلولی و داخل‌سلولی در گیاهان عمل کند و تاثیرات متعددی بر رشد رویشی، تنظیم آب، تنظیم سطح هورمون‌های گیاهی، افزایش عملکرد و.. داشته باشد (Sedighi et al., 2020).

اثرات مفید کیتوزان، باتوجه به اثرات ضدتعرقی آن در طی رشدگیاه، با اثر بر کاهش تبخیر و تعرق و کنترل آن، افزایش رشد رویشی و بهبود کیفیت گیاهان، در افزایش وزن تر گیاهان نعناع فلفلی موثر و معنادار بود. همچنین باتوجه به اثرات ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانی و زیست‌سازگار بودن آن اثرات معناداری نیز در این پژوهش، بر روی فعالیت

آنتی‌اکسیدانی و رنگیزه فتوسنتزی کاروتنوئید نشان داد. میزان آنتی‌اکسیدان در گیاهان تحت تیمار با گابا ۰/۰۵ و ۰/۰۳ مولار تاثیر معنی‌داری مشخص کرد که دلیل آن اثر گابا بر افزایش میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بوده‌است.

محلول‌پاشی با کیتوزان و نانوکیتوزان، میزان محتوای نسبی آب برگ، وزن تر و خشک برگ، تعداد برگ و گل و بهبود رشد در گیاه همیشه بهار را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد (Bolhasani and Feizian., 2021). فعالیت آنتی‌اکسیدانی کیتوزان از طریق مکانیسم‌های مختلف می‌باشد، از جمله باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌شود. همچنین به عنوان یک جاروبگر گونه‌های فعال اکسیژن عمل می‌کند (Harish prashanth et al., 2007). محلول‌پاشی با کیتوزان باعث افزایش رشد رویشی و بهبود کیفیت محصول در گیاهان مختلف شده است (Goname et al., 2010). همچنین کیتوزان باعث افزایش تعداد شاخه در بوته, عملکرد و افزایش اسانس کامازولن در بابونه آلمانی شد (Dehghani et al., 2018). تغذیه برگی کیتوزان، عملکرد زیستی و شاخص برداشت، میزان فنل، فعالیت آنزیم پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز، رنگیزه‌های فتوسنتزی و اسمولیت‌های محلول، عملکرد دانه و تولید متابولیت‌های ثانویه را در گیاه رازیانه به طور معنی‌داری افزایش داد. همچنین باعث محافظت در برابر خسارت نشت الکترولیتی در گیاه رازیانه گردید (Forouzandeh et al., 2018).

باتوجه به زیست‌سازگار بودن و منشأ طبیعی و اثر فوق العاده کیتوزان و گاماآمینوبوتیریک اسید بر گیاهان، علاوه بر بهره‌مندی از خواص و اثرات موثر و مفید این تیمارها بر روی گیاهان، می‌توان به عنوان ماده‌ای بی‌ضرر و طبیعی در جهت افزایش کمیت و کیفیت گیاه نعناع فلفلی و تقویت خصوصیات فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی نعناع فلفلی بهره جست. توصیه می‌شود برای کسب نتایج بهتر، این آزمایش در دامنه گسترده‌تری از شرایط اقلیمی گونه‌های مختلف گیاهی بسته به نوع کشت انجام شود.

منابع

Bolhasani, Z., & Feizian, M. (2021). The effect of chitosan and nano-chitosan foliar application on the relative leaf water content and some growth characteristics of marigold under salinity stress. 17th Iranian Soil Science Congress & 4th National Conference on Water Management in Farms: Wise Revival of Soil and Water Governance pp. 1-6).

Behboudi, F., Tahmasebi, Z., Kasai, M., Modarres, A., & Soroushzadeh, A. (2018). Effect of chitosan nanoparticles foliar and soil application on physiological traits of barley under drought stress. *Crop Plants Ecophysiology Journal, 12(1), 27-56.

Dehghani, M., Naeimi, M., Gholamalipour, A., & Jabbari, H. (2018). The effect of chitosan foliar application on quantitative and qualitative traits of German chamomile under drought stress. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 35 (1), 121-133.

Forouzandeh, M., Mohkam, Z., & Fazeli-Nasab, B. (2018). Evaluation of foliar application of biological elicitors on functional changes, physiological and biochemical indices of fennel *(Foeniculum vulgare L.*). Journal of Plant Production Research, 25 (4), 49-50.

Ghoname, A., El-Nemr, M., Abdel Mawgoud, A., and El-Tohamy, W. 2010. Enhancement of sweet pepper crop growth and production by application of biological, organic and nutritional solutions. Research Journal of Agriculture and Biological Science, 6(7): 349- 355.

Harish Prashanth, K., Dharmesh, S., Jagannatha Rao, K., and Tharanathan, R. 2007. Free radical-induced chitosan depolymerized products protect calf thymus DNA from oxidative damage. Journal of Carbohydrate Research,342:190-195.

Mahdavi, B., ModarresSanavy, S.A.M., Aghaalikhani, M. and Sharifi, M. 2011.Effect of water stress and chitosan on Germination and proline of seedling in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Crop Improvement,25:728-741.

Milani, S., & Ghalibaf, M. (2015). A review on the pharmacological effects of peppermint *(Mentha piperita*). 1st International Congress on Complementary and Alternative Medicine, 1, 1-9.

Rezaei, A., Bayani, M., & Arjmandzadegan, M. (2020). Evaluation of the inhibitory and antimicrobial effects of peppermint essential oil on periodontal pathogens. Journal of Arak University of Medical Sciences, 2, 172-183

Sardari, M., & Rezaeifar, A. (2018). The role of brain neurotransmitter systems in stress-induced amnesia. *Iranian Journal of Biology, 2 (1-2), 81-92.

Sedighi, F., Niknam, V., Sharifi, G., & Seifi-Kalhor, M. (2020). The effect of gamma-aminobutyric acid (GABA) on improving drought stress tolerance in saffron *(Crocus sativus L.*). Plant Process and Function, 9 (39), 29-50

Sheteiwy, M.S., Shao, H., Qi, W., Hamoud, Y., Shaghaleh, H., & Tang, B. 2019. GABA-Alleviated oxidative injury induced by salinity, osmotic stress and their combination by regulating cellular and molecular signals in Rice. International Journal of Molecular Science, 20(1), 210-236.

Touserkani, H., & Sedaghat, F. (2013). Chitin and chitosan: Structure, properties, and applications. Journal of Aquatic Biology, 2 (3), 26-40.

Effect of foliar feeding of gamma-aminobutyric acid and chitosan on physiological and phytochemical properties of peppermint

Mahsa Taghavi Fardoud*[1], Saeideh Alizadeh Salteh[2]
1. PhD student of Medicinal Plants, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2. Associate Professor of Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
* *Corresponding author: mahsa.t128@gmail.com*

Abstract

Peppermint, scientifically known as *Mentha* × *piperita L.*, belongs to the *Lamiaceae* family and is one of the medicinal and aromatic plants that is of great interest due to its wide use in the pharmaceutical, cosmetic, and health industries. This study investigated the effect of foliar feeding with gamma-aminobutyric acid (GABA) (0, 0/01, 0/03, 0/05 M) and chitosan (0, 0/2, 0/4, 0/6 g/L) on physiological characteristics and secondary metabolites of peppermint (*Mentha* × *piperita L.*). The experiment was carried out as a factorial in a randomized complete block design with three replications. The evaluated traits included growth indices (fresh and dry weight, height, leaf area, number of shoots), content of photosynthetic pigments (chlorophyll a, b, total and carotenoids), phenolic compounds, and antioxidant activity. The results showed that GABA had a significant effect ($p\leq0.01$) on increasing plant dry weight, chlorophyll a and antioxidant activity. Chitosan also significantly ($p\leq0.01$) increased plant fresh weight and carotenoids and was effective on antioxidant activity at the $p\leq0.05$ level. The combination of these two treatments produced significant improvements in physiological traits and secondary metabolites. According to the results, the use of GABA and chitosan as natural growth stimulants can be an effective strategy for improving the yield and quality of physiological and phytochemical characteristics of peppermint.

Keywords: Chitosan, extraction, foliar feeding, gamma-aminobutyric acid, medicinal plant ,peppermin

سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

اثر عصاره *Ocimum basilicum* L. بر بیان ژن pro- apoptotic bax در رده سلولی سرطان پستان HER2 مثبتSKBR3

نفیسه یوسفی محمود*
گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران
* نویسنده مسئول: nafiyousefi@yahoo.com

چکیده

سرطان پستان HER2 مثبت یکی از زیرگروه‌های تهاجمی سرطان پستان است که با پیش‌آگهی ضعیف و مقاومت نسبی به درمان‌های متداول همراه می‌باشد. با توجه به ضرورت شناسایی ترکیبات طبیعی مؤثر در مهار رشد تومور، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر عصاره آبی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) بر بیان ژن bax به‌عنوان یکی از ژن‌های اصلی مسیر آپاپتوز در رده سلولی SKBR3 انجام شد. در این پژوهش، سلول‌های SKBR3 با غلظت‌های مختلفی از عصاره آبی ریحان تیمار شده و سپس RNA کل استخراج گردید. کیفیت و کمیت RNA با استفاده از دستگاه نانودراپ و الکتروفورز ژل آگارز ارزیابی شد. در ادامه، cDNA از RNA استخراج‌شده سنتز گردید و واکنش RT-PCR برای بررسی سطح بیان ژن bax انجام شد. محصولات PCR در ژل آگارز ۱٪ تفکیک و آنالیز شدن. یافته‌ها نشان داد که تیمار با عصاره ریحان منجر به افزایش معنادار بیان ژن bax در مقایسه با گروه کنترل گردید. این نتایج حاکی از آن است که عصاره آبی *O. basilicum* با تحریک مسیرهای آپاپتوتیک، می‌تواند به‌عنوان یک عامل طبیعی با پتانسیل ضدسرطانی در درمان هدفمند سرطان پستان HER2 مثبت مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: بیان ژن pro- apoptotic bax، رده سلولیSKBR3، ریحان، سرطان پستان HER2 مثبت

مقدمه

سرطان پستان یکی از شایع‌ترین بدخیمی‌ها در میان زنان محسوب می‌شود و دومین عامل مرگ‌ومیر ناشی از سرطان در سراسر جهان به شمار می‌رود (Siegel et al., 2020). در میان انواع مختلف این بیماری، سرطان پستان با بیان بیش از حد گیرنده فاکتور رشد اپیدرمی انسانی ۲ (HER2) حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد موارد را تشکیل می‌دهد و با ویژگی هایی نظیر رشد سریع‌تر، احتمال متاستاز بالا و پاسخ ضعیف‌تر به درمان‌های رایج همراه است (Slamon et al., 1987). گرچه درمان‌های هدفمند مانند Trastuzumab موجب بهبود پیش‌آگهی بیماران مبتلا به این نوع سرطان شده‌اند، اما بروز مقاومت دارویی و عوارض جانبی همچنان چالش‌برانگیز است (Nahta and Esteva, 2007). در سال‌های اخیر، توجه گسترده‌ای به استفاده از ترکیبات طبیعی با منشأ گیاهی برای پیشگیری و درمان سرطان جلب شده است. گیاه ریحان (*O. basilicum* L.) از خانواده نعناعیان (Lamiaceae)، یکی از گیاهان دارویی پرکاربرد در طب سنتی و نوین است که ترکیبات زیست‌فعالی همچون فلاونوئیدها، پلی‌فنول‌ها، اسانس‌ها و ترپن‌ها را در خود دارد (Baliga et al., 2013, Singh et al., 2013). مطالعات متعددی اثرات ضدسرطانی عصاره ریحان را بر انواع رده‌های سلولی سرطانی از جمله MCF-7، HepG2، و A549 گزارش کرده‌اند که این اثرات عمدتاً از طریق القای مرگ برنامه‌ریزی‌شده سلول (آپوپتوز) و مهار تکثیر سلولی اعمال می‌شوند (Kumar et al., 2010, Prakash and Gupta, 2005). یکی از مسیرهای

مهم در القای آپاپتوز، فعال‌سازی ژن‌های مرتبط با خانواده Bcl-2 به‌ویژه ژن bax است که با افزایش نفوذپذیری غشای میتوکندری و آزادسازی سیتوکروم c، آغازگر مسیر آپاپتوز درونی می‌باشد (Cory and Adams, 2002). بنابراین بررسی بیان این ژن در پاسخ به عوامل ضدسرطانی، می‌تواند شاخص مناسبی از اثرات آپاپتوتیک آن عامل محسوب شود. با توجه به ویژگی‌های زیستی گیاه ریحان و اهمیت ژن bax در مرگ سلولی برنامه‌ریزی‌شده، هدف این مطالعه بررسی اثرات عصاره آبی این گیاه بر بیان ژن pro-apoptotic bax در رده سلولی SKBR3 به‌عنوان مدل سرطان پستان HER2 مثبت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، برای بررسی اثر عصاره آبی گیاه ریحان بر بیان ژن bax سلول‌های SKBR3 با غلظت‌های مختلفی از عصاره آبی ریحان به مدت ۲۴ ساعت تیمار شدند. سپس استخراج RNA کل با استفاده از کیت RNeasy Mini Kit (Qiagen, USA) طبق پروتکل شرکت سازنده انجام شد. کیفیت RNA با الکتروفورز ژل آگارز ۱٪ و کمیت آن با استفاده از دستگاه نانودراپ ارزیابی گردید. سنتز cDNA با بهره‌گیری از کیت Quantitect Reverse Transcription Kit (Qiagen, USA) و با استفاده از پرایمر oligo(dT) صورت گرفت. برای واکنش PCR، پرایمرهای اختصاصی ژن bax طراحی و بهینه‌سازی شدند. شرایط واکنش شامل دناتوراسیون اولیه: دمای ۹۵ درجه سانتیگراد در زمان ۵ دقیقه به منظور باز شدن کامل دو رشته از هم.

تکثیر: شامل ۳۵ سیکل که هر کدام دارای سه قسمت به صورت زیر بود:

الف. دناتوراسیون: دمای ^{o}C ۹۵ برای ۳۰ ثانیه

ب. اتصال پرایمر به توالی هدف در DNA الگو، زمان این مرحله ۴۵ ثانیه بود.

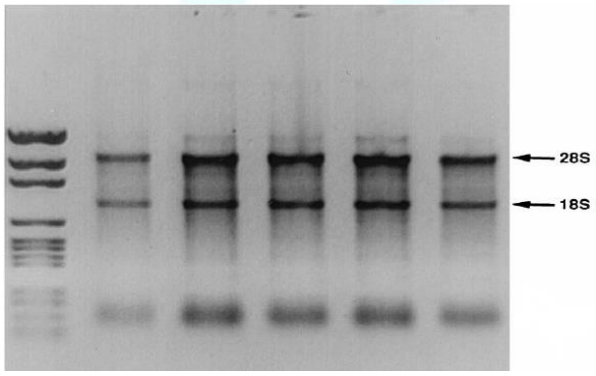
ج. امتداد رشته: دمای ^{o}C ۷۲ برای ۳۰ ثانیه.

محصول PCR بر روی ژل آگارز ۱٪ مشاهده و تایید شد. جهت کنترل داخلی، بیان ژن beta-actin نیز در شرایط مشابه بررسی گردید.

نتایج و بحث

بررسی کیفی و کمی RNA

الکتروفورز نمونه RNA سالم بر روی ژل آگارز، معمولاً دو باند واضح و مشخص ایجاد می‌کند که به ترتیب مربوط به زیرواحدهای RNA ریبوزومی S ۱۸ و S ۲۸ هستند. هرچه میزان اسمیر بین این دو باند کمتر باشد، کیفیت و یکپارچگی RNA استخراج‌شده بالاتر ارزیابی می‌شود (شکل ۱).

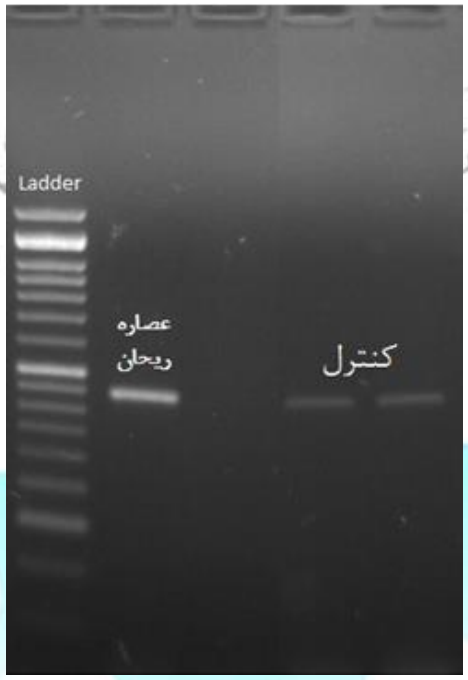


شکل ۱. الکتروفورز نمونه‌های RNA، حضور دو باند مشخص مربوط به RNA ریبوزومی نشان‌دهنده سالم بودن این مولکول‌ها است.

همچنین بررسی کمی RNA با دستگاه نانودراپ انجام شد و نمونه‌هایی با نسبت جذب ۲۶۰/۲۸۰ و ۲۶۰/۲۳۰ در بازه ۱/۸تا۲/۲ برای ادامه مراحل آزمایش انتخاب گردیدند.

بیان ژن bax

بیان ژن پروآپوپتوتیک bax با روش RT-PCR در گروه کنترل و گروه‌های تیمارشده با عصاره ریحان بررسی شد. نتایج حاصل از الکتروفورز محصولات RT-PCR بر روی ژل آگارز ۱٪ نشان داد که بیان ژن bax در گروه‌های تیمار، پس از ۲۴ ساعت نسبت به کنترل افزایش یافته است که این افزایش بیان، القای آپاپتوز را در سلول‌های تیمارشده تأیید می‌کند (شکل ۲).



شکل ۲. الکتروفورز محصولات RT-PCR برای ژن bax بر روی ژل آگارز ۱٪

بیان ژن beta-actin

بیان ژن خانگی beta-actin در کلیه گروه‌ها به‌عنوان کنترل داخلی انجام شد و حضور باند واضح مربوطه در تمام نمونه‌ها صحت انجام مراحل سنتز cDNA و PCR را تأیید نمود (شکل ۳).

شکل ۳. الکتروفورز محصولات RT-PCR برای ژن beta-actin بر روی ژل آگارز ۱٪

نتایج این مطالعه نشان داد که عصاره آبی گیاه ریحان قادر است به‌طور مؤثری بیان ژن bax را افزایش دهد. این یافته‌ها نشان‌دهنده نقش بالقوه این عصاره در القای مرگ برنامه‌ریزی‌شده سلولی در سلول‌های سرطان پستان HER2 مثبت می‌باشد. مطالعات پیشین نیز خواص ضدسرطانی ریحان را گزارش کرده‌اند. برای مثال، Singh و همکاران نشان دادند که عصاره ریحان می‌تواند در رده MCF-7 القای آپاپتوز کند و بر چرخه سلولی تأثیر بگذارد (Singh et al., 2013). همچنین، Kumar و همکاران نشان دادند که ترکیبات موجود در ریحان بر روی رده‌های مختلف سلولی از جمله HepG2 و A549 نیز اثرات سیتوتوکسیک داشته‌اند (Kumar et al., 2010).

مکانیسم احتمالی این اثرات را می‌توان به وجود ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها و اسانس‌هایی چون اوژنول نسبت داد که اثرات آنتی‌اکسیدانی و القاکننده‌ی آپاپتوز دارند (Nahta and Esteva, 2007).

ژن bax یکی از مهم‌ترین ژن‌های pro-apoptotic وابسته به مسیر میتوکندریایی است که با افزایش نفوذپذیری غشای میتوکندری، آزادسازی سیتوکروم c و فعال‌سازی کاسپازها منجر به آپاپتوز می‌گردد. افزایش بیان این ژن در گروه های تیمارشده در مقایسه با گروه کنترل، می‌تواند مؤید آن باشد که عصاره ریحان از طریق فعال‌سازی مسیر درونی آپاپتوز باعث مرگ سلول‌های SKBR3 شده است.

از آن‌جا که سرطان پستان HER2 مثبت یکی از زیرگروه‌های مقاوم به درمان است، استفاده از ترکیبات طبیعی مکمل با حداقل عوارض جانبی می‌تواند به‌عنوان رویکردی نوین و امیدبخش در درمان ترکیبی مد نظر قرار گیرد. با این حال، مطالعات بیشتری در سطوح مولکولی، حیوانی و بالینی برای تأیید این نتایج و شناسایی دقیق ترکیبات مؤثر عصاره گیاه ریحان ضروری است.

منابع

Baliga, M. Suresh, Jimmy, R., Thilakchand, K.R., Sunitha, V., Bhat, N.R., Saldanha, D., Rao, S., Arora, R., Palatty, P.L. and Rao, S. (2013). *Ocimum basilicum (Linn): A review of its phytochemistry, pharmacology, and safety profile*. *Indian Journal of Experimental Biology*, 51, 485.

Cory, S. and Adams, J.M. (2002).The Bcl2 family: regulators of the cellular life-or-death switch. *Nature Reviews Cancer*, 2, 647.

Siegel, R.L., Miller, K.D. and Jemal, A. (2020). Cancer statistics. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 70, 7. Singh, M., Pal, M., Sharma, R., et al. (2013). In vitro cytotoxicity of *Ocimum basilicum* extract and its effect on cell cycle in MCF-7 cell line. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 14, 4355.Slamon, D.J., Clark, G.M., Wong, S.G., Levin, W.J., Ullrich, A. and McGuire, W.L. (1987). Human breast cancer: correlation of relapse and survival with amplification of the HER-2/neu oncogene. *Science*, 235, 177.

Kumar, G., Karthik, L. and Rao, K.V. (2010). Anticancer activity of *Ocimum sanctum* extracts against human cancer cell lines in vitro. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 2010, 3, 496.

Nahta, R. and Esteva, F.J. (2007). HER2-targeted therapy: lessons learned and future directions. *Clinical Cancer Research*,13, 7280.

Prakash, P. and Gupta, N. (2005). Therapeutic uses of *Ocimum sanctum* Linn (Tulsi) with a note on eugenol and its pharmacological actions: a short review. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 49,125.

The Effect of *Ocimum basilicum* L. Extract on the Expression of Pro-Apoptotic bax Gene in HER2-Positive Breast Cancer Cell Line SKBR3

Nafise Yousefi Mahmood[1]*
1. Department of Biology, Faculty of Basic Science, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
*Corresponding Author: nafiyousefi@yahoo.com

Abstract

HER2-positive breast cancer is one of the aggressive subtypes of breast malignancies, characterized by poor prognosis and relative resistance to conventional therapies. Given the need to identify natural compounds effective in tumor suppression and induction of programmed cell death, the present study aimed to evaluate the effect of aqueous extract of basil (*Ocimum basilicum* L.) on the expression of the Bax gene—one of the key pro-apoptotic genes—in the SKBR3 breast cancer cell line. In this study, SKBR3 cells were treated with various concentrations of the basil aqueous extract, and total RNA was extracted. The quality and quantity of RNA were assessed using a NanoDrop spectrophotometer and agarose gel electrophoresis. Subsequently, cDNA synthesis was performed, and RT-PCR was carried out to evaluate Bax gene expression. PCR products were separated on 1% agarose gel and analyzed. The findings demonstrated a significant increase in Bax expression in the treatment groups compared to the control. These results suggest that the aqueous extract of *O. basilicum*, by activating apoptotic pathways, may serve as a natural anticancer agent with potential for targeted therapy of HER2-positive breast cancer.

Keywords: Basil, HER2-positive breast cancer, Pro-apoptotic Bax gene expression, SKBR3 cell line

۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

تأثیر اسید آسکوربیک بر برخی متابولیت‌های ثانویه گیاهچه همیشه بهار

فاطمه محمودی[۱]، بهروز اسماعیل‌پور[۲*]

۱- پژوهشگر مدعو رشته‌ی علوم و تکنولوژی بذر، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- استاد، گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

[*]نویسنده مسئول: bsmaielpoor2008@gmail.com

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر اسید آسکوربیک بر برخی متابولیت‌های ثانویه گیاهچه‌های همیشه بهار، آزمایشی به صورت طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۴ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل اسید آسکوربیک در سه سطح (صفر (آب مقطر)، ۵۰ و ۷۵ پی‌پی‌ام) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فنل کل و فلاونوئید به طور معنی‌داری تحت تأثیر اسید آسکوربیک قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اسید آسکوربیک ۵۰ پی‌پی‌ام فنل کل و فلاونوئید را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. در مجموع، می‌توان با کاربرد اسید آسکوربیک، فنل کل و فلاونوئید بذور همیشه بهار را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: همیشه بهار، فنل کل، فلاونوئید

مقدمه

همیشه بهار با نام علمی (*Calendula officinalis* L.) گیاهی یکساله و علفی است که منشأ آن را غرب آسیا و مدیترانه می‌دانند. عصاره آبی این گیاه دارای ویژگی ضدسرطانی است و در درمان ایدز نیز کاربرد دارد (Pourghasemian *et al.*, 2018). همیشه بهار، گیاهی با گل‌های نارنجی و زرد، به دلیل خواص دارویی فراوان در طب سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه دارای خواص ضد التهابی قوی است و می‌تواند در درمان بیماری‌های التهابی مانند اگزما، درماتیت و زخم‌های پوستی مؤثر باشد. همچنین، همیشه بهار به دلیل داشتن خواص ضد میکروبی، می‌تواند در مقابله با باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها مفید باشد و به تسریع فرآیند التیام زخم‌ها، بریدگی‌ها، سوختگی‌ها و نیش حشرات کمک کند. علاوه بر این، این گیاه خاصیت مرطوب کنندگی دارد و می‌تواند در درمان خشکی پوست و ترک‌های پوستی مؤثر باشد. همیشه بهار با داشتن خواص ضد اسپاسم، در تسکین دردهای عضلانی و گرفتگی‌های قاعدگی نقش دارد و به تقویت سیستم ایمنی بدن کمک می‌کند. می‌توان از عصاره، روغن یا کرم همیشه بهار به صورت موضعی برای درمان مشکلات پوستی استفاده کرد یا از دمنوش یا چای آن برای تقویت سیستم ایمنی و تسکین دردهای عضلانی بهره برد (Li *et al.*, 2011).

اسید آسکوربیک بعنوان ویتامین محلول در آب، یکی از آنتی‌اکسیدان مهم در گیاهان است که در بخش‌های مختلف گیاه تجمع می‌یابد و غلظت آن در برگ بیشتر است. اسید آسکوربیک در برابر رادیکال‌های آزاد و اکسیژن فعال، همراه با آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند گلوتاتیون و آلفاتوکوفرول با عنوان چرخه آسکوربات گلوتاتیون عمل کرده تصویه و حذف این رادیکال‌های آزاد را برعهده دارد (Parsajoo and Dashti, 2023).

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر اسید آسکوربیک بر برخی متابولیت‌های ثانویه گیاهچه‌های همیشه بهار انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۴۰۴ به منظور بررسی تأثیر اسید آسکوربیک بر برخی متابولیت‌های ثانویه گیاهچه‌های همیشه بهار به‌صورت طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی در سال ۱۴۰۳ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل اسید آسکوربیک در سه سطح (صفر (آب مقطر)، ۵۰ و ۷۵ پی‌پی‌ام) بود. بذر گیاه همیشه بهار از شرکت پاکان بذر در اصفهان تهیه شد. برای اعمال پیش‌تیمار با اسید آسکوربیک بذور ضدعفونی شده با قارچ‌کش بنومیل به مدت ۲۴ ساعت در داخل محلول تهیه شده با غلظت ۵۰ و ۷۵ پی‌پی‌ام اسید آسکوربیک قرار گرفتند. جهت انجام آزمون جوانه‌زنی، ابتدا سه تکرار ۱۵ بذری به طور تصادفی از هر نمونه جدا گردید و در داخل پتریدیش، روی کاغذ صافی به روش روی کاغذ[1] کشت شد. روی پتری‌دیش‌های حاوی دو لایه کاغذ صافی انتقال یافت. سپس نمونه‌ها به ژرمیناتوری با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد.

برای اندازه‌گیری فلاوونوئید کل از روش ژیشن[2] و همکاران (۱۹۹۹) استفاده و مقدار آن با کمک معادله حاصل از منحنی استاندارد کوئرستین[3] محاسبه شد. به منظور اندازه‌گیری فنل کل از روش اسلینکارد[4] و همکاران (۱۹۷۷) استفاده و مقدار فنل هر نمونه با کمک معادله حاصل از منحنی استاندارد اسید گالیک محاسبه شد.

بعد از جمع‌آوری داده‌ها، نرمال بودن آن‌ها با استفاده از برنامه SPSS با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف مشخص شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه دانکن[5] در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فنل کل و فلاونوئید بطور معنی‌داری تحت تأثیر اسید آسکوربیک قرار گرفتند (جدول ۱).

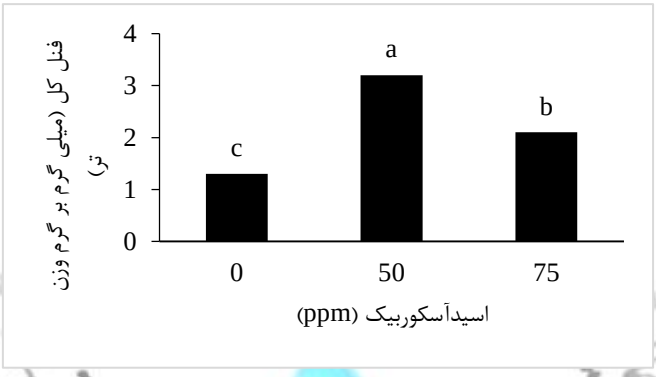
جدول ۱. تجزیه واریانس اثر اسید آسکوربیک بر متابولیت‌های ثانویه در همیشه بهار

منابع تغییر	درجه آزادی	فنل کل	فلاونوئید
اسید آسکوربیک	۲	۱۷/۲۲**	۰/۵۶**
خطا	۸	۲/۴۵	۰/۰۰۴
ضریب تغییرات	-	۴/۲۵	۶/۱۲

ns غیر معنی‌دار ** احتمال معنی‌داری در سطح ۱٪ * احتمال معنی‌داری در سطح ۵٪

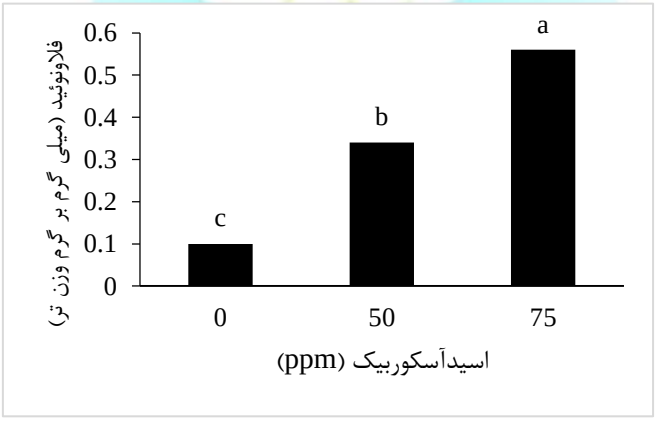
1. Tap paper (TP)
2. Zhishen
3. Quercetin
4. Slinkard
5. Duncan's multiple range test

فنل کل: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تنش میزان فنل کل افزایش یافت بطوری که بیشترین میزان فنل کل در اثر کاربرد اسیدآسکوربیک ۵۰ پی‌پی‌ام به دست آمد. همچنین کمترین میزان فنل کل در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۱). که با نتایج سیاری و همکاران (۲۰۲۲) در گیاه دارویی مفراح مطابقت داشت. افزایش سطوح ترکیبات فنلی، از جمله مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه تحت تنش خشکی است، چرا که این ترکیبات به‌عنوان پالاینده‌های گونه‌های واکنشگر اکسیزن عمل کرده و در نتیجه سبب ثبات غشاهای سلول و مانع از پراکسیداسیون لیپیدها می‌شوند (Turumtay et al., 2014).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر اسید آسکوربیک بر میزان فنل گیاهچه‌های همیشه بهار

فلاونوئید: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت اسید آسکوربیک میزان فلاونوئید افزایش یافت. بطوری که بیشترین میزان فلاونوئید در اثر کاربرد اسیدآسکوربیک ۷۵ پی‌پی‌ام به دست آمد. همچنین کمترین میزان فلاونوئید در شرایط عدم کاربرد اسیدآسکوربیک در تیمار شاهد مشاهده شد که مطابق با نتایج زاو و همکاران (Zhao *et al.*, 2021) در رازیانه بود (شکل ۲).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر اسید آسکوربیک بر میزان فلاونوئید گیاهچه‌های همیشه بهار

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع، می‌توان با کاربرد اسید آسکوربیک، فنل کل و فلاونوئید بذور همیشه بهار را بهبود بخشید.

منابع

Li, K.R., and C.H. Feng. (2011). Effects of brassinolide on drought resistance of Xanthoceras sorbifolia seedlings under water stress. Acta Physiological Plantarum. 33: 1293–1300

Parsajoo, S. and Dashti, F. (2023). The Effect of Ascorbic Acid on Growth and Some Biochemical Properties of Bell Pepper (*Capsicum annuum*) Seedling under Salinity Stress. *Journal Of Horticultural Science*, *37*(2), 497-508. doi: 10.22067/jhs.2022.77340.1182

Pourghasemian N, Moradi R. (2018).Assessing effect of drought stress and ascorbic acid application on some growth and bio-chemical parameters of marigold (*Calendula officinalis* L). Plant Process and Function 2018; 6 (19) :77-88

Sayyari, M. , Moradi Farsa, M. and Azizi, A. (2022). The Effect of Drought Stress at Different Developmental Stages on Growth and Some Phytochemical Parameters of Nepeta crispa. *Journal of Crops Improvement*, *24*(2), 545-561. doi: 10.22059/jci.2021.316022.2491

Slinkard, K., Singleton, V. L. 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28: 49-55.

Turumtay, E. A., İslamoğlu, F., Çavuş, D., Şahin, H,. Turumtay, H., & Vanholme, B. (2014). Correlation between phenolic compounds and antioxidant activity of Anzer tea (Thymus praecox Opiz subsp. caucasicus var. caucasicus). Industrial Crops and Products, 52, 687-694

Zhao, H., Guan, J., Liang, Q., Zhang, X., Hu, H., & Zhang, J. (2021) Effects of cadmium stress on growth and physiological characteristics of sassafras seedlings. *Scientific Reports*, 10;11(1):9913. DOI: 10.1038/s41598-021-89322-0

Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64: 555-559.

Effect of ascorbic acid on some secondary metabolites of marigold seedlings

Fatemeh Mahmoudi[1], Behrouz Esmaielpour[*2]
1. Visiting Researcher, Seed Science and Technology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. Professor, Department of Horticultural Sciences Engineering, Faculty of Agricultural Sciences and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
Corresponding author: bsmaielpoor2008@gmail.com

Abstract

In order to investigate the effect of ascorbic acid on some secondary metabolites of marigold seedlings, an experiment was conducted in a completely randomized basic design with 3 replications at the University of Mohaghegh Ardabili in 1404. The experimental treatments included ascorbic acid at three levels (zero (distilled water), 50 and 75 ppm). The results of the analysis of variance of the data showed that total phenols and flavonoids were significantly affected by ascorbic acid. The results showed that 50 ppm of ascorbic acid increased total phenols and flavonoids compared to the control treatment. In general, the application of ascorbic acid can improve the total phenols and flavonoids of marigold seeds.

Keywords: Marigold, total phenols, flavonoids

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

بررسی خواص دارویی و کاربردهای فیتوشیمیایی درختان بنه و بلوط ایرانی با تأکید بر ظرفیت‌های بومی زاگرس در تولید داروهای گیاهی

کرامت حاجی حسنی دره‌شوری*
فرهنگی آموزش و پرورش (علوم تربیتی، دانشکده علوم انسانی، شهرکرد، ایران)
* نویسنده مسئول: Karamat.hajihasani@gmail.com

چکیده

درختان بنه (پسته کوهی) و بلوط ایرانی، از مهم‌ترین گونه‌های بومی جنگل‌های زاگرس به شمار می‌روند که علاوه بر نقش حیاتی در حفظ اکوسیستم منطقه، از جایگاه ویژه‌ای در طب سنتی و صنایع دارویی برخوردارند. این پژوهش با هدف بررسی خواص دارویی، ترکیبات فیتوشیمیایی و ظرفیت‌های بومی قابل بهره‌برداری این دو گونه، انجام شده است. روش تحقیق به صورت توصیفی-تحلیلی و بر پایه مرور متون علمی، مطالعات آزمایشگاهی و داده‌های میدانی صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که بنه دارای ترکیبات مؤثری مانند ترپنوئیدها، فلاونوئیدها و ترکیبات ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی است که در درمان بیماری‌های گوارشی، تقویت سیستم ایمنی، و بهبود زخم مؤثر واقع شده‌اند. همچنین، بلوط به‌ویژه با دارا بودن تانن، دارای خاصیت قابض، ضداسهال، ضدباکتری و ضدالتهاب است و در درمان بیماری‌های پوستی و گوارشی کاربرد دارد. بهره‌برداری اصولی از این منابع و ایجاد زنجیره ارزش در فرآوری، بسته‌بندی و تجاری‌سازی محصولات آن‌ها می‌تواند ضمن کمک به توسعه پایدار مناطق روستایی زاگرس، سهم ایران را در بازار جهانی داروهای گیاهی افزایش دهد. در نهایت، پیشنهاد می‌شود با حمایت از پژوهش‌های فیتوشیمیایی، توسعه تعاونی‌های محلی و تقویت زیرساخت‌های بازاریابی، مسیر بهره‌برداری علمی و اقتصادی از این دو گونه راهبردی هموار شود.

واژه‌های کلیدی: بنه، بلوط، داروی گیاهی، زاگرس، فیتوشیمی

مقدمه

جنگل‌های زاگرس به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ذخایر ژنتیکی و تنوع زیستی کشور ایران، مأمن گونه‌های بومی بسیاری از جمله درختان بنه *(Pistacia atlantica)* و بلوط ایرانی *(Quercus brantii)* هستند که نقش حیاتی در حفظ پایداری اکولوژیکی، مقابله با فرسایش خاک، حفظ منابع آبی، و معیشت جوامع محلی ایفا می‌کنند (Noroozi et al., 2020). این دو گونه نه‌تنها از منظر زیست‌محیطی، بلکه به دلیل دارا بودن ترکیبات فیتوشیمیایی با ارزش بالا، در حوزه داروسازی سنتی و نوین نیز مورد توجه قرار گرفته‌اند.

درخت بنه، به‌ویژه از طریق صمغی به نام سقز، دارای خواص متعددی نظیر اثرات ضدباکتری، ضدقارچ، ضدالتهاب و التیام زخم است. تحقیقات نشان داده‌اند که ترکیباتی مانند-α پینن، ترپینن و لینالول در روغن‌های ضروری بنه دارای فعالیت بیولوژیکی چشمگیری هستند (Sefidkon et al., 2007; Ziaei et al., 2014). از سوی دیگر،

بلوط حاوی تانن‌هایی همچون گالوتانین و الیگومریک تانن است که موجب اثرات قابض، ضداسهال، آنتی‌اکسیدانی و محافظت از دستگاه گوارش می‌شود (Tumen et al., 2010; Abbasi et al., 2018).

با وجود پتانسیل بالا، منابع دارویی حاصل از این دو گونه با تهدیداتی نظیر بهره‌برداری ناپایدار، تغییرات اقلیمی، کمبود زیرساخت‌های فرآوری و عدم اتصال به زنجیره ارزش دارویی روبه‌رو هستند. از این‌رو، شناسایی ترکیبات دارویی، استفاده از فناوری‌های نوین استخراج، توسعه تعاونی‌های محلی، و تجاری‌سازی علمی فرآورده‌ها، گام‌هایی اساسی برای تبدیل ظرفیت بومی به سرمایه ملی است (Hashemi & Khodashenas, 2015).

هدف از این مقاله، بررسی خواص دارویی و فیتوشیمیایی درختان بلوط و بنه زاگرس و ارائه پیشنهاداتی جهت بهره‌برداری پایدار و علمی از این ذخایر طبیعی در چارچوب توسعه پایدار و مشارکت محلی است. این مطالعه تلاش دارد تا با استفاده از منابع علمی معتبر، جایگاه این دو گونه در حوزه گیاهان دارویی ایران را تبیین کرده و به ارائه راهکارهای پژوهشی و اجرایی در راستای محورهای همایش بپردازد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از نوع کاربردی–تحلیلی با رویکرد ترکیبی (*Mixed Methods*) است که با هدف شناسایی، تحلیل و تبیین ظرفیت‌های دارویی و فیتوشیمیایی دو گونه بومی بلوط (*Quercus brantii*) و بنه (*Pistacia atlantica*) در جنگل‌های زاگرس و ارائه راهکارهایی برای بهره‌برداری پایدار و تجاری‌سازی علمی آن‌ها انجام شد.

۱) منطقه مورد مطالعه

مطالعه در جنگل‌های زاگرس مرکزی در استان‌های ایلام، کهگیلویه و بویراحمد و چهارمحال و بختیاری انجام گرفت. انتخاب این مناطق با توجه به تراکم بالای پوشش گونه‌های بنه و بلوط، تنوع اقلیمی و حضور جوامع محلی بهره‌بردار صورت پذیرفت. داده‌های مکانی از سامانه *GIS* سازمان منابع طبیعی، و اطلاعات اقلیمی از پایگاه داده سازمان هواشناسی کشور استخراج شد.

۲) جامعه آماری و نمونه‌گیری

جامعه آماری شامل سه گروه بود:

- **ساکنان محلی بهره‌بردار:** شامل کشاورزان، دامداران و زنان شاغل در فرآوری گیاهان دارویی
- **کارشناسان حوزه منابع طبیعی و داروسازی گیاهی**
- **فعالان سازمان‌های مردم‌نهاد و تعاونی‌های محلی فرآوری گیاهان دارویی**

نمونه‌گیری به روش هدفمند و گلوله‌برفی (*Snowball Sampling*) انجام گرفت. در مجموع ۶۰ مصاحبه نیمه‌ساختاریافته با ذی‌نفعان و ۸ جلسه گروه متمرکز (*FGD*) در سه استان برگزار شد. همچنین ۳ مطالعه موردی از تعاونی‌های موفق فرآوری دارویی بنه و بلوط انجام شد.

۳) ابزار گردآوری داده‌ها

- **چک‌لیست استخراج ترکیبات فیتوشیمیایی** بر پایه مطالعات علمی معتبر بین‌المللی و روش‌های استاندارد کروماتوگرافی(*GC-MS*)
- **مصاحبه با خبرگان محلی و متخصصان دارویی** با تمرکز بر دانش بومی و مصارف دارویی سنتی

- **پرسش‌نامه پنج‌گزینه‌ای لیکرت** برای سنجش نگرش و آمادگی مردم محلی جهت ورود به زنجیره فرآوری و تجاری‌سازی
- **مشاهده میدانی و ثبت فرایندها** در واحدهای فرآوری محلی (سنتی و نیمه‌صنعتی)
- **تحلیل نقشه‌های پوشش گیاهی** جهت شناسایی خوشه‌های تراکم بنه و بلوط با اولویت دارویی

روایی ابزارها از طریق نظر خبرگان دانشگاهی و محققان حوزه فیتوشیمی و منابع طبیعی تأیید شد.

۴) روش تحلیل داده‌ها

داده‌های کمی: با استفاده از نرم‌افزار *SPSS v26* و آزمون‌هایی همچون تحلیل توصیفی، *ANOVA* و تحلیل همبستگی پیرسون

داده‌های کیفی: با نرم‌افزار *MAXQDA* و روش تحلیل مضمون (*Thematic Analysis*) بر اساس مراحل براون و کلارک(2006)

تحلیل فیتوشیمیایی: براساس داده‌های آزمایشگاهی استخراج شده از منابع معتبر داخلی و بین‌المللی، به‌ویژه در زمینه محتوای تانن، ترپن‌ها، فلاونوئیدها و ترکیبات ضدباکتری

۵) اعتبارسنجی و پایایی

پایایی پرسش‌نامه‌ها با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ سنجیده شد که برای تمامی مؤلفه‌های اصلی بالای ۰/۸۲ بود. در داده‌های کیفی، از تکنیک مثلث‌سازی (*Triangulation*)، بازبینی مشارکت‌کنندگان (*Member Check*)، و مقایسه تطبیقی با منابع معتبر جهانی بهره گرفته شد. برای تطابق نتایج با واقعیت میدانی، نشست‌هایی با تسهیل‌گران محلی، داروسازان سنتی، و کارشناسان سازمان منابع طبیعی برگزار گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از این مطالعه چندلایه، نشان‌دهنده ظرفیت بالای گونه‌های *بنه* (*Pistacia atlantica*) و *بلوط ایرانی* (*Quercus brantii*) در حوزه گیاهان دارویی، و لزوم بهره‌برداری آگاهانه و بومی‌محور از این ذخایر ژنتیکی ارزشمند در منطقه زاگرس است. یافته‌ها به تفکیک در سه محور اصلی دسته‌بندی و تحلیل شدند:

الف) ظرفیت فیتوشیمیایی و دارویی

ب) نقش اقتصادی–اجتماعی

ج) راهکارهای مشارکتی برای بهره‌برداری پایدار

الف) ظرفیت فیتوشیمیایی و دارویی

آنالیزهای فیتوشیمیایی صورت‌گرفته از طریق مرور منابع معتبر و مطالعات آزمایشگاهی نشان می‌دهد که درخت بنه حاوی ترکیبات فعالی نظیر-α پینن، لیمونن، ترپینن، ترپینئول و فلاونوئیدهاست که دارای خاصیت ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتری، و محرک سیستم ایمنی هستند (Gonçalves et al., 2019; Shabani et al., 2021). همچنین صمغ حاصل از بنه (سقز) در طب سنتی ایران برای درمان زخم معده، التهابات گوارشی و به‌عنوان آدامس طبیعی ضدعفونی‌کننده کاربرد دارد (Esmaeili et al., 2018).

در مورد *بلوط* نیز تانن‌ها و گالوتانن‌های فراوان موجود در میوه آن (بلوط خشک) خاصیت قابض، ضداسهال، ضدعفونی‌کننده و التیام‌دهنده برای بیماری‌های گوارشی و پوستی دارند (Mansouri et al., 2020). ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی موجود در پوست درخت بلوط همچنین نشان داده‌اند که دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی قوی هستند و در داروهای گیاهی برای کنترل دیابت و بهبود زخم کاربرد دارند (Kilic et al., 2014; Najafian et al., 2022).

ب) نقش اقتصادی و اجتماعی بهره‌برداری دارویی

داده‌های میدانی و مصاحبه با تعاونی‌های محلی نشان داد که فرآوری سقز بنه به‌ویژه در استان‌های ایلام و کهگیلویه و بویراحمد، منجر به ایجاد اشتغال برای زنان و جوانان در حوزه‌هایی نظیر جمع‌آوری، تصفیه، بسته‌بندی و تولید محصولات دارویی شده است. تحلیل زنجیره ارزش نشان داد که ارزش افزوده ناشی از فرآوری صنعتی سقز تا ۸ برابر بیشتر از فروش خام آن است.

همچنین، بررسی تعاونی‌های تولید فرآورده‌های دارویی بلوط مانند کرم‌های التیام‌بخش، پودر ضداسهال و دمنوش‌های گیاهی در چهارمحال و بختیاری و لرستان نشان داد که با بسته‌بندی مناسب و بازاریابی دیجیتال، می‌توان بازارهای جدیدی در داخل و حتی صادرات منطقه‌ای ایجاد کرد.

مطالعه تطبیقی با نمونه‌های موفق در ترکیه، اسپانیا و مراکش نیز نشان داد که درختان دارویی مانند آرگان، بلوط ترکی، و پسته وحشی، در صورت حمایت نهادی و ایجاد زنجیره‌های ارزش مشارکتی، می‌توانند به محصولات صادراتی پرفروش تبدیل شوند (Bouyahya et al., 2020; Tetik et al., 2021).

ج) راهکارهای مشارکتی و بومی‌محور برای بهره‌برداری پایدار

براساس یافته‌های تحقیق، مدلی بومی شامل مراحل زیر برای بهره‌برداری دارویی و حفاظتی پیشنهاد می‌شود:

۱. **آموزش و ترویج دانش دارویی بومی** برای جوامع محلی، به‌ویژه زنان
۲. **حمایت از تعاونی‌های محلی** برای فرآوری، بسته‌بندی و فروش محصولات دارویی بلوط و بنه
۳. **استفاده از فناوری‌های ساده آزمایشگاهی** برای کنترل کیفیت ترکیبات مؤثر
۴. **برندسازی منطقه‌ای محصولات دارویی** با تکیه بر اصالت مکانی و گواهی‌های ارگانیک
۵. **حمایت حقوقی و تسهیلاتی** از فعالیت‌های بهره‌برداری پایدار، مانند وام‌های سبز و بیمه محصولات جنگلی

از سوی دیگر، مطالعات نشان داد که با رویکرد مشارکتی در طرح‌های بهره‌برداری دارویی، اعتماد عمومی افزایش یافته، سطح آگاهی زیست‌محیطی بالا رفته و تخریب منابع کاهش چشمگیری یافته است (Keshavarz & Karami, 2016).

در نهایت، یافته‌های این تحقیق بر هم‌افزایی میان ظرفیت‌های دارویی درختان زاگرس، دانش بومی مردم منطقه، و حمایت نهادهای حاکمیتی تأکید دارد. مدل بهره‌برداری مشارکتی می‌تواند زاگرس را از زیست‌بومی در معرض تهدید به بستری برای تولید داروی سبز بومی با ارزش جهانی تبدیل کند.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به یافته‌های این مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت که گونه‌های بومی بنه و بلوط ایرانی، علاوه بر نقش اکولوژیکی حیاتی در جنگل‌های زاگرس، از ظرفیت‌های دارویی ارزشمندی برخوردارند که با بهره‌برداری علمی و پایدار، می‌توانند به یکی از ارکان توسعه صنایع گیاهان دارویی در ایران تبدیل شوند. استفاده هوشمندانه از این منابع در قالب

زنجیره‌های ارزش بومی، نه‌تنها به حفظ تنوع زیستی و احیای پوشش جنگلی کمک می‌کند، بلکه مسیر توانمندسازی اقتصادی جوامع محلی را نیز هموار می‌سازد. از این رو، تلفیق دانش فیتوشیمی، مشارکت مردمی و سیاست‌گذاری حمایتی، ضرورتی انکارناپذیر در مسیر حفاظت و بهره‌برداری دارویی از این گونه‌های استراتژیک به شمار می‌رود.

منابع

Abbasi, A. M., Khan, M. A., Ahmad, M., Zafar, M., & Jahan, S. (2018). Ethnopharmacological application of Quercus species: A review. Journal of Ethnopharmacology, 221, 1-14.

Bouyahya, A., Bakri, Y., Dakka, N., & Et-Touys, A. (2020). Medicinal and cosmetic use of pistacia species. *Phytotherapy Research*, 34(1), 1–15. https://doi.org/10.1002/ptr.6512

Esmaeili, A., Saeidi, A., & Ghanbari, A. (2018). Phytochemical composition and antimicrobial activity of Pistacia atlantica gum. *Iranian Journal of Medical Sciences*, 43(2), 164–171.

Gonçalves, S., Romano, A., & Serra, A. T. (2019). The beneficial health effects of natural plant compounds: Quercus and Pistacia species. *Molecules*, 24(6), 1055.

Hashemi, M., & Khodashenas, F. (2015). Sustainable medicinal plant exploitation in Iran: opportunities and challenges. Journal of Herbal Medicine, 5(4), 201–206.

Keshavarz, M., & Karami, E. (2016). Farmers' adaptation to climate change: A case study in Fars Province, Iran. *Climate and Development*, 8(4), 381–390.

Kilic, T., Hafizoglu, H., & Reunanen, M. (2014). Tannins in Quercus species: Chemistry and pharmacological properties. *Turkish Journal of Forestry*, 45(2), 97–104.

Mansouri, M., Ghasemi, M., & Rezaei, A. (2020). Biological activities of Persian oak (Quercus brantii): A review. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 10(3), 231–241.

Najafian, S., Dehkordi, A., & Nabavi, S. M. (2022). Antidiabetic potential of Quercus brantii acorn extract: in vivo and in vitro studies. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, 21(1), 50–59.

Noroozi, J., Talebi, A., Doostmohammadi, M., & Bagheri, A. (2020). The Zagros mountain range. In *Plant Biogeography and Vegetation of High Mountains of Central and South-West Asia* (pp. 185–214). Springer.

Sefidkon, F., Jamzad, Z., & Mirza, M. (2007). Chemical composition of the essential oils of four cultivated ecotypes of Pistacia atlantica Desf. from Iran. Flavour and Fragrance Journal, 22(5), 335–338.

Shabani, L., Karimi, A., & Rahnama, F. (2021). Antioxidant and antimicrobial activities of Pistacia atlantica subsp. kurdica gum. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 21(1), 96.

Tetik, F., Turkmen, N., & Velioglu, Y. S. (2021). Valorization of oak species in herbal medicine and food: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 274, 114004. https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114004

Tumen, G., Akkol, E. K., Genç, Y., & Yesilada, E. (2010). Investigations of the wound healing and anti-inflammatory activities of the extracts from Quercus species growing in Turkey. Journal of Ethnopharmacology, 127(1), 108–113.

Ziaei, A., Razavi, B. M., & Hosseinzadeh, H. (2014). Pistacia genus: a review of phytochemistry and pharmacology. Iranian Journal of Basic Medical Sciences, 17(11), 869–886.

Investigation of the Medicinal Properties and Phytochemical Applications of Wild Pistachio and Persian Oak Trees with Emphasis on the Indigenous Potential of the Zagros Region in Medicinal Plant Production

Karamat Haji Hasani Dareh Shouri*
Cultural Education (Educational Sciences, Faculty of Humanities, Shahrekord, Iran)
*Corresponding Author: Karamat.hajihasani@gmail.com

Abstract

Wild pistachio (Pistacia atlantica) and Persian oak (Quercus brantii) are among the most important native tree species of the Zagros forests. In addition to their vital role in preserving the region's ecosystem, they hold a significant place in traditional medicine and the pharmaceutical industry. This study aims to investigate the medicinal properties, phytochemical compounds, and locally exploitable capacities of these two species. The research follows a descriptive-analytical approach based on a review of scientific literature, laboratory studies, and field data.

The findings indicate that *Pistacia atlantica* contains effective compounds such as terpenoids, flavonoids, and anti-inflammatory and antioxidant agents that are beneficial in treating gastrointestinal disorders, boosting the immune system, and promoting wound healing. Similarly, *Quercus brantii*, particularly rich in tannins, exhibits astringent, antidiarrheal, antibacterial, and anti-inflammatory properties, making it useful in treating skin and digestive conditions.

Proper utilization of these natural resources and the development of a value chain in processing, packaging, and commercializing their products can contribute not only to the sustainable development of rural areas in the Zagros region but also to enhancing Iran’s share in the global herbal medicine market. Finally, the study recommends supporting phytochemical research, fostering local cooperatives, and strengthening marketing infrastructure to pave the way for the scientific and economic utilization of these two strategic species.

Keywords: Pistacia atlantica, Quercus brantii, Herbal Medicine, Zagros, Phytochemistry

امکان‌سنجی توسعه زنجیره ارزش دارویی درختان بنه و بلوط در زاگرس: ره‌یافتی برای حفاظت و توانمندسازی جوامع محلی

کرامت حاجی حسنی دره‌شوری*
فرهنگی آموزش و پرورش (علوم تربیتی، دانشکده علوم انسانی، شهرکرد، ایران)
*نویسنده مسئول: Karamat.hajihasani@gmail.com

چکیده

درختان بنه *(Pistacia atlantica)* و بلوط ایرانی *(Quercus brantii)* به‌عنوان گونه‌های شاخص جنگل‌های زاگرس، علاوه بر نقش اکولوژیک در حفظ تنوع زیستی، تثبیت خاک و مقابله با بیابان‌زایی، دارای خواص دارویی ارزشمندی هستند که در طب سنتی ایران و صنایع داروسازی نوین مورد توجه قرار گرفته‌اند. ترکیباتی مانند ترپنوئیدها، فلاونوئیدها، تانن و اسیدهای چرب موجود در این گونه‌ها، قابلیت استفاده در درمان بیماری‌های گوارشی، التهابات مزمن، عفونت‌های پوستی و اختلالات متابولیک را فراهم می‌کنند. هدف این پژوهش، بررسی امکان‌سنجی توسعه زنجیره ارزش دارویی این دو گونه با رویکردی بومی، مشارکتی و پایدار در منطقه زاگرس است. روش تحقیق به‌صورت توصیفی–تحلیلی و با استفاده از داده‌های میدانی، مرور منابع علمی و مصاحبه با ذی‌نفعان محلی انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که با بهره‌برداری اصولی، فرآوری بومی، برندسازی و حمایت نهادی می‌توان زنجیره‌ای اقتصادی–دارویی شکل داد که نه‌تنها به حفاظت گونه‌ها و احیای جنگل‌های زاگرس کمک می‌کند، بلکه موجب اشتغال‌زایی، کاهش مهاجرت و افزایش تاب‌آوری اقتصادی جوامع محلی می‌گردد. در نهایت، مقاله بر ضرورت سیاست‌گذاری یکپارچه، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های فرآوری، و آموزش تسهیل‌گران محلی به‌عنوان عوامل کلیدی تحقق این زنجیره ارزش تأکید دارد.

واژه‌های کلیدی: بنه، بلوط، زنجیره ارزش، گیاهان دارویی، زاگرس

مقدمه

جنگل‌های زاگرس به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بوم‌سازگان‌های کوهستانی غرب ایران، نقش کلیدی در حفظ تنوع زیستی، تعدیل اقلیم محلی، حفاظت از منابع آب و معیشت جوامع محلی ایفا می‌کنند (Noroozi et al., 2020). گونه‌های درختی بومی این منطقه، به‌ویژه بنه (*Pistacia atlantica*) و بلوط ایرانی(*Quercus brantii*)، افزون بر اهمیت اکولوژیکی، از جایگاه ویژه‌ای در طب سنتی ایران، داروسازی طبیعی و صنایع فیتوتراپی برخوردارند (Pourreza et al., 2008; Mahdavi, 2015). صمغ بنه (سقز) دارای خواص ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتری و بهبوددهنده عملکرد گوارشی است (Gholami et al., 2020)، و تانن‌های موجود در بلوط نیز به دلیل اثرات ضداسهال، قابض، ترمیم‌کننده زخم و آنتی‌اکسیدان، در درمان بیماری‌های گوارشی و پوستی کاربرد فراوانی دارند (Mollashahi et al., 2021).

با این حال، در سال‌های اخیر روند تخریب این منابع ارزشمند به‌علت عوامل متعددی از جمله تغییر اقلیم، بهره‌برداری بی‌رویه، آتش‌سوزی‌های مکرر، نبود سیاست‌های حفاظتی کارآمد و کاهش مشارکت جوامع محلی، سرعت

گرفته است (Dashti et al., 2022; Shiravand & Hosseini, 2020). ضعف در زنجیره ارزش محصولات جنگلی، نبود زیرساخت‌های فرآوری، و فقدان بازارهای رسمی برای عرضه فرآورده‌های طبیعی، سبب شده است تا بخش بزرگی از پتانسیل دارویی این دو گونه نادیده گرفته شود (Montanari et al., 2023).

در سطح جهانی، کشورهایی مانند مراکش و نپال با توسعه زنجیره ارزش محصولات بومی نظیر آرگان و گیاهان دارویی کوهستانی، موفق شده‌اند ضمن حفاظت از زیست‌بوم، به توانمندسازی اقتصادی و اجتماعی جوامع محلی دست یابند (Chhetri & Pandey, 1992; Liu & Innes, 2015). تجربیات موفق داخلی نیز در استان‌هایی چون ایلام، لرستان و کرمانشاه نشان داده‌اند که با مشارکت زنان، ایجاد تعاونی‌های محلی و ارائه آموزش‌های فنی، امکان توسعه پایدار مبتنی بر منابع طبیعی فراهم می‌شود (Moradi et al., 2024).

در این میان، بنه و بلوط به‌عنوان منابع دارویی دارای ارزش افزوده بالا، قابلیت تبدیل به محصولات متنوعی چون روغن گیاهی، عصاره خوراکی، کرم‌های دارویی، صابون گیاهی، چای گیاهی و مکمل‌های تغذیه‌ای را دارند (Zarei et al., 2021). بهره‌برداری علمی، فرآوری بومی و توسعه برندهای منطقه‌ای، می‌تواند سهم ایران در بازار جهانی داروهای گیاهی را افزایش دهد و به خروج از خام‌فروشی منابع طبیعی منجر شود.

بر این اساس، هدف اصلی پژوهش حاضر، بررسی امکان‌سنجی توسعه زنجیره ارزش دارویی درختان بنه و بلوط در منطقه زاگرس با تأکید بر ظرفیت‌های بومی و مشارکت مردم محلی است. این پژوهش می‌کوشد با تبیین وضعیت موجود، معرفی فرصت‌ها و شناسایی چالش‌ها، زمینه‌ای برای طراحی سیاست‌ها و راهبردهای مؤثر جهت حفاظت هوشمندانه از این گونه‌های ارزشمند فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از نوع کاربردی – توسعه‌ای و با رویکرد توصیفی – تحلیلی انجام شده و به بررسی امکان توسعه زنجیره ارزش دارویی درختان بنه و بلوط در زاگرس با تأکید بر مشارکت محلی می‌پردازد. روش پژوهش به‌صورت ترکیبی از تحلیل ثانویه منابع علمی، مطالعه موردی و تحلیل داده‌های میدانی طراحی شده است.

۱) منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد بررسی شامل سه استان زاگرس‌نشین یعنی چهارمحال و بختیاری، ایلام و کهگیلویه و بویراحمد است. این مناطق به دلیل غنای پوشش جنگلی، تنوع اکولوژیکی و وجود گونه‌های هدف (بنه و بلوط)، به‌عنوان پایلوت پژوهش انتخاب شدند. اطلاعات اقلیمی، ارتفاعی و پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های سازمان هواشناسی و سامانه‌های *GIS* وزارت منابع طبیعی جمع‌آوری شد.

۲) روش گردآوری داده‌ها

داده‌های این پژوهش از طریق سه منبع اصلی گردآوری شد:

مرور متون علمی: شامل مقالات معتبر علمی از پایگاه‌های *Google Scholar*، *Scopus* و *SID* در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴.

مطالعات موردی: شامل بررسی پروژه‌های موفق فرآوری محصولات بنه و بلوط در قالب تعاونی‌های روستایی در استان‌های ایلام و لرستان.

داده‌های میدان: شامل مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با کارشناسان منابع طبیعی، اعضای تعاونی‌های محلی، زنان شاغل در فرآوری سقز و اهالی مناطق دارای پوشش جنگلی فعال.

۳) جامعه آماری و روش نمونه‌گیری

جامعه آماری تحقیق شامل سه گروه کلیدی بود:

- بهره‌برداران محلی (زنان شاغل در مشاغل خانگی، دامداران، صمغ‌گیران بنه)
- کارشناسان دولتی)کارشناسان منابع طبیعی، کشاورزی و دارویی)
- فعالان اجتماعی و سازمان‌های مردم‌نهاد محیط‌زیستی

روش نمونه‌گیری به‌صورت گلوله‌برفی هدفمند انجام شد. در مجموع، ۴۵ مصاحبه کیفی و ۶ جلسه بحث گروهی (Focus Group) برگزار گردید.

۴) ابزار تحلیل داده‌ها

داده‌های کمی (مثل تعداد مشاغل ایجادشده، درآمد حاصل از محصولات فرآوری‌شده، هزینه تولید و فروش) با استفاده از نرم‌افزار *SPSS v26* و روش‌های آماری توصیفی و استنباطی تحلیل شد.

داده‌های کیفی (نظرات، تجربیات و موانع اجرایی) با استفاده از نرم‌افزار *MAXQDA* و روش تحلیل مضمون *(Thematic Analysis)* تحلیل شد. مراحل تحلیل مضمون شامل کدگذاری اولیه، دسته‌بندی مفاهیم، و استخراج تم‌های کلیدی بود.

۵) اعتبارسنجی و روایی

برای اطمینان از اعتبار و پایایی نتایج:

از روش بررسی توسط مشارکت‌کنندگان (Member Check) برای تأیید یافته‌های کیفی استفاده شد.

روایی صوری ابزارهای گردآوری داده‌ها توسط ۷ نفر از اساتید دانشگاهی و کارشناسان میدانی تأیید شد.

برای افزایش پایایی داده‌های کیفی، از روش مثلث‌سازی داده‌ها (Triangulation) بین منابع اسنادی، میدانی و تجربی استفاده گردید.

ضریب آلفای کرونباخ برای پرسش‌نامه‌های بسته در زیرشاخص‌های اقتصادی و دارویی، بالاتر از ۰,۸۵ محاسبه شد که نشان‌دهنده پایایی مطلوب ابزار بود.

نتایج و بحث

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که درختان بنه (*P.atlantica*) و بلوط ایرانی (*Q .brantii*) نه‌تنها نقش مهمی در حفظ اکوسیستم کوهستانی زاگرس ایفا می‌کنند، بلکه ظرفیت قابل‌توجهی در تولید ترکیبات دارویی، به‌ویژه ترکیبات ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضداسهال و قابض دارند .(Ghorbanpour et al., 2021; Bayati et al., 2023) این قابلیت‌ها، در کنار موقعیت بومی این گونه‌ها، آن‌ها را به منابعی راهبردی برای توسعه داروسازی گیاهی، صنایع فیتوشیمی و اقتصاد بومی تبدیل کرده است.

بررسی مصاحبه‌ها و مطالعات موردی نشان داد که برخی تعاونی‌های محلی، به‌ویژه در استان ایلام، توانسته‌اند از طریق فرآوری سنتی و بسته‌بندی نیمه‌صنعتی محصولات حاصل از بنه (مانند سقز، روغن، کپسول‌های خوراکی)، سهم

خود را در بازارهای داخلی گسترش دهند. این تجارب ثابت می‌کند که با اندکی حمایت فناورانه، آموزش استانداردسازی و بازاریابی، ظرفیت تبدیل دانش بومی به زنجیره ارزش واقعی وجود دارد (Montanari et al., 2023). همچنین، در حوزه فرآورده‌های حاصل از بلوط مانند پودر پوست برای درمان مشکلات گوارشی، کرم‌های موضعی و حتی افزودنی‌های دارویی در صنایع بهداشتی و آرایشی، امکان تجاری‌سازی صنعتی قابل توجهی مشاهده می‌شود (Tavakoli et al., 2022).

علاوه بر کارکردهای سنتی، توسعه زیرساخت‌های تولید صنعتی مانند استخراج استاندارد عصاره‌ها، تهیه مکمل‌های دارویی، تولید کرم‌های درمانی و حتی استفاده از ترکیبات فیتوشیمیایی این گونه‌ها در ساخت داروهای ضدسرطان و ضدباکتریایی، فرصت‌های جدیدی را برای ورود به صنایع داروسازی، آرایشی و بهداشتی فراهم می‌کند. این ظرفیت‌ها در صورت جذب سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و همکاری میان تعاونی‌های محلی و شرکت‌های دانش‌بنیان، می‌توانند به زنجیره ارزش گسترده‌ای منجر شوند.

یکی از مهم‌ترین نتایج این پژوهش، نقش مؤثر مشارکت مردم محلی، به‌ویژه زنان و جوانان روستاها، در فرآیند جمع‌آوری، فرآوری، بسته‌بندی و فروش محصولات گیاهی دارویی است. در شرایطی که مناطق روستایی با مهاجرت و کاهش اشتغال مواجه‌اند، توسعه زنجیره ارزش بنه و بلوط می‌تواند عاملی برای بازگشت سرمایه انسانی به روستا باشد (Valipour et al., 2014).

از سوی دیگر، تحلیل داده‌ها نشان داد که جوامع محلی بدون دسترسی به تسهیلات مالی، آموزش مهارت‌های فنی و حمایت قانونی، قادر به استفاده پایدار از منابع گیاهی نیستند. این مسأله به‌وضوح در مناطقی که فاقد طرح‌های مشارکتی یا فاقد نهادهای محلی فعال بودند، مشهود بود. بنابراین، موفقیت الگوی زنجیره ارزش منوط به هم‌افزایی میان دانش بومی، سیاست‌گذاری دولتی و حمایت بازارمحور خواهد بود (Rahmati et al., 2023).

در مقایسه با مدل‌های بین‌المللی مانند جنگلداری اجتماعی در نپال یا توسعه آرگان در مراکش، منطقه زاگرس نیز پتانسیل آن را دارد که با تکیه بر ساختار تعاونی‌ها، مدل برندسازی محلی و شبکه‌سازی با شرکت‌های دارویی داخلی، سهم خود را در بازار جهانی گیاهان دارویی افزایش دهد (Liu & Innes, 2015). این امر نه‌تنها به حفظ گونه‌های در معرض تهدید کمک می‌کند، بلکه باعث تنوع‌بخشی به معیشت و کاهش فشار بر منابع جنگلی نیز خواهد شد.

در نهایت، پژوهش حاضر تأکید می‌کند که حفاظت از گونه‌های درختی زاگرس، صرفاً با رویکرد حفاظتی ممکن نیست، بلکه باید از طریق اقتصاد دانش‌بنیان، توسعه مشارکتی و حمایت هوشمندانه از بهره‌برداران محقق شود.

پیشنهادهای کلیدی

- ایجاد واحدهای کوچک فرآوری دارویی و صنعتی در روستاهای جنگلی
- برگزاری برنامه‌های آموزش فنی، دارویی و صنعتی برای بهره‌برداران
- ایجاد پیوند میان پژوهش‌های فیتوشیمیایی دانشگاهی و ظرفیت صنعتی تعاونی‌های محلی
- توسعه برند ملی «گیاهان دارویی زاگرس» با تمرکز بر بلوط و بنه برای ورود به بازارهای صادراتی

نتیجه‌گیری نهایی

درختان بلوط و بنه، تنها منابع طبیعی نیستند بلکه گنجینه‌هایی دارویی، اقتصادی و فرهنگی‌اند. تحقق زنجیره ارزش دارویی این گونه‌ها، مستلزم تلفیق دانش سنتی و فناوری صنعتی، توانمندسازی مردم محلی و حمایت ساختاری

دولت است. چنین رویکردی، نه‌تنها حفاظت پایدار از زاگرس را تضمین می‌کند، بلکه می‌تواند الگویی ملی برای پیوند میان محیط‌زیست و صنعت دارویی ایران باشد.

منابع

Chhetri, R. B., & Pandey, T. R. (1992). *User group forestry in the far-western region of Nepal (case studies from Baitadi and Achham)*.

Dashti, S., Amini, J., Ahmadi Sani, N., & Javanmard, A. (2022). Zoning areas prone to fire occurrences in the forest ecosystems of North Zagros. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 10(30), 105–126.

Gholami, M., Jafarzadeh, M., & Mohammadi, R. (2020). Therapeutic applications of Pistacia atlantica gum in Iranian traditional medicine: a review. *Journal of Herbal Medicine*, 22, 100342.

Liu, J., & Innes, J. (2015). Participatory forest management in China: key challenges and ways forward. *International Forestry Review*, 17(4), 477–484.

Mahdavi, A. (2015). The economic, social, and ecological impacts of wild pistachio extraction cooperatives in Zagros forests, Ilam province. *Forests, Trees and Livelihoods*, 24(4), 275–284.

Mollashahi, M., Hajimehdipoor, H., & Zakeri-Milani, P. (2021). Pharmacological and phytochemical review of Quercus brantii. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 24(10), 1307–1314.

Montanari, B., Handaine, M., & Id Bourrous, J. (2023). Argan oil trade and access to benefit sharing. *Human Ecology*, 51(5), 995–1007.

Moradi, S., Ahmadi Sani, N., & Pato, M. (2024). Can non-timber forest products contribute to the sustainable livelihoods of rural communities? *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 22(1), 1–13.

Noroozi, J., Talebi, A., Doostmohammadi, M., & Bagheri, A. (2020). The Zagros mountain range. In *Plant Biogeography and Vegetation of High Mountains of Central and South-West Asia* (pp. 185–214).

Pourreza, M., Shaw, J. D., & Zangeneh, H. (2008). Sustainability of wild pistachio in Zagros forests, Iran. *Forest Ecology and Management*, 255(11), 3667–3671.

Shiravand, H., & Hosseini, S. A. (2020). A new evaluation of the influence of climate change on Zagros oak forest dieback. *Theoretical and Applied Climatology*, 141, 685–697.

Zarei, M., Daei, S., & Salimi, M. (2021). Phytochemical and pharmacological properties of Iranian wild oak (Quercus brantii): A review. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 11(6), 509–520.

Bayati, S., Ghanbari, S., & Momeni, M. (2023). Antioxidant and antimicrobial properties of Pistacia atlantica extracts. *Journal of Medicinal Plants Research*, 17(2), 45–52.

Ghorbanpour, M., Bahrami, A., & Ghasemi, S. (2021). Phytochemical and pharmacological properties of Quercus brantii Lindl.: A review. *Iranian Journal of Pharmacognosy*, 8(1), 12–28.

Tavakoli, H., Rezaei, S., & Amiri, S. (2022). Ethnopharmacological applications of oak tree (Quercus brantii) in Iranian traditional medicine. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 12(4), 335–344.

Feasibility Study of Developing the Medicinal Value Chain of Wild Pistachio and Oak Trees in Zagros: An Approach for Conservation and Empowerment of Local Communities

Karamat Haji Hasani Dareh Shouri*
1. Cultural Education (Educational Sciences, Faculty of Humanities, Shahrekord, Iran)
*Corresponding Author: Karamat.hajihasani@gmail.com

Abstract

The wild pistachio (*Pistacia atlantica*) and Persian oak (*Quercus brantii*), as keystone species of the Zagros forests, play a critical ecological role in preserving biodiversity, stabilizing soil, and combating desertification. In addition, they possess valuable medicinal properties recognized both in Iranian traditional medicine and modern pharmaceutical industries. Compounds such as terpenoids, flavonoids, tannins, and fatty acids found in these species offer therapeutic potential for treating gastrointestinal disorders, chronic inflammation, skin infections, and metabolic syndromes. This study aims to assess the feasibility of developing a medicinal value chain for these two species through a localized, participatory, and sustainable approach in the Zagros region. The research employs a descriptive–analytical method, drawing upon field data, scientific literature, and stakeholder interviews. Findings indicate that through responsible harvesting, local processing, branding, and institutional support, it is possible to establish an economic–medicinal value chain that not only aids in the conservation of species and restoration of Zagros forests, but also fosters employment, reduces migration, and enhances the economic resilience of local communities. Ultimately, the paper emphasizes the need for integrated policymaking, investment in processing infrastructure, and training of local facilitators as key enablers of this value chain.

Keywords: *Pistacia atlantica*, *Quercus brantii*, value chain, medicinal plants, Zagros

تأثیر اسید آسکوربیک بر متابولیت‌های ثانویه روتین و کوئرستین گیاهچه‌های همیشه بهار

فاطمه محمودی[۱]، بهروز اسماعیل‌پور[۲*]

۱- پژوهشگر مدعو رشته‌ی علوم و تکنولوژی بذر، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استاد، گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

*نویسنده مسئول: bsmaielpoor2008@gmail.com

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر اسید آسکوربیک بر متابولیت‌های ثانویه روتین و کوئرستین گیاهچه‌های همیشه بهار، آزمایشی به‌صورت طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۴ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل اسید آسکوربیک در سه سطح (صفر (آب مقطر)، ۵۰ و ۷۵ پی‌پی‌ام) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فنل کل و فلاونوئید بطور معنی‌داری تحت تأثیر اسید آسکوربیک قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اسید آسکوربیک ۷۵ پی‌پی‌ام میزان متابولیت‌های ثانویه روتین و کوئرستین را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. در مجموع، می‌توان با کاربرد اسید آسکوربیک، متابولیت‌های ثانویه روتین و کوئرستین گیاهچه‌های همیشه بهار را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: همیشه بهار، متابولیت ثانویه

مقدمه

همیشه بهار با نام علمی (*Calendula officinalis* L.) گیاهی یک‌ساله و علفی است که منشا آن را غرب آسیا و مدیترانه می‌دانند. عصاره آبی این گیاه دارای ویژگی ضدسرطانی است و در درمان ایدز نیز کاربرد دارد (Soleimanizadeh et al., 2025). همیشه بهار، گیاهی با گل‌های نارنجی و زرد، به دلیل خواص دارویی فراوان در طب سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه دارای خواص ضد التهابی قوی است و می‌تواند در درمان بیماری‌های التهابی مانند اگزما، درماتیت و زخم‌های پوستی مؤثر باشد. همچنین، همیشه بهار به دلیل داشتن خواص ضد میکروبی، می‌تواند در مقابله با باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها مفید باشد و به تسریع فرآیند التیام زخم‌ها، بریدگی‌ها، سوختگی‌ها و نیش حشرات کمک کند. علاوه بر این، این گیاه خاصیت مرطوب کنندگی دارد و می‌تواند در درمان خشکی پوست و ترک‌های پوستی مؤثر باشد. همیشه بهار با داشتن خواص ضد اسپاسم، در تسکین دردهای عضلانی و گرفتگی‌های قاعدگی نقش دارد و به تقویت سیستم ایمنی بدن کمک می‌کند. می‌توان از عصاره، روغن یا کرم همیشه بهار به صورت موضعی برای درمان مشکلات پوستی استفاده کرد یا از دمنوش یا چای آن برای تقویت سیستم ایمنی و تسکین دردهای عضلانی بهره برد (Li et al., 2011).

اسید آسکوربیک بعنوان ویتامین محلول در آب، یکی از آنتی‌اکسیدان مهم در گیاهان است که در بخش‌های مختلف گیاه تجمع می‌یابد و غلظت آن در برگ بیشتر است. اسید آسکوربیک در برابر رادیکال‌های آزاد و اکسیژن

فعال، همراه با آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند گلوتاتیون و آلفاتوکوفرول با عنوان چرخه آسکوربات گلوتاتیون عمل کرده تصویه و حذف این رادیکال‌های آزاد را برعهده دارد (Parsajoo and Dashti, 2023).

به‌دلیل دارا بودن متابولیت‌های دارویی مهم (از جمله calenduloside، Quercetin و غیره) گل همیشه بهار منبع عالی داروهای جدید محسوب می‌شود. هدف از این بررسی تأثیر اسید آسکوربیک بر متابولیت‌های ثانویه روتین و کوئرستین گیاهچه‌های همیشه بهار انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۴۰۴ به منظور بررسی تأثیر اسید آسکوربیک بر متابولیت‌های ثانویه روتین و کوئرستین گیاهچه‌های همیشه بهار به‌صورت طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی در ۳تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی در سال ۱۴۰۳ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل اسید آسکوربیک در سه سطح (صفر (آب مقطر)، ۵۰ و ۷۵ پی‌پی‌ام) بود. بذر گیاه همیشه بهار از شرکت پاکان بذر در اصفهان تهیه شد. برای اعمال پیش‌تیمار با اسید آسکوربیک بذور ضدعفونی شده با قارچ‌کش بنومیل به مدت ۲۴ ساعت در داخل محلول نهیه شده با غلظت ۵۰ و ۷۵ پی‌پی‌ام اسید آسکوربیک قرار گرفتند. جهت انجام آزمون جوانه‌زنی، ابتدا سه تکرار ۱۵ بذری به طور تصادفی از هر نمونه جدا گردید و در داخل پتریدیش، روی کاغذ صافی به روش روی کاغذ[1] کشت شد.، روی پتری‌دیش‌های حاوی دو لایه کاغذ صافی انتقال یافت. سپس نمونه‌ها به ژرمیناتوری با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد.

سنجش میزان روتین و کوئرستین توسط دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا انجام شد و عصاره متانولی با استفاده از روش Samee و Vorarat (۲۰۰۷) تهیه گردید.

بعد از جمع‌آوری داده‌ها، نرمال بودن آنها با استفاده از برنامه SPSS با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف مشخص شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه دانکن[2] در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که روتین و کوئرستین بطور معنی‌داری تحت تأثیر اسید آسکوربیک قرار گرفتند (جدول ۱).

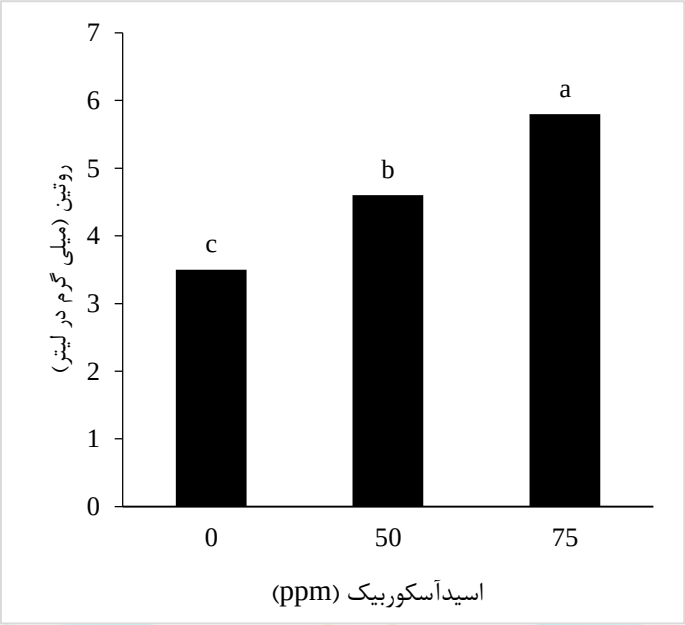
جدول ۱. تجزیه واریانس اثر اسید آسکوربیک بر متابولیت‌های ثانویه در همیشه بهار

منابع تغییر	درجه آزادی	روتین	کوئرستین
اسید آسکوربیک	۲	۱۱/۱۲**	۰/۱۶**
خطا	۸	۱/۳۵	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات	-	۱/۲۵	۵/۱۱

ns غیر معنی‌دار ** احتمال معنی‌داری در سطح ۱٪

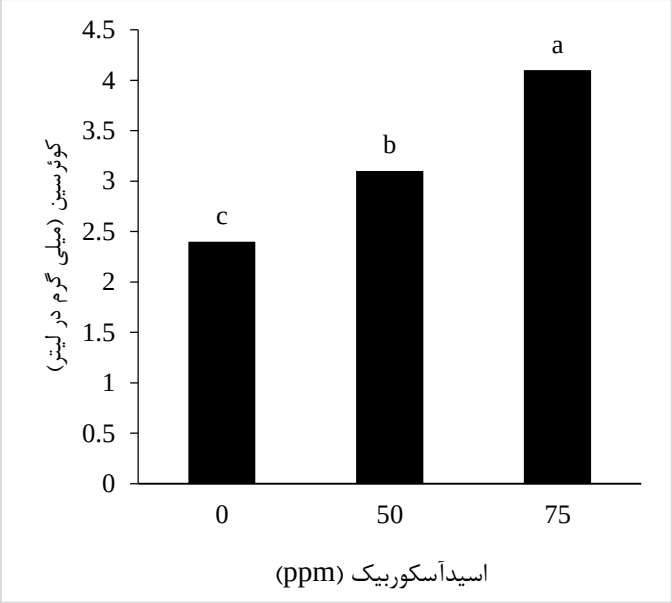
1. Tap paper (TP)
2. Duncan's multiple range test

روتین: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تنش میزان روتین افزایش یافت بطوری که بیشترین میزان روتین در اثر کاربرد اسیدآسکوربیک ۷۵ پی‌پی‌ام به دست آمد. همچنین کمترین میزان روتین در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۱). افزایش میزان روتین و کوئرستین می‌تواند به این دلیل باشد که آنها با اتصال مستقیم به اجزای سلولی وآنیون‌ها و کاتیونها از واکنش‌های اکسیداتیو جل.لگیری کرده و منجر به افزایش فنل و فلاونوئیدها می‌شود (Soleimanizadeh et al., 2025).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر اسید آسکوربیک بر میزان روتین گیاهچه‌های همیشه بهار

کوئرستین: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت اسید آسکوربیک میزان کوئرستین افزایش یافت. بطوری که بیشترین میزان کوئرستین در اثر کاربرد اسیدآسکوربیک ۷۵ پی‌پی‌ام به دست آمد. همچنین کمترین میزان کوئرستین در شرایط عدم کاربرد اسیدآسکوربیک در تیمار شاهد مشاهده شد که مطابق با نتایج سلیمان‌زاده و همکاران (۲۰۲۵) در رازیانه بود (شکل ۲).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر اسید آسکوربیک بر میزان کوئرستین گیاهچه‌های همیشه بهار

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع، می‌توان با کاربرد ۷۵ پی‌پی‌ام اسید آسکوربیک، روتین و کوئرستین بذور همیشه بهار را بهبود بخشید.

منابع

Li, K.R., and C.H. Feng. (2011). Effects of brassinolide on drought resistance of Xanthoceras sorbifolia seedlings under water stress. *Acta Physiological Plantarum*. 33: 1293–1300

Parsajoo, S. and Dashti, F. (2023). The Effect of Ascorbic Acid on Growth and Some Biochemical Properties of Bell Pepper (*Capsicum annuum*) Seedling under Salinity Stress. *Journal Of Horticultural Science*, *37*(2), 497-508. doi: 10.22067/jhs.2022.77340.1182

Samee, W. and Vorarat, S. (2007). Simultaneous Determination of Gallic acid, Catechin, Rutin, Ellagic Acid and Quercetin in Flower Extracts of Michelia alba, Caesalpinia pulcherrima and Nelumbo nucifera by HPLC. *Thai Pharmaceutical and Health Science Journal*, 2(2): 131-137.

Soleimanizadeh, M. , Yavari, A. and Mahmoodi, Y. (2025). Evaluation of some secondary metabolites, morphophysiological and biochemical characteristics of Calendula officinalis L. under the influence of chitosan elicitor in in vitro culture. *Agricultural Biotechnology Journal*, *17*(2), 1-30. doi: 10.22103/jab.2025.24064.1618

The effect of ascorbic acid on the secondary metabolites rutin and quercetin of marigold seedlings

Fatemeh Mahmoudi[1], Behrouz Esmaielpour[*2]
1. Visiting Researcher, Seed Science and Technology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. Professor, Department of Horticultural Sciences Engineering, Faculty of Agricultural Sciences and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
**Corresponding author: bsmaielpoor2008@gmail.com*

Abstract

In order to investigate the effect of ascorbic acid on the secondary metabolites rutin and quercetin of marigold seedlings, an experiment was conducted in a completely randomized basic design with 3 replications at the University of Mohaghegh Ardabili in 2025. The experimental treatments included ascorbic acid at three levels (zero (distilled water), 50 and 75 ppm). The results of the analysis of variance of the data showed that total phenols and flavonoids were significantly affected by ascorbic acid. The results showed that 75 ppm ascorbic acid increased the amount of secondary metabolites rutin and quercetin compared to the control treatment. In general, the application of ascorbic acid can increase the secondary metabolites rutin and quercetin of marigold seedlings.

Keywords: Marigold, Secondary metabolite

سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

تأثیر اسید آسکوربیک بر آنتوسیانین و کاروتنوئید گیاهچه‌های همیشه بهار

فاطمه محمودی[۱] - بهروز اسماعیل‌پور[۲*]

۱- پژوهشگر مدعو رشته علوم و تکنولوژی بذر، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استاد گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

[*]نویسنده مسئول: bsmaielpoor2008@gmail.com

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر اسید آسکوربیک بر آنتوسیانین و کاروتنوئید گیاهچه‌های همیشه بهار، آزمایشی به‌صورت طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۴ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل اسید آسکوربیک در سه سطح (صفر (آب مقطر)، ۵۰ و ۷۵ پی‌پی‌ام) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که آنتوسیانین و کاروتنوئید به طور معنی‌داری تحت تأثیر اسید آسکوربیک قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اسید آسکوربیک ۷۵ پی‌پی‌ام میزان آنتوسیانین و کاروتنوئید را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. در مجموع، می‌توان با کاربرد اسید آسکوربیک، آنتوسیانین و کاروتنوئید گیاهچه‌های همیشه بهار را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، کاروتنوئید، همیشه بهار.

مقدمه

همیشه بهار با نام علمی (*Calendula officinalis* L.) گیاهی یکساله و علفی است که منشأ آن را غرب آسیا و مدیترانه می‌دانند. عصاره آبی این گیاه دارای ویژگی ضد سرطانی است و در درمان ایدز نیز کاربرد دارد (Soleimanizadeh *et al.*, 2025). همیشه بهار، گیاهی با گل‌های نارنجی و زرد، به دلیل خواص دارویی فراوان در طب سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه دارای خواص ضد التهابی قوی است و می‌تواند در درمان بیماری‌های التهابی مانند اگزما، درماتیت و زخم‌های پوستی مؤثر باشد. همچنین، همیشه بهار به دلیل داشتن خواص ضد میکروبی، می‌تواند در مقابله با باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها مفید باشد و به تسریع فرایند التیام زخم‌ها، بریدگی‌ها، سوختگی‌ها و نیش حشرات کمک کند. علاوه بر این، این گیاه خاصیت مرطوب کنندگی دارد و می‌تواند در درمان خشکی پوست و ترک‌های پوستی مؤثر باشد. همیشه بهار با داشتن خواص ضد اسپاسم، در تسکین دردهای عضلانی و گرفتگی‌های قاعدگی نقش دارد و به تقویت سیستم ایمنی بدن کمک می‌کند. می‌توان از عصاره، روغن یا کرم همیشه بهار به صورت موضعی برای درمان مشکلات پوستی استفاده کرد یا از دمنوش یا چای آن برای تقویت سیستم ایمنی و تسکین دردهای عضلانی بهره برد (Li *et al.*, 2011).

اسید آسکوربیک به عنوان ویتامین محلول در آب، یکی از آنتی‌اکسیدان مهم در گیاهان است که در بخش‌های مختلف گیاه تجمع می‌یابد و غلظت آن در برگ بیشتر است. اسید آسکوربیک در برابر رادیکال‌های آزاد و اکسیژن فعال، همراه با آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند گلوتاتیون و آلفاتوکوفرول با عنوان چرخه آسکوربات گلوتاتیون عمل کرده تصویه و حذف این رادیکال‌های آزاد را برعهده دارد (Parsajoo and Dashti, 2023).

به‌دلیل دارا بودن متابولیت‌های دارویی مهم (از جمله calenduloside، Quercetin و غیره) گل همیشه بهار منبع عالی داروهای جدید محسوب می‌شود. هدف از این بررسی تأثیر اسید آسکوربیک بر آنتوسیانین و کاروتنوئید گیاهچه‌های همیشه بهار انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۴۰۴ به منظور بررسی تأثیر اسید آسکوربیک بر متابولیت‌های ثانویه روتین و کوئرستین گیاهچه‌های همیشه بهار به‌صورت طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی در سال ۱۴۰۳ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل اسید آسکوربیک در سه سطح (صفر (آب مقطر)، ۵۰ و ۷۵ پی‌پی‌ام) بود. بذر گیاه همیشه بهار از شرکت پاکان بذر در اصفهان تهیه شد. برای اعمال پیش‌تیمار با اسید آسکوربیک بذور ضدعفونی شده با قارچکش بنومیل به مدت ۲۴ ساعت در داخل محلول تهیه شده با غلظت ۵۰ و ۷۵ پی‌پی‌ام اسید آسکوربیک قرار گرفتند. جهت انجام آزمون جوانه‌زنی، ابتدا سه تکرار ۱۵ بذری به طور تصادفی از هر نمونه جدا گردید و در داخل پتری‌دیش، روی کاغذ صافی به روش روی کاغذ[1] کشت شد، روی پتری‌دیش‌های حاوی دو لایه کاغذ صافی انتقال یافت. سپس نمونه‌ها به ژرمیناتوری با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد.

سنجش میزان کاروتنوئید توسط روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) انجام شد. آنتوسیانین با استفاده از روش Wagner (۱۹۷۹) انجام شد.

بعد از جمع‌آوری داده‌ها، نرمال بودن آن‌ها با استفاده از برنامه SPSS با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف مشخص شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه دانکن[2] در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که آنتوسیانین و کاروتنوئید به طور معنی‌داری تحت تأثیر اسید آسکوربیک قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر اسید آسکوربیک بر آنتوسیانین و کاروتنوئید در همیشه بهار

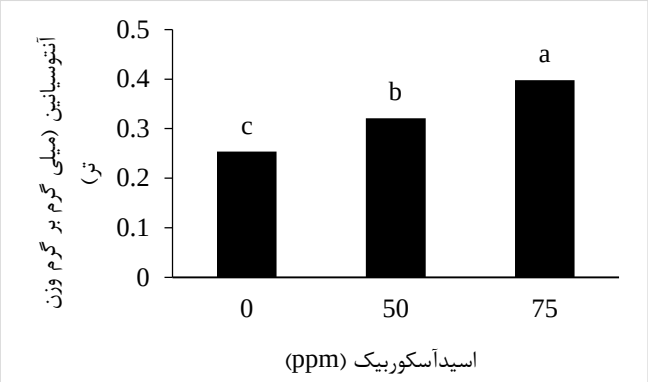
منابع تغییر	درجه آزادی	روتین	کوئرستین
اسید آسکوربیک	۲	۱۰/۲۰**	۰/۰۰۴۵**
خطا	۸	۲/۴۵	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات	-	۲/۳	۶/۵۸

ns غیر معنی‌دار ** احتمال معنی‌داری در سطح ۱٪

آنتوسیانین: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اسید آسکوربیک میزان آنتوسیانین را افزایش یافت، به طوری که بیشترین میزان آنتوسیانین در اثر کاربرد اسید آسکوربیک ۷۵ پی‌پی‌ام به دست آمد. همچنین کمترین

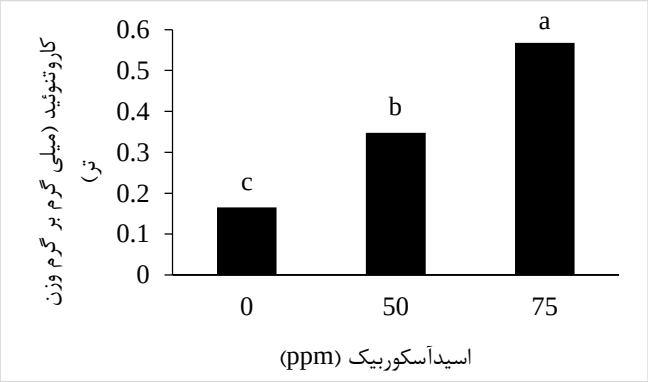
1. Tap paper (TP)
2. Duncan's multiple range test

میزان آنتوسیانین در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۱). محققان گزارش کرده‌اند که اسید آسکوربیک باعث افزایش آنتوسیانین می‌شود (Hir *et al.*, 2022).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر اسید آسکوربیک بر میزان آنتوسیانین گیاهچه‌های همیشه بهار (حروف مشابه احتلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

کاروتنوئید: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت اسید آسکوربیک میزان کاروتنوئید افزایش یافت. به طوری که بیشترین میزان کاروتنوئید در اثر کاربرد اسید آسکوربیک ۷۵ پی‌پی‌ام به دست آمد. همچنین کمترین میزان کاروتنوئید در شرایط عدم کاربرد اسید آسکوربیک در تیمار شاهد مشاهده شد که مطابق با نتایج سلیمان‌زاده و همکاران (۲۰۲۵) در رازیانه بود (شکل ۲).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر اسید آسکوربیک بر میزان کاروتنوئید گیاهچه‌های همیشه بهار (حروف مشابه احتلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

نتیجه‌گیری کلی

آنتوسیانین‌ها مهمترین ترکیبات رنگی در بین فالونوئیدها بوده و با توجه به فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا و اثرات مفید بر حفظ سلامتی انسان، جایگزین‌های مناسبی برای رنگ‌های شیمیایی مضرمی‌باشند. در مجموع، می‌توان با کاربرد ۷۵ پی‌پی‌ام اسید آسکوربیک، آنتوسیانین و کاروتنوئید بذور همیشه بهار را بهبود بخشید.

منابع

Li, K.R., and C.H. Feng. (2011). Effects of brassinolide on drought resistance of Xanthoceras sorbifolia seedlings under water stress. *Acta Physiological Plantarum*. 33: 1293–1300

Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes (Methods in enzymology Vol. 148, pp. 350-382). Elsevier. https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1

Parsajoo, S. and Dashti, F. (2023). The Effect of Ascorbic Acid on Growth and Some Biochemical Properties of Bell Pepper (*Capsicum annuum*) Seedling under Salinity Stress. *Journal Of Horticultural Science*, *37*(2), 497-508. doi: 10.22067/jhs.2022.77340.1182

Pourbeyrami Hir, Y., Adham, R., Chamani, E., Maleki Lajayer, H., & Hasanzadeh, M .(2022). Effect of chitosan on morpho-physiological traits and regeneration of Iris pseudacorus plantlets under in vitro conditions. Journal of Plant Physiology and Breeding, 12(2), 71-83. https://doi.org/10.22034/jppb.2022.16255

Samee, W. and Vorarat, S .(2007). Simultaneous Determination of Gallic acid, Catechin, Rutin, Ellagic Acid and Quercetin in Flower Extracts of Michelia alba, Caesalpinia pulcherrima and Nelumbo nucifera by HPLC. *Thai Pharmaceutical and Health Science Journal*, 2(2): 131-137.

Soleimanizadeh, M., Yavari, A. and Mahmoodi, Y. (2025). Evaluation of some secondary metabolites, morphophysiological and biochemical characteristics of Calendula officinalis L. under the influence of chitosan elicitor in in vitro culture. *Agricultural Biotechnology Journal*, *17*(2), 1-30. doi: 10.22103/jab.2025.24064.1618

Wagner, G. J. (1979). Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. Plant physiology, 64(1), 88-93. https://doi.org/10.1104/pp.64.1.88

Effect of ascorbic acid on anthocyanin and carotenoid of marigold seedlings

Fatemeh Mahmoudi[1], Behrouz Esmaielpour[*2]
1. Visiting Researcher, Seed Science and Technology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. Professor, Department of Horticultural Sciences Engineering, Faculty of Agricultural Sciences and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
Corresponding author: bsmaielpoor2008@gmail.com

Abstract

In order to investigate the effect of ascorbic acid on anthocyanin and carotenoid of marigold seedlings, an experiment was conducted in a completely randomized basic design with 3 replications at the University of Mohaghegh Ardabili in 1404. The experimental treatments included ascorbic acid at three levels (zero (distilled water), 50 and 75 ppm). The results of the analysis of variance of the data showed that anthocyanin and carotenoid were significantly affected by ascorbic acid. The results showed that 75 ppm ascorbic acid increased the amount of anthocyanin and carotenoid compared to the control treatment. In general, the use of ascorbic acid can increase the anthocyanin and carotenoid content of marigold seedlings.

Keywords: Anthocyanin, Carotenoid, Marigold

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

تاثیر تنش کادمیوم بر رشد و برخی پارامترهای فیزیولوژیک گیاه نعناع فلفلی در شرایط کاربرد نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم

زهرا کاظمی[۱]، حمید محمدی[*۱]، سعید حضرتی[۱]
۱- گروه زراعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
[*]نویسنده مسئول: hmohammadi@azaruniv.ac.ir

چکیده

کادمیوم (Cd) به عنوان عنصر کمیاب سمی برای گیاهان و انسان در نظر گرفته شده است، در حالی که اطلاعات بسیار کمی در مورد کاربرد نانوذرات دی اکسید تیتانیوم (TiO_2) در کاهش تنش Cd در گیاهان بویژه در گیاه دارویی نعناع فلفلی موجود است. هدف از این آزمایش بررسی چگونگی تأثیر محلول‌پاشی نانوذرات TiO_2 بر رشد، جذب کادمیوم و فلورسانس کلروفیل در نعناع فلفلی است. بوته‌های نعناع فلفلی در خاک آلوده به کادمیوم رشد کردند و غلظت‌های مختلف نانوذرات TiO_2 بعد از استقرار کامل گیاهچه تا زمان ابتدای گلدهی سه بار محلول‌پاشی شدند. نتایج نشان داد که نانوذرات دی اکسید تیتانیوم به طور قابل توجهی باعث افزایش وزن خشک بخش هوایی شد در حالی که غلظت Cd را در بافت‌ها کاهش داد. کاربرد نانوذرات دی اکسید تیتانیوم، نسبت Fv/Fm را افزایش داد. نتایج نشان داد که استفاده از محلول‌پاشی نانوذرات در بهبود رشد، پارامترهای فلورسانس کلروفیل و کاهش تجمع کادمیوم در نعناع فلفلی موثر است.

واژه‌های کلیدی: تنش فلزات سنگین، دی‌اکسید تیتانیوم، فلورسانس کلروفیل.

مقدمه

آلودگی خاک‌ها با برخی از فلزات، به خصوص در خاک‌های زراعی، به سطوحی رسیده که می‌تواند از طریق جذب گیاه امنیت غذایی را تهدید کند. در مقایسه با فلزات دیگر، کادمیوم به دلیل سمیت بالای آن برای حیوانات و انسان‌ها از نگرانی‌های بزرگ است. کادمیوم خاک‌ها به سهولت در بخش‌های قابل تغذیه گیاهان جذب می‌شود که می‌تواند از طریق زنجیره‌های غذایی سلامت انسان را تهدید کند. کادمیوم عنصری است که به طور طبیعی یافت می‌شود و حضور آن در بیش از ۱۰۰۰ گونه گیاهی و جانوری آبی و خشکی شناسایی شده است. آلودگی بیوسفر با این فلز سمی، از آغاز انقلاب صنعتی به طور چشمگیری سرعت یافته است و تجمع کادمیوم در خاک و آب، در حال حاضر یک مشکل مهم محیطی و سلامت انسان به شمار می‌رود (Peris et al., 2007; Zhang et al., 2024). نیاز روزافزون به استفاده از گیاهان دارویی در سطح جهانی، اهمیت کشت و تولید این گیاهان را روشن‌تر می‌سازد. رویکرد به سمت گیاهانی که بومی ایران بوده و از گذشته‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفته است و امکان کشت در مناطق مختلف کشور در مزارع آبی و دیم را دارند حائزاهمیت می‌باشند، گیاه دارویی نعناع فلفلی با نام علمی *Mentha piperita* L. و با نام عمومی Peppermint یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی معطر و چند ساله از تیره نعناعیان (Lamiaceae) می‌باشد (OmidBeighi, 2008).

تغییر در فناوری‌های مربوط به صنعت کشاورزی، مهمترین عامل در ایجاد کشاورزی مدرن است. در این میان، فناوری نانو زمینه مناسبی را در تولید محصولات غذایی و کشاورزی فراهم آورده است. همچنین گسترش نانو ابزار و نانو مواد مختلف، کاربردهای جدیدی را در زیست‌فناوری گیاهی و کشاورزی ایجاد نموده است. مطالعات نشان می‌دهد که فناوری نانو نقش مهمی را در بهبود روش‌های مدیریت محصول ایفاء می‌کند. کاهش اثرات آسیب‌رسان تنش فلزات سنگین و یا مقاوم ساختن گیاهان به تنش می‌تواند نقش مهمی در فائق آمدن بر موانع تولید محصولات زراعی داشته باشد. نهمین عنصر فراوان و دومین فلز انتقالی در پوسته زمین، عنصر تیتانیوم است (در حدود ۶/۳۲ پی‌پی‌ام). مهمترین تاثیرات ترکیبات تیتانیوم بر روی گیاهان افزایش عملکرد محصولات مختلف (در حدود ۱۰ الی ۲۰ درصد)، بهبود برخی از محتویات عنصر اساسی در بافت‌های گیاهی، افزایش در فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و نیترات ریداکتاز بافت‌های گیاهی؛ افزایش محتوای کلروفیل در فلفل قرمز (*Capsicum anuum* L.) و جلبک سبز (*Chlorella pyrenodosa*) می‌باشد (Hruby et al., 2002). بنابراین، با توجه به اهمیت گیاه دارویی نعناع فلفلی در تامین سلامت جامعه و اثرات تنش فلز سنگین کادمیوم بر رشد و پارامترهای فیزیولوژیک این گیاه، آزمایشی طراحی شد که هدف از اجرای آن بررسی برخی پاسخ‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیکی نعناع فلفلی به شرایط تنش فلز کادمیوم بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم و تنش فلز کادمیوم بر رشد، پارامترهای فیزیولوژیک و خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه دارویی نعناع فلفلی، یک آزمایش گلخانه‌ای در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان (35° 84′ N, 51° 81′ E, 1468 m) به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد که در آن فاکتور اول غلظت‌های متفاوت فلز کادمیوم (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر) و فاکتور دوم غلظت‌های متفاوت نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم (بدون محلول‌پاشی (شاهد)، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. زمان اعمال تیمارها (اعمال غلظت‌های متفاوت فلز کادمیوم و محلول پاشی نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم) بعد از استقرار کامل گیاهچه تا زمان برداشت (ابتدای گلدهی) خواهد بود. در این آزمایش صفات وزن خشک بخش‌های هوایی، فلورسانس کلروفیل با دستگاه فلوریمتر، و محتوای کادمیوم اندازه‌گیری شد. پس از جدا نمودن بخش هوایی بوته‌ها از گلدان، به مدت ۴۸ ساعت در آون دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شده و با ترازویی با دقت یک هزارم گرم توزین خواهند شد و به عنوان وزن خشک بوته در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری میزان تجمع کادمیوم به نمونه‌های خشک خرد شده نیتریک اسید غلیظ اضافه شد و محلول را به مدت ۱۲ ساعت استراحت داده شد و در مرحله بعد ۳ تا ۴ ساعت در بن ماری در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد و در مرحله بعد به عصاره‌ها آب اکسیژنه اضافه شد تا محلول شفافی به دست آید و بعد از آن عصاره را از کاغذ صافی واتمن شماره دو گذارنده شد. در نهایت محلول‌ها را با آب مقطر به حجم مورد نظر رسانده شد. اندازه‌گیری غلظت عناصر در نمونه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله ۲۴۰(Varian) انجام گرفت. داده‌های حاصل از آزمایش با نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 و آزمون مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۰۷ شد.

نتایج و بحث

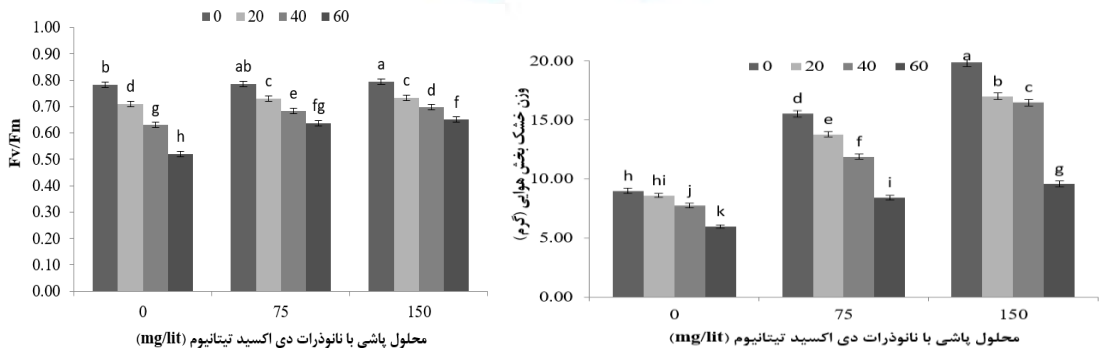
نتایج نشان داد وزن خشک بخش هوایی، محتوای کادمیوم ریشه و بخش هوایی و نسبت Fv/Fm تحت تاثیر اثر متقابل تنش فلز سنگین کادمیوم و محلول‌پاشی با نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت

(جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد تنش فلز سنگین کادمیوم در هر سه سطح بویژه ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر منجر به کاهش ۳۳/۶۶ درصدی وزن خشک بخش هوایی گردید و محلول‌پاشی با نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در هر دو سطح بویژه ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث افزایش وزن خشک بخش هوایی (۳۷/۸۶ درصد) در سطح ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر تنش کادمیوم و همچنین سطوح مختلف تنش کادمیوم گردید (شکل ۱). گزارش شده است که حضور فلز سنگین در محیط خارجی به تغییراتی در الگوی رشد و نمو گیاه منجر می‌شود. رشد کم، یک حالت سازگارکننده برای زنده ماندن گیاه در شرایط تنش است، به این دلیل که گیاه، مواد غذایی و انرژی را به جای استفاده برای رشد شاخساره، به سمت مولکول‌های نگهداری کننده در برابر تنش، هدایت می‌کند. مهار رشد ریشه توسط فلزات سنگین می‌تواند به‌علت سمیت آن در تقسیم سلولی و همچنین به علت تثبیت فلز در بافت‌های گیاهی و ایجاد اختلال در روابط اسموتیک گیاه با محدودیت در انتقال کلسیم از طریق غشای پلاسمایی باشد. رشد بخش هوایی بر اثر سمیت فلز سنگین کاهش می‌یابد. عامل اصلی در کاهش رشد بخش هوایی، کاهش رشد ریشه‌ها و در نتیجه کاهش جذب مواد غذایی و آب و انتقال آن‌ها به بخش هوایی می‌باشد. به علاوه انتقال مستقیم فلز به بخش هوایی نیز می‌تواند به طور مستقیم بر متابولیسم سلولی وکاهش رشد بخش هوایی مؤثر باشد. مطالعات نشان داده که تنش کادمیوم از طریق آسیب به غشای تیلاکوئیدی منجر به کاهش شدید فتوسنتز و در نتیجه کاهش رشد و تقسیم سلولی می‌شود (Vassilev and Yordanov 1997).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس برخی صفات مورد مطالعه تحت تاثیر محلول‌پاشی با نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در گیاه نعناع فلفلی تحت تنش فلز سنگین کادمیوم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن خشک بخش هوایی	Fv/Fm	محتوای کادمیوم ریشه	محتوای کادمیوم بخش هوایی
بلوک	۲	۱/۰۳ *	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۱۹ ns	۰/۰۰۱ **
تنش کادمیوم (a)	۳	۷۵/۴۶ **	۰/۰۵۶ **	۲۷/۰۷۹ **	۰/۰۱۸ **
محلول‌پاشی با نانوذرات TiO_2 (b)	۲	۱۸۹/۳۲ **	۰/۰۱۱ **	۴/۹۲۵ **	۱۷/۸۷۸ **
اثر متقابل a*b	۶	۷/۳۶ **	۰/۰۰۲ **	۱/۳۰۲ **	۲/۲۶۷ **
اشتباه	۲۲	۰/۰۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۲	۰/۵۱۹

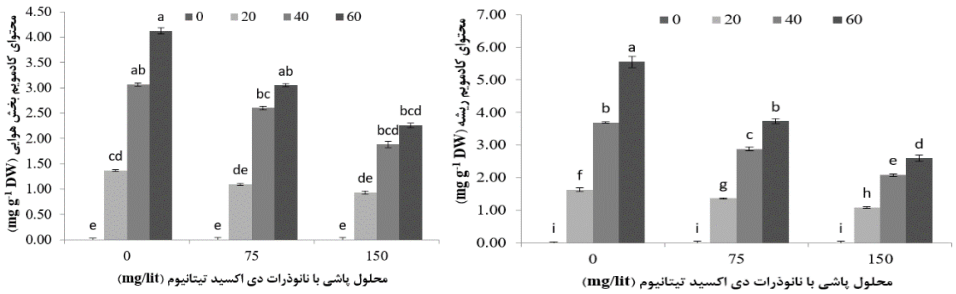
ns عدم اختلاف معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و یک درصد.



شکل ۱. تاثیر تنش کادمیوم و محلول‌پاشی با نانوذرات TiO_2 بر وزن خشک بخش هوایی و پارامتر Fv/Fm.

تنش کادمیوم و محلول پاشی نانوذرات TiO_2 به طور همزمان تاثیر مثبتی بر نسبت Fv/Fm داشتند (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که نسبت Fv/Fm با افزایش سطوح کادمیوم تا ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر به شدت کاهش یافت اما محلول پاشی با نانوذرات TiO_2 به ویژه در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث افزایش این نسبت گردید (شکل ۱). کاهش فتوسنتز در شرایط تنش کادمیوم و به تبع آن کاهش رشد در مطالعات مشاهده شده است (Rizwan et al., 2019) و استفاده از نانوذرات TiO2 در گیاه سویا در شرایط تنش کادمیوم باعث بهبود فتوسنتز شده است (Singh and Lee, 2016). در مطالعه Tripathi et al. 2015 نیز مشخص شد که نانوذرات باعث بهبود پارامترهای فلورسانس کلروفیل تحت تنش فلز سنگین می‌شود.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش سطح کادمیوم میزان جذب کادمیوم ریشه و بخش هوایی افزایش یافت اما کاربرد نانوذرات TiO_2 باعث کاهش محتوای کادمیوم ریشه به ویژه بخش هوایی شد (شکل ۲). مطالعات نشان می‌دهد که کادمیوم یک عنصر غیر ضروری و سمی برای گیاهان است و تجمع کادمیوم در اجزاء گیاهان به شدت ریشه را از طریق تاثیر بر فتوسنتز و سایر فرایندهای شیمیایی بازداری می‌کند (Rizwan et al., 2017). تجمع کادمیوم توسط گیاهان عالی می‌تواند از طریق جذب شاخ و برگ و یا ریشه اتفاق افتد. با این وجود، نقطه‌ی اولیه‌ی ورود کادمیوم به گیاهان از طریق ریشه‌هاست. جذب کادمیوم توسط گیاهان رشد یافته در خاک‌های آلوده، به ویژه در خاک‌های تغییر یافته با لجن و در خاک‌های تیمار شده با کودهای فسفاته غنی از کادمیوم به طور گسترده‌ای مطالعه شده است. به طور کلی، فلزات باید به شکل قابل دسترس باشند تا توسط گیاهان جذب گردند. یا گیاهان باید سازوکارهایی برای قابل دسترس کردن فلزات داشته باشند. مقدار کادمیومی که گیاهان عالی قادر به جذب هستند به غلظت آن در خاک و قابلیت دسترسی زیستی آن بستگی دارد. قابلیت دسترسی زیستی کادمیوم در خاک‌ها به وسیله‌ی حضور ماده‌ی آلی، pH، پتانسیل ردوکس، دما، شدت نور، ظرفیت تبادل کاتیونی و غلظت‌های سایر عناصر کنترل می‌شود. به ویژه به نظر می‌رسد که یون‌های کادمیوم با سایر مواد غذایی میکرو و ماکرو مانند کلسیم و روی، از نظر حامل‌های تراغشایی مشابه رقابت می‌کنند که ممکن است به کمبودهای غذایی گیاه منجر گردد. همانند سایر فلزات، جذب کادمیوم در pHهای پایین، به دلیل رقابت با یون‌های H^+ در محل‌های جذب ریشه تمایل به کاهش دارد؛ با این وجود قابلیت دسترسی زیستی کادمیوم با کاهش pH خاک افزایش می‌یابد. حضور کلوئیدهایی که آزاد شدن فلزات در pH پایین از آن‌ها صورت می‌گیرد، غلظت فلز را در منافذ آبی و در نتیجه در ریشه‌ها افزایش می‌دهد. برای مثال، باران اسیدی و در نتیجه اسیدی شدن خاک‌ها و آب‌های سطحی برای افزایش تحرک ژئوشیمیایی کادمیوم شناخته می‌شوند. همچنین به نظر می‌رسد که جذب کادمیوم در حضور ماده‌ی آلی حل شده کاهش می‌یابد (Tripathi et al., 2016)، زیرا لیگاندهای ماده‌ی آلی به طور موثری به یون‌های کادمیوم متصل می‌شوند. همچنین انتظار می‌رود سطوح کلر قابلیت دسترسی زیستی کادمیوم را تحت تأثیر قرار دهد به طوری که سدیم کلرید خاک یک اثر آنتاگونیستی بر سمیت فلز دارد.



شکل ۲. تاثیر تنش کادمیوم و محلول‌پاشی با نانوذرات TiO_2 بر کادمیوم ریشه و بخش هوایی

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تنش کادمیوم باعث کاهش وزن خشک بخش هوایی و پارامتر فلورسانس کلروفیل (Fv/Fm) گیاه دارویی نعناع فلفلی شد. تنش کادمیوم باعث افزایش تجمع و جذب کادمیوم در ریشه و بخش هوایی شد که این مورد در ریشه‌ها بیشتر مشهود بود. از طرف دیگر، محلول‌پاشی با نانوذرات TiO_2 تحت شرایط تنش کادمیوم توانست باعث بهبود رشد و پارامتر فلورسانس کلروفیل (Fv/Fm) شود. در کل، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد نانوذرات TiO_2 می‌تواند یک استراتژی پایدار در بهبود رشد کمی گیاه دارویی نعناع فلفلی تحت تنش کادمیوم از طریق تثبیت فلز سنگین کادمیوم باشد.

منابع

Hrubý, M., Cígler, P., & Kuzel, S. (2002). Contribution to understanding the mechanism of titanium action in plant. *Journal of plant nutrition*, *25*(3), 577-598.

Omidbeighi, R. (2008). Production and processing medicinal plants (Vol. 3). Astane Ghodse Rezavi Press, 397p.

Peris, M., Micó, C., Recatalá, L., Sánchez, R., & Sánchez, J. (2007). Heavy metal contents in horticultural crops of a representative area of the European Mediterranean region. *Science of the Total Environment*, *378*(1-2), 42-48.

Rizwan, M., Ali, S., Ali, B., Adrees, M., Arshad, M., Hussain, A., ... & Waris, A. A. (2019). Zinc and iron oxide nanoparticles improved the plant growth and reduced the oxidative stress and cadmium concentration in wheat. *Chemosphere*, *214*, 269-277.

Rizwan, M., Ali, S., Qayyum, M. F., Ok, Y. S., Adrees, M., Ibrahim, M., ... & Abbas, F. (2017). Effect of metal and metal oxide nanoparticles on growth and physiology of globally important food crops: A critical review. *Journal of hazardous materials*, *322*, 2-16.

Singh, J., & Lee, B. K. (2016). Influence of nano-TiO2 particles on the bioaccumulation of Cd in soybean plants (Glycine max): A possible mechanism for the removal of Cd from the contaminated soil. *Journal of environmental management*, *170*, 88-96.

Tripathi, D. K., Singh, S., Singh, V. P., Prasad, S. M., Chauhan, D. K., & Dubey, N. K. (2016). Silicon nanoparticles more efficiently alleviate arsenate toxicity than silicon in maize cultivar and hybrid differing in arsenate tolerance. *Frontiers in Environmental Science*, *4*, 46.

Tripathi, D. K., Singh, V. P., Prasad, S. M., Chauhan, D. K., Dubey, N. K., & Rai, A. K. (2015). Silicon-mediated alleviation of Cr (VI) toxicity in wheat seedlings as evidenced by chlorophyll florescence, laser induced breakdown spectroscopy and anatomical changes. *Ecotoxicology and environmental safety*, *113*, 133-144.

Vassilev, A., & Yordanov, I. (1997). Reductive analysis of factors limiting growth of cadmium-treated plants: a review. *Bulg. J. Plant Physiol*, *23*(3-4), 114-133.

Zhang, X., Yang, M., Yang, H., Pian, R., Wang, J., & Wu, A. M. (2024). The uptake, transfer, and detoxification of cadmium in plants and its exogenous effects. *Cells*, *13*(11), 907.

The effect of cadmium stress on growth and some physiological parameters of peppermint plant under titanium dioxide nanoparticles application

Zahra Kazemi[1], Hamid Mohammadi[1]*, Saeid Hazrati[1]
1. Department of Agronomy and Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University
*Corresponding Author: hmohammadi@azaruniv.ac.ir

Abstract

The cadmium (Cd) has been regarded the toxic trace element to plants and humans, while there is very little information available about the application of titanium dioxide nanoparticles (TiO_2 NPs) in the mitigation of Cd stress in plants and particularly in peppermint (*Mentha piperita* L.). The experiment is aimed to investigate how foliar applications of TiO_2 NPs affected growth, Cd uptake, and chlorophyll fluorescence in peppermint. The peppermint seedlings were grown in Cd contaminated soil and various concentrations of TiO_2 NPs were foliar applied at three times after the complete establishment of the seedling until the beginning of flowering. The results indicate that TiO_2 NPs significantly increased the peppermint shoot dry weight while decreasing Cd concentration in tissues. The TiO_2 NPs application enhanced Fv/Fm ratio of peppermint leaf. The results depicted that foliar use of TiO_2 NPs was effective in improving growth, chlorophyll fluorescence and diminishing Cd accumulation in peppermint.

Keywords: Chlorophyll Fluorescence, Heavy Metal stress, TiO_2

۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

تاثیر محلول‌پاشی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر برخی پارامترهای فیتوشیمیایی گیاه نعناع فلفلی تحت تنش کادمیوم

زهرا کاظمی[۱]، حمید محمدی*[۱]، سعید حضرتی[۱]
۱- گروه زراعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
*نویسنده مسئول: hmohammadi@azaruniv.ac.ir

چکیده

کادمیوم (Cd) به دلیل کاربرد گسترده صنعتی، به عنوان یک آلاینده مهم زیست‌محیطی شناخته می‌شود. آلودگی آب و خاک کشاورزی به کادمیوم، بهره‌وری محصولات کشاورزی و فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آنها را کاهش می‌دهد. هدف از این مطالعه بررسی نحوه واکنش فیتوشیمیایی گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) به کاربرد نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم تنش کادمیوم بود. بوته‌های نعناع فلفلی در خاک آلوده به کادمیوم رشد کردند و غلظت‌های مختلف نانوذرات TiO_2 بعد از استقرار کامل گیاهچه تا زمان ابتدای گلدهی سه بار محلول‌پاشی شدند. نتایج نشان داد که کاربرد نانوذرات دی اکسید تیتانیوم، محتوای فنل کل، آنتوسیانین، فلاونوئید و محتوای اسانس را در نعناع فلفلی تحت تنش کادمیوم بهبود بخشید. بهبود پارامترهای فیتوشیمیایی در نعناع فلفلی تحت تنش کادمیوم عمدتاً به بهبود سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی ناشی از کاربرد نانوذرات نسبت داده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات فیتوشیمیایی، تنش فلزات سنگین، دی‌اکسید تیتانیوم.

مقدمه

تنش فلزات سنگین یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی است که تولید محصولات گیاهی را به شدت با محدودیت مواجه می‌سازد. فلزات سنگین می‌تواند بسیاری از جنبه‌های رشد و نموی گیاه از جمله محتوای نسبی آب برگ، باز و بسته شدن روزنه‌ها، فتوسنتز، تنفس و تعرق را تحت تاثیر قرار دهد. همچنین گزارش شده تنش فلزات سنگین باعث مختل شدن فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف، کاهش سنتز هورمون‌های گیاهی، متابولیسم کربن و نیتروژن و تغییر در ساختار و فعالیت پروتئین‌ها می‌شود. در بین فلزات سنگین، کادمیوم یکی از فلزات سنگین غیر ضروری و آلاینده زیست محیطی است و از خطرناک‌ترین فلزات سنگین برای گیاهان محسوب می‌شود که در غلظت‌های بسیار کم نیز برای بسیاری از گیاهان آسیب‌رسان است، در حالی‌که در غلظت‌های بالاتر از ۵ تا ۱۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک برگ می‌تواند منجر به مرگ گیاه شود (Goyal et al., 2020; Marschner, 1995).

کاهش اثرات مضر تنش فلزات سنگین و یا مقاوم ساختن گیاهان به تنش می‌تواند نقش مهمی در فائق آمدن بر موانع تولید محصولات زراعی و دارویی داشته باشد. مطالعات نشان می‌دهد نانوذرات می‌تواند جایگزینی برای مدیریت دفاعی گیاه باشد چون این ترکیبات باعث القاء مکانیسم‌های دفاعی گیاه می‌شوند. نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم واکنش اکسیداسیونی قوی دارند و به راحتی می‌توانند ترکیبات آلی را مورد هدف قرار دهند (Haghi et al., 2012). مطالعات نشان می‌دهد نانوذرات باعث افزایش رشد ریشه و بخش هوایی گیاهان می‌شود. همچنین در مطالعه‌ای دیگر مشخص

شد که کاربرد نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در غلظت ویژه می‌تواند باعث القاء واکنش‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه داروئی کتان روغنی شود (Aghdam et al., 2016).

گیاه دارویی نعناع فلفلی با نام علمی *Mentha piperita* L. و با نام عمومی Peppermint یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی معطر و چند ساله از تیره نعناعیان (Lamiaceae) می‌باشد (OmidBeighi, 2008). اسانس آن مصارف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی دارد. از جمله ترکیب‌های موجود در اسانس نعناع فلفلی می‌توان به منتول، منتون، سینئول، اوسمین، کاریوفیلن، پیپرتون، ایزومنتول، منتیل استات، پولگون و منتفوران اشاره نمود. از دیگر ترکیبات مهم نعناع فلفلی ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی آن است که دارای خواص آنتی‌اکسیدانتی بسیاری می‌باشد (Mimica-Dukic et al., 2003). با توجه به اهمیت گیاهان داروئی نعناع فلفلی در تامین سلامت جامعه و اثرات تنش فلز سنگین کادمیوم بر گیاه، فرض بر این شد که آیا واکنش فیتوشیمیایی گیاه داروئی نعناع فلفلی تحت شرایط تنش فلز کادمیوم با استفاده از کاربرد خارجی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم تحت تاثیر قرار خواهد گرفت؟. بنابراین، هدف از اجرای آزمایش بررسی تاثیر نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر پارامترهای فیتوشیمیایی گیاه داروئی نعناع فلفلی تحت تنش کادمیوم بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم و تنش فلز کادمیوم بر خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه داروئی نعناع فلفلی، یک آزمایش گلخانه‌ای در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد که در آن فاکتور اول غلظت‌های متفاوت فلز کادمیوم (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر) و فاکتور دوم غلظت‌های متفاوت نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم (بدون محلول‌پاشی (شاهد)، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. بوته‌های نعناع فلفلی در خاک آلوده به کادمیوم رشد کردند و محلول‌پاشی نانوذرات TiO_2 از مرحله استقرار کامل گیاهچه تا آغاز گلدهی، در سه نوبت اعمال شد. گلدان‌ها در گلخانه در شرایط ۱۶ ساعت روشنایی و دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و ۸ ساعت تاریکی دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در این آزمایش صفات فنل کل (با روش McDonald et al., 2001)، فلاونوئید (با روش Chang et al., 2002)، آنتوسیانین (با روش Sutharut and Sudarat, 2012) و درصد اسانس با کلونجر اندازه‌گیری شد. استخراج عصاره گیاهی با روش اولتراسونیک انجام شد داده‌های حاصل از آزمایش با نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 و آزمون مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۰۷ شد.

نتایج و بحث

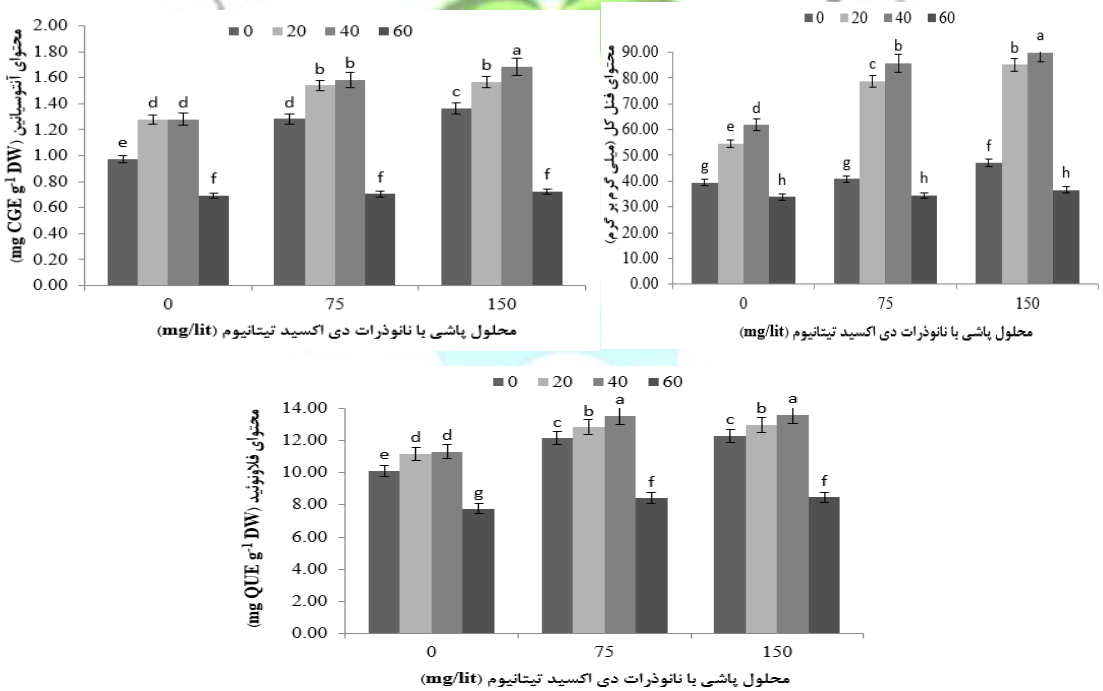
اثر متقابل کادمیوم و کاربرد با TiO_2 تاثیر مثبتی بر محتوای فنل کل، فلاونوئید و آنتوسیانین داشتند (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تنش کادمیوم تا ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر روند افزایش بر محتوای فنل کل، فلاونوئید و آنتوسیانین داشت ولی غلظت ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر کادمیوم باعث کاهش محتوای فنل کل، فلاونوئید و آنتوسیانین شد. همچنین کاربرد TiO_2 باعث بهبود محتوای فنل کل، فلاونوئید و آنتوسیانین در تمامی سطوح تنش کادمیوم شد (شکل ۱). مطالعات نشان می‌دهد که متابولیت‌های ثانویه مثل فنل، نقش مهمی در برهمکنش گیاه با محیط جهت سازگاری و دفاع در برابر تنش را دارند. در مطالعه‌ای مشخص شد که تولید متابولیت‌های ثانویه در شرایط تنش فلزات سنگین افزایش می‌یابد (Asgari Lajayer et al., 2017) همچنین در مطالعه Mariz-Ponte et al., 2021 مشخص شد که تیمار با نانوذرات TiO_2 باعث بهبود متابولیسم شیکیمات می‌شود و از این طریق ترکیبات فنلی افزایش می‌یابد.

گزارش شده که آنتوسیانین در پاسخ به تنش افزایش می‌یابد، اما گیاهان حساس به تنش تولید آنتوسیانین را کاهش می‌دهند. افزایش تجمع آنتوسیانین در شرایط تنش فلزات سنگین به عنوان نقش سم‌زدایی فلزات در مطالعات مشاهده شده است (Asgari Lajayer et al., 2017). در مطالعه Noori et al., 2020 نیز مشخص شد استفاده از نانوذرات باعث افزایش محتوای آنتوسیانین در گیاه *Lycopersicon esculentum* شد.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس برخی صفات مورد مطالعه تحت تاثیر محلول‌پاشی با نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در گیاه نعناع فلفلی تحت تنش فلز سنگین کادمیوم

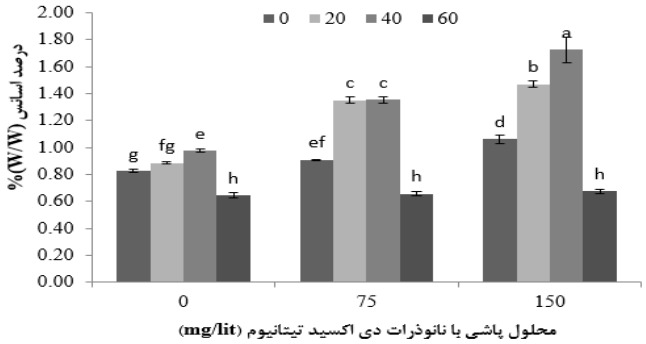
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		محتوای فنل کل	محتوای فلاونوئید	محتوای آنتوسیانین	محتوای اسانس
بلوک	۲	۱۲۸/۸۳۸ **	۶/۱۹۲ **	۰/۰۵۴ **	۰/۰۰۸ ns
تنش کادمیوم (a)	۳	۴۳۲۵/۷۷ **	۳۸/۴۲۸ **	۱/۲۳۴ **	۰/۸۷۴ **
محلول‌پاشی با نانوذرات TiO_2 (b)	۲	۹۵۵/۱۳۱ **	۱۱/۳۸۴ **	۰/۲۶۰ **	۰/۴۸۵ **
اثر متقابل a*b	۶	۱۹۲/۸۵۵ **	۰/۴۹۷ **	۰/۰۲۵ **	۰/۰۸۸ **
اشتباه	۲۲	۲/۴۸۳	۰/۰۲۳	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۲

ns عدم اختلاف معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و یک درصد.



شکل ۱. تاثیر تنش کادمیوم و محلول‌پاشی با نانوذرات TiO_2 بر محتوای فنل کل، فلاونوئید و آنتوسیانین

اثر متقابل تنش کادمیوم و نانوذرات TiO_2 تاثیر معنی‌داری بر محتوای اسانس داشتند (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تنش متوسط کادمیوم باعث بهبود محتوای اسانس ولی تنش ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر کادمیوم باعث کاهش محتوای اسانس شد ولی کاربرد TiO_2 در تمامی سطوح تنش در افزایش محتوای اسانس موثر بود (شکل ۲). مطالعات نشان می‌دهد که تولید اسانس در شرایط تنش فلزات سنگین و کاربرد نانوذرات افزایش می‌یابد (Babashpour-Asl et al., 2022).



شکل ۲. تاثیر تنش کادمیوم و محلول‌پاشی با نانوذرات TiO_2 بر درصد اسانس

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تنش متوسط کادمیوم باعث بهبود ترکیبات فنلی و درصد اسانس گیاه داروئی نعناع فلفلی شد. از طرف دیگر، محلول‌پاشی با نانوذرات TiO_2 تحت شرایط تنش ۴۰ میلیو گرم بر لیتر کادمیوم توانست باعث بهبود ترکیبات فنلی و درصد اسانس شود. در کل، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد نانوذرات TiO_2 می‌تواند یک استراتژی پایدار در بهبود کیفی گیاه داروئی نعناع فلفلی تحت تنش کادمیوم از طریق بهبود ترکیبات فنلی آنتی‌اکسیدانتی باشد.

منابع

Aghdam, M. T. B., Mohammadi, H., & Ghorbanpour, M. (2016). Effects of nanoparticulate anatase titanium dioxide on physiological and biochemical performance of *Linum usitatissimum* (Linaceae) under well-watered and drought stress conditions. *Brazilian journal of botany*, *39*, 139-146.

Babashpour-Asl, M., Farajzadeh-Memari-Tabrizi, E., & Yousefpour-Dokhanieh, A. (2022). Foliar-applied selenium nanoparticles alleviate cadmium stress through changes in physio-biochemical status and essential oil profile of coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(53), 80021-80031.

Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*, *10*(3).

Goyal, D., Yadav, A., Prasad, M., Singh, T. B., Shrivastav, P., Ali, A., ... & Mishra, S. (2020). Effect of heavy metals on plant growth: an overview. *Contaminants in agriculture: sources, impacts and management*, 79-101.

Haghi, M., Hekmatafshar, M., Janipour, M. B., Gholizadeh, S. S., Faraz, M. K., Sayyadifar, F., & Ghaedi, M. (2012). Antibacterial effect of TiO2 nanoparticles on pathogenic strain of E. coli. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, *3*(3), 621-624.

Lajayer, B. A., Ghorbanpour, M., & Nikabadi, S. (2017). Heavy metals in contaminated environment: destiny of secondary metabolite biosynthesis, oxidative status and phytoextraction in medicinal plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *145*, 377-390.

Mariz-Ponte, N., Dias, C. M., Silva, A. M., Santos, C., & Silva, S. (2021). Low levels of TiO2-nanoparticles interact antagonistically with Al and Pb alleviating their toxicity. *Plant Physiology and Biochemistry*, *167*, 1-10.

Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 889pp. London: Academic Press,£ 29.95 (paperback). *Annals of Botany*, *78*(4), 527-528.

McDonald, S., Prenzler, P. D., Antolovich, M., & Robards, K. (2001). Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. *Food chemistry*, *73*(1), 73-84.

Mimica-Dukić, N., Božin, B., Soković, M., Mihajlović, B., & Matavulj, M. (2003). Antimicrobial and antioxidant activities of three Mentha species essential oils. *Planta medica*, *69*(05), 413-419.

Noori, A., Donnelly, T., Colbert, J., Cai, W., Newman, L. A., & White, J. C. (2020). Exposure of tomato (*Lycopersicon esculentum*) to silver nanoparticles and silver nitrate: physiological and molecular response. *International journal of phytoremediation*, *22*(1), 40-51.

Omidbeighi, R. (2008). Production and processing medicinal plants (Vol. 3). Astane Ghodse Rezavi Press, 397p.

Sutharut, J., & Sudarat, J. (2012). Total anthocyanin content and antioxidant activity of germinated colored rice. *International Food Research Journal*, *19*(1).

The effect of foliar application of titanium dioxide nanoparticles on some phytochemical parameters of peppermint plants under cadmium stress

Zahra Kazemi[1], Hamid Mohammadi[1]*, Saeid Hazrati[1]
1. Department of Agronomy and Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University
*Corresponding Author: hmohammadi@azaruniv.ac.ir

Abstract

Due to its wide industrial application, cadmium (Cd) is known to be a critical environmental pollutant. Contamination of water and agricultural soil by Cd inhibit crop productivity and their physiological and biochemical processes. The aim of this study was to investigate the phytochemical response of peppermint plant to titanium dioxide nanoparticles application under cadmium stress. The peppermint seedlings were grown in Cd contaminated soil and various concentrations of TiO_2 NPs were foliar applied at three times after seedling establishment until flowering initiation. The results showed that the application of titanium dioxide nanoparticles improved the total phenolic, anthocyanin, flavonoid contents, and essential oil percentage in peppermint under cadmium stress. The improvement of phytochemical parameters in peppermint under cadmium stress is mainly attributed to the improvement of the antioxidant defense system caused by the application of nanoparticles.

Keywords: Heavy Metal stress, Phytochemical parameters, TiO_2.

Mitigating Chromium Toxicity in *Hibiscus sabdariffa*: Role of Foliar-Applied Putrescine in Regulating Oxidative Damage and Biomass Production

Mohammad Haghaninia*
Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Ilam Province, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Ilam, Iran
*Corresponding Author: haghanii72@gmail.com

Abstract

Chromium (Cr) toxicity is a major abiotic stressor that adversely affects plant growth by inducing oxidative damage and disrupting cellular homeostasis. This study aimed to evaluate the potential mitigating effects of exogenous putrescine on *Hibiscus sabdariffa* L. under Cr stress. A factorial experiment was conducted under greenhouse conditions using five Cr levels (0, 10, 20, 40, and 80 mg kg^{-1} soil) and four foliar-applied putrescine concentrations (0, 0.5, 1, and 2 mM). Chromium stress significantly increased malondialdehyde (MDA) content and electrolyte leakage (EL), while it reduced total phenolics and flavonoids, antioxidant enzyme activities (CAT, POD, and APX), and shoot dry weight. However, putrescine application, particularly at 2 mM, markedly alleviated oxidative damage by reducing MDA and EL, while enhancing the accumulation of phenolic and flavonoid compounds, boosting antioxidant defense responses, and improving shoot biomass production. Notably, the application of 2 mM putrescine was most effective in enhancing biochemical and physiological traits. These findings suggest that exogenous putrescine enhances Cr stress tolerance in *Hibiscus sabdariffa* by modulating oxidative stress markers and promoting antioxidative capacity, thereby contributing to improved plant performance under heavy metal stress. Overall, this study provides valuable evidence for the role of polyamine-based regulation as a promising avenue for enhancing plant tolerance to environmental contaminants like heavy metals.

Keywords: Antioxidant defense; Food security; Heavy metal stress; *Hibiscus sabdariffa*; Putrescine

Introduction

Soil contamination with heavy metals, particularly chromium (Cr), has emerged as a serious ecological and agricultural concern. Excessive accumulation of Cr in plant tissues disrupts cellular homeostasis by inducing overproduction of reactive oxygen species (ROS), leading to oxidative damage of lipids, proteins, and nucleic acids (Khan et al., 2025). These oxidative imbalances often manifest as increased lipid peroxidation, elevated electrolyte leakage, impaired membrane stability, inhibition of photosynthesis, and reduced biomass accumulation (Iftikhar et al., 2025). Numerous studies have documented the detrimental effects of chromium exposure on various physiological and biochemical traits in plants. For instance, Ayyaz et al. (2025) reported significant increases in oxidative markers such as MDA and electrolyte leakage, along with alterations in antioxidant enzyme activities under Cr stress. These findings highlight the urgent need for practical and sustainable strategies to enhance plant resilience against chromium-induced toxicity.

One promising approach in mitigating the effects of heavy metal stress is the exogenous application of polyamines, a group of small aliphatic amines with essential roles in plant growth and stress adaptation (Basit et al., 2025). Among them, putrescine (Put) has been shown to play a pivotal role in stabilizing cellular membranes, modulating ion homeostasis, enhancing the antioxidative defense system, and stimulating the biosynthesis of secondary metabolites (Baraiya et al., 2025). Several studies have demonstrated that putrescine application can effectively alleviate heavy metal-induced oxidative damage by reducing ROS accumulation, suppressing lipid peroxidation, and enhancing both enzymatic and non-enzymatic antioxidant activities (Ansari et al., 2021).

Hibiscus sabdariffa L. (roselle) is a nutraceutically and economically important plant cultivated in tropical and subtropical regions. It is widely valued for its rich content of health-promoting phytochemicals such as anthocyanins, phenolic acids, and flavonoids, which confer strong antioxidant, antihypertensive, and antimicrobial properties (Hapsari and Setyaningsih, 2021). However, like many medicinal plants, roselle is highly susceptible to environmental stressors, which can compromise its

growth, phytochemical composition, and overall productivity (Sheyhakinia et al., 2020). Therefore, exploring effective strategies to ameliorate Cr-induced stress in roselle is of both agronomic and pharmacological relevance.

Therefore, this study aimed to evaluate the effects of foliar-applied putrescine on physiological and biochemical responses of *Hibiscus sabdariffa* under different soil chromium levels, in order to explore its potential in alleviating chromium-induced oxidative stress.

Materials and Methods

This study was conducted under controlled greenhouse conditions in Ilam, Iran, in 2024. The average day/night temperatures were maintained at 28 ± 2 °C and 20 ± 2 °C, respectively, with a relative humidity of 65–70% and a 16/8 h light/dark photoperiod. Seeds of *Hibiscus sabdariffa* L. were surface sterilized with 1% sodium hypochlorite for 3 minutes, followed by thorough rinsing with sterile distilled water. The seeds were then sown in plastic pots (25 cm diameter), each containing 5 kg of air-dried, sieved loamy sand soil (2 mm mesh), composed of 65% sand, 23% silt, and 12% clay. The soil had a pH of 7.9, an electrical conductivity of 0.85 dS m^{-1}, and an organic carbon content of 0.9%.

The experiment was conducted using a factorial arrangement based on a completely randomized design with three replications. The first factor included five chromium (Cr) levels (0, 10, 20, 40, and 80 mg Cr kg^{-1} soil), applied as potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$) and thoroughly mixed into the soil two weeks prior to sowing. The second factor consisted of four foliar-applied putrescine concentrations (0, 0.5, 1, and 2 mM). Putrescine solutions were prepared by dissolving analytical-grade putrescine dihydrochloride (Sigma-Aldrich, USA) in sterile distilled water. Control plants received sterile distilled water only.

At the final stage of the experiment, physiological and biochemical traits were assessed. Lipid peroxidation was quantified by measuring malondialdehyde (MDA) levels using the thiobarbituric acid (TBA) method described by Heath and Packer (1968). Electrolyte leakage (EL) was determined according to Lutts et al. (1996). Total phenolic content was estimated using the Folin–Ciocalteu reagent with gallic acid as the standard, and total flavonoid content was measured via the aluminum chloride colorimetric method. Antioxidant enzyme activities, including catalase (CAT), peroxidase (POD), and ascorbate peroxidase (APX), were analyzed based on the protocols of Aebi (1984), Chance and Maehly (1955), and Nakano and Asada (1981), respectively. Shoot dry weight was recorded after oven-drying the aerial parts at 70 °C until constant weight was achieved.

Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using SAS software (version 9.4), and treatment means were compared using the least significant difference (LSD) test at $P \leq 0.05$. Interaction effects between chromium levels and putrescine concentrations were also analyzed and interpreted.

Results and Discussion

Lipid Peroxidation and Electrolyte Leakage

The highest levels of Malondialdehyde (MDA) content and Electrolyte leakage (EL) were observed under severe chromium (Cr) stress (80 mg kg^{-1} soil) without putrescine application, indicating significant membrane lipid peroxidation and cellular damage. These findings are consistent with previous studies demonstrating that heavy metal toxicity induces oxidative stress leading to membrane disruption (Iftikhar et al., 2025). Conversely, putrescine foliar application at 2 mM significantly mitigated these detrimental effects. Specifically, in the absence of Cr stress, 2 mM putrescine treatment reduced MDA content and EL by 46.4% and 35.7%, respectively, compared to plants exposed to 80 mg kg^{-1} Cr without putrescine. This protective role of putrescine likely involves membrane stabilization and modulation of ion channels, along with direct or indirect scavenging of reactive oxygen species (ROS) (Baraiya et al., 2025).

Table 1. Mean comparisons of physiological and biochemical traits of *Hibiscus sabdariffa* L. as affected by different chromium levels and putrescine concentrations

Chromium (mg kg^{-1} soil)	Putrescine mM	Malondialdehyde (nM g^{-1} FW)	Electrolyte leakage (%)	Phenol content (mg g^{-1})	Flavonoid content (mg g^{-1})	Peroxidase (U mg^{-1} Protein)	Ascorbate peroxidase (U mg^{-1} Protein)	Catalase (U mg^{-1} Protein)	Shoot dry weight (g pot^{-1})
0	0	4.39k	31.12j	36.03j	59.93j	1.98 l	0.755m	8.13k	32.61c
	0.5	6.34i	34.32i	39.05i	65.64i	2.19k	0.806kl	10.56j	33.95b
	0.1	5.49j	34.13i	39.72i	63.32i	2.28j	0.780l	9.91j	33.39b
	0.2	6.39i	32.82i	41.24i	69.63h	2.36i	0.823k	11.49i	38.41a
20	0	8.27f	42.85de	51.83cd	83.27c	3.08d	1.12ef	15.54d	24.79g
	0.5	7.19h	41.82ef	52.49c	87.31b	3.17c	1.26b	17.09c	28.77d
	0.1	7.06h	39.15gh	54.96b	88.21ab	3.32b	1.21c	18.01b	27.51e
	0.2	6.65i	38.47gh	57.46a	90.71a	3.67a	1.45a	19.62a	32.49c
40	0	9.36de	44.91cd	46.07gh	73.81g	2.74f	1.08g	13.95fg	22.66i
	0.5	9.65d	38.93gh	45.85gh	76.74ef	2.58gh	1.17d	12.68h	23.71h
	0.1	8.55f	37.72h	47.32fg	81.71c	2.94e	1.09fg	14.74e	26.21f
	0.2	7.79g	37.11h	49.77de	86.21b	3.01de	1.14de	16.43c	25.04g
80	0	11.94a	50.54a	44.01h	71.04h	2.41i	0.923j	11.99hi	18.49 l
	0.5	11.17b	48.04b	44.65h	78.57de	2.51h	1.02h	13.44g	20.84h
	0.1	10.62c	45.57c	45.39gh	75.17fg	2.65g	0.976i	15.20de	21.65j
	0.2	9.07e	40.39fg	48.73ef	80.62cd	2.82f	1.04h	14.57ef	22.62i
Source of Variation		Significance levels							
Chromium		**	**	**	**	**	**	**	**
Putrescine		**	**	**	**	**	**	**	**
Chromium× Putrescine		**	**	**	**	**	**	**	**

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at the 5% probability level according to the LSD test. **: Significant at the 1% probability level

Total Phenolic and Flavonoid Contents

Both total phenolic and flavonoid contents increased significantly under moderate Cr stress (20 mg kg^{-1}) combined with 2 mM putrescine application, reaching their highest values among all treatments. The increase in phenolics (60.1%) and flavonoids (51.3%) relative to the control reflects an enhanced biosynthesis of secondary metabolites, which serve as non-enzymatic antioxidants. This response may be attributed to hormesis, where moderate stress stimulates defense pathways (Haghaninia et al., 2025b). Putrescine likely acts as a signaling molecule, activating biosynthetic pathways for phenolics and flavonoids, thereby improving metal chelation and ROS detoxification capacities (Basit et al., 2025).

Antioxidant Enzyme Activities

The activities of key antioxidant enzymes—peroxidase (POD), catalase (CAT), and ascorbate peroxidase (APX)—were significantly influenced by the interactive effects of chromium stress and putrescine application. The highest enzyme activities were recorded under moderate chromium stress (20 mg Cr kg^{-1} soil) combined with 2 mM putrescine treatment, exhibiting increases of 84.3%, 92.1%, and 163.4% for POD, CAT, and APX, respectively, compared to the control. These enhancements suggest that putrescine acts as an effective modulator of the antioxidant defense system, likely by upregulating gene expression and post-translational modifications of these enzymes. Elevated antioxidant enzyme activities facilitate the scavenging of reactive oxygen species (ROS), mitigating oxidative damage induced by chromium toxicity (Haghaninia et al., 2025a). This induction aligns with putrescine's known role as a signaling molecule that activates stress-responsive pathways, thereby maintaining cellular homeostasis and improving stress tolerance (Rama Rao et al., 2025). Collectively, the upregulated antioxidant enzymes contribute to protecting cellular integrity and function under heavy metal stress conditions.

Shoot Dry Weight

Shoot dry weight, an indicator of overall plant growth and biomass accumulation, was most adversely affected by severe Cr stress without putrescine application. The reduction in biomass under high Cr levels is attributed to oxidative damage, nutrient uptake impairment, and metabolic disruptions caused by heavy metal toxicity (Ayyaz et al., 2025). Remarkably, application of 2 mM putrescine in non-stress conditions resulted in a 107.8% increase in shoot dry weight compared to the severe Cr stress without putrescine. This substantial enhancement underscores putrescine's multifaceted role in promoting cell division, membrane stability, nutrient transport, and hormonal balance under both stress and non-stress conditions (Daler et al., 2025). Furthermore, the improved antioxidant defense elicited by putrescine likely preserved photosynthetic capacity and metabolic efficiency, thereby supporting sustained growth under adverse conditions (Muradoglu et al., 2025).

Conclusion

The present study demonstrated that chromium stress adversely affects the physiological and biochemical traits of *Hibiscus sabdariffa* by increasing lipid peroxidation and electrolyte leakage while reducing phenolic compounds, flavonoids, antioxidant enzyme activities, and shoot dry weight. However, foliar application of putrescine, particularly at 2 mM, effectively mitigated chromium-induced oxidative damage by enhancing the plant's antioxidant defense system, increasing phenolic and flavonoid contents, and improving biomass accumulation. These findings suggest that putrescine supplementation can be a promising strategy to alleviate heavy metal toxicity and improve crop resilience and productivity in contaminated soils. Future research should explore the molecular mechanisms underlying putrescine-mediated stress tolerance and evaluate its efficacy across different crops and environmental conditions.

References

Ansari, A., Andalibi, B., Zarei, M., & Shekari, F. (2021). Combined effect of putrescine and mycorrhizal fungi in phytoremediation of *Lallemantia iberica* in Pb-contaminated soils. Environmental Science and Pollution Research, 28(41), 58640-58659.

Ayyaz, A., Batool, I., Qin, T., Bano, H., Hannan, F., Chen, W., ... & Ni, X. (2025). Nano-manganese and h2s signalling improve rapeseed tolerance to chromium stress by regulating cellular metabolism and downstream pathways. Physiologia Plantarum, 177(3), e70286.

Baraiya, T., Nathwani, S. A., Vaishnani, B., Panigrahi, M., & Panigrahi, J. (2025). Enhancing industrial crop resilience: effects of salinity and exogenous putrescine supplementation on growth, biochemical, and enzymatic attributes of *Cicer arietinum* L. in industrial crops improvement: biotechnological approaches for sustainable agricultural development (pp. 227-237). Cham: Springer Nature Switzerland.

Basit, F., Khalid, M., Bahadur, A., Bhat, J. A., Ahmad, A., & Ahmad, P. (2025). Alleviation of vanadium toxicity through individual and combined supplementation of spermine and spermidine in soybean: Insights into oxidative stress management, detoxification mechanisms, and root exudates. South African Journal of Botany, 184, 468-479.

Daler, S., Kaya, O., Kılıç, T., Hajizadeh, H. S., Bay, H., Ates, F., ... & Hatterman-Valenti, H. (2025). Exogenous putrescine enhances lime stress tolerance in grapevine rootstock-scion combinations. BMC Plant Biology, 25, 854.

Haghaninia, M., Mashhouri, S. M., Molaei, B., Aslereyhani, N., Rasouli, F., Radicetti, E., ... & Mahdavinia, G. (2025a). Utilization of chitosan nanoparticles to alleviate chromium stress and improve biochemical properties and essential oil profile in *Thymus vulgaris*. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 1-16.

Haghaninia, M., Mashhouri, S. M., Najafifar, A., Soleimani, F., & Mirzaei, A. (2025b). Impact of silicon nanoparticle priming on metabolic responses and seed quality of chia (*Salvia hispanica* L.) under salt stress. *Food Bioscience*, *65*, 106119.

Hapsari, B. W., & Setyaningsih, W. (2021). Methodologies in the analysis of phenolic compounds in roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.): Composition, biological activity, and beneficial effects on human health. Horticulturae, 7(2), 35.

Iftikhar, F., Zulfiqar, A., Kamran, A., Saleem, A., Arshed, M. Z., Zulfiqar, U., ... & Soufan, W. (2025). Antioxidant responses in chromium-stressed maize as influenced by foliar and root applications of fulvic acid. Scientific Reports, 15(1), 1289.

Khan, A., Khan, A. A., Samreen, S., Irfan, M., & Akhtar, M. S. (2025). Assessing the impact of chromium (Cr) stress on the growth, yield, and human health risk of seeds from black cumin (*Nigella sativa* L.) plants. Biologia, 1-17.

Muradoglu, F., Batur, Ş., Hasanov, M., & Güler, E. (2025). Putrescine eases saline stress by regulating biochemicals, antioxidative enzymes, and osmolyte balance in hydroponic strawberries (cv. Albion). Physiologia Plantarum, 177(3), e70259.

Rama Rao, Y., Yadav, P., Rani, V., Muley, D., Sahoo, R. K., Brajendra, ... & Tuteja, N. (2025). Putrescine mitigates NaCl-induced stress by modulating gene expression, antioxidants, and ethylene level in tomato. Plant Signaling & Behavior, 20(1), 2515431.

Sheyhakinia, S., Bamary, Z., Einali, A., & Valizadeh, J. (2020). The induction of salt stress tolerance by jasmonic acid treatment in roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seedlings through enhancing antioxidant enzymes activity and metabolic changes. Biologia, 75, 681-692.

کاهش سمیت کروم در *Hibiscus sabdariffa*: نقش محلول‌پاشی پوترسین در تنظیم آسیب اکسیداتیو و تولید زیست‌توده

محمد حقانی نیا*

استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، ایلام، ایران

*نویسنده مسئول: haghanii72@gmail.com

چکیده

سمیت کروم (Cr) یکی از تنش‌های مهم غیرزیستی است که با ایجاد آسیب‌های اکسیداتیو و بر هم زدن تعادل سلولی، رشد گیاهان را مختل می‌کند. این پژوهش با هدف بررسی نقش پوترسین در کاهش اثرات زیان‌بار کروم بر گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج سطح کروم (۰، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) و چهار غلظت پوترسین به‌صورت محلول‌پاشی برگی (شاهد، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) اجرا گردید. نتایج نشان داد که تنش کروم باعث افزایش معنی‌دار محتوای مالون‌دی‌آلدئید و نشت الکترولیت شده و در مقابل، میزان ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز) و وزن خشک اندام هوایی را کاهش داد. با این حال، کاربرد پوترسین به‌ویژه در غلظت ۲ میلی‌مولار، به‌طور مؤثری موجب کاهش آسیب‌های اکسیداتیو، افزایش تولید ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی، بهبود عملکرد سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و ارتقاء رشد گیاه شد. بنابراین، استفاده از پوترسین، به‌ویژه در غلظت ۲ میلی‌مولار، توانست تحمل گیاه به تنش کروم را از طریق بهبود شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی افزایش داده و موجب بهبود عملکرد آن تحت شرایط تنش فلزات سنگین گردد. بطورکلی، این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از پلی‌آمین‌ها می‌تواند راهکار موثری برای افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش فلزات سنگین باشد.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی، پوترسین، تنش فلزات سنگین، چای ترش، دفاع آنتی‌اکسیدانی

Biochar-Induced Modulation of Oxidative Damage and Metabolite Accumulation in *Origanum vulgare* under Cadmium Stress

Mohammad Haghaninia*
Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Ilam Province, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Ilam, Iran
*Corresponding Author: haghanii72@gmail.com

Abstract

Soil contamination by heavy metals, particularly cadmium, poses a significant threat to soil health, crop productivity, and ecosystem stability, necessitating effective remediation strategies. This study evaluated the effects of varying biochar concentrations (0%, 1%, and 2% w/w) combined with five cadmium contamination levels (0, 25, 50, and 100 mg Cd kg^{-1} soil) on physiological parameters, secondary metabolite production, oxidative stress indicators, and shoot dry weight of *Origanum vulgare* subsp. gracile under controlled greenhouse conditions in 2024. Results demonstrated that increasing cadmium concentrations, particularly at 100 mg kg^{-1}, significantly reduced chlorophyll a and b content, shoot dry weight, and essential oil content, while elevating oxidative stress markers. Conversely, biochar application, especially at 2%, markedly decreased malondialdehyde (MDA) and hydrogen peroxide levels and significantly enhanced proline, soluble carbohydrates, chlorophyll a and b, essential oil content, and shoot dry weight. The greatest improvements in growth and stress tolerance indicators were observed in plants treated with 2% biochar, highlighting its role in mitigating cadmium-induced phytotoxicity. These findings suggest that biochar amendment represents a promising strategy to alleviate cadmium toxicity in medicinal plants by modulating oxidative stress and metabolic responses, thereby improving plant resilience and productivity in contaminated soils.

Keywords: Biochar, Essential Oil, Food Security, Heavy metals, Oxidative stress

Introduction

Origanum vulgare subsp. Gracile, a medicinally significant endemic taxon within the Lamiaceae family in Iran, is distinguished by its prolific biosynthesis of diverse secondary metabolites including phenolics, flavonoids, and essential oils (Azimzadeh et al., 2023). The synthesis and accumulation of these phytochemicals are inherently sensitive to environmental perturbations, particularly abiotic stresses, which can markedly modulate both yield and phytochemical composition (Thalassinos et al., 2024).

Among various abiotic stressors, heavy metal contamination—specifically cadmium (Cd)—poses a critical threat to agricultural sustainability and plant physiological integrity (Jahantigh et al., 2023). Due to its high bioavailability and mobility in soil matrices, Cd is readily absorbed by plant root systems and translocated to aerial tissues, where it induces phytotoxicity primarily via oxidative stress mechanisms (Haider et al., 2025). Empirical studies have documented significant reductions in chlorophyll content, phenolic and flavonoid levels, and antioxidant capacity in various medicinal plants subjected to Cd stress (Ghorbani et al., 2022; Hussain et al., 2022).

In this context, biochar—a carbon-rich material derived from the thermochemical decomposition of biomass under limited oxygen conditions—has garnered considerable attention as an eco-friendly soil amendment to mitigate heavy metal toxicity (Memari-Tabrizi et al., 2021). The unique physicochemical properties of biochar, including elevated surface area, abundant functional groups, high cation exchange capacity, and alkalinity, facilitate immobilization of Cd through mechanisms such as adsorption, complexation, precipitation, and ion exchange, thereby reducing its bioavailability and phytotoxic effects (Mumivand et al., 2023). Experimental evidence from Mehdizadeh et al. (2021) demonstrates that biochar application not only mitigates Cd accumulation but also stimulates enzymatic antioxidant activity and secondary metabolite biosynthesis, promoting resilience in medicinal plants.

Considering the pharmacological importance of *O. vulgare* L. ssp. *gracile*, the adverse effects of Cd toxicity on its physiological and biochemical attributes, and the remediation potential of biochar, the present study aims to systematically evaluate the influence of graded biochar amendments on

photosynthetic pigments, secondary metabolite profiles, oxidative stress markers, and biomass accumulation in *O. vulgare* gracile subjected to cadmium stress.

Materials and Methods

This study was conducted in 2024 as a pot experiment under controlled greenhouse conditions in Ilam, Iran, to evaluate the effects of different biochar application rates on physiological traits, secondary metabolite production, cellular damage indicators, and dry matter yield of *O vulgare* gracile subjected to cadmium-induced stress. Greenhouse environmental parameters were maintained at 25±2 °C during the day and 18±2 °C at night, with relative humidity ranging between 60% and 70% and a natural photoperiod averaging 14 hours of daylight. A factorial experiment was implemented in a completely randomized design with three replications, comprising three levels of biochar (0, 1, and 2 % w/w) combined with four levels of cadmium contamination (0, 25, 50, and 100 mg Cd kg^{-1} soil), applied in the form of cadmium chloride dihydrate ($CdCl_2 \cdot 2.5H_2O$). Cadmium contamination was established by thoroughly mixing the appropriate concentrations of $CdCl_2 \cdot 2.5H_2O$ into the potting substrate, followed by a two-week incubation period at field capacity moisture to facilitate homogeneous equilibration and enhance metal bioavailability, thereby simulating realistic environmental pollution conditions. Biochar used in this experiment was produced via slow pyrolysis at 500 °C and uniformly incorporated into the soil prior to sowing. Seeds of *O vulgare* L. were surface-sterilized using 1% sodium hypochlorite, rinsed with distilled water, and sown into 5-kg plastic pots; after emergence, four uniform seedlings were retained per pot. Irrigation was carried out using distilled water with electrical conductivity (EC) below 0.5 dS m^{-1}, free from heavy metals, and other environmental variables were tightly controlled to reduce experimental variability. At the full flowering stage, aerial parts of the plants were harvested for detailed biochemical and physiological analyses: chlorophyll a and b contents were measured according to the method of Arnon (1949); proline content was determined following Bates et al. (1973); and soluble carbohydrates were quantified using the phenol–sulfuric acid method (Dubois et al., 1956). Lipid peroxidation was assessed by quantifying MDA following Heath and Packer (1968), and membrane damage was estimated by electrolyte leakage using the method described by Lutts et al. (1996). Essential oil was extracted from dried plant material using hydro-distillation in a Clevenger-type apparatus, and dry matter yield was recorded after oven-drying plant samples at 70 °C until constant weight. Statistical analyses were performed using SAS software version 9.4, and treatment means were compared using the Least Significant Difference (LSD) test at a significance level of $p \leq 0.05$.

Results and Discussion

MDA and Hydrogen Peroxide Level

The highest concentrations of MDA and hydrogen peroxide (H_2O_2) were observed in the treatment subjected to severe cadmium stress (100 mg Cd kg^{-1} soil) without biochar application, while the lowest levels were recorded under non-stressed conditions with 2% biochar amendment. Specifically, MDA and H_2O_2 contents increased by 263.9% and 216.4%, respectively, in the 100 mg Cd kg^{-1} treatment without biochar compared to the control. Conversely, the application of 2% biochar under non-cadmium stress conditions resulted in a significant reduction of oxidative stress markers, with MDA decreasing by 84.5% and H_2O_2 by 80.7% relative to the severe cadmium stress treatment without biochar. These findings suggest that cadmium exposure induces substantial oxidative damage in *O. vulgare* subsp. gracile, as evidenced by elevated lipid peroxidation and reactive oxygen species accumulation. The marked increase in MDA, a well-known indicator of membrane lipid peroxidation, alongside heightened H_2O_2 levels, reflects enhanced cellular oxidative stress triggered by cadmium toxicity (Hussain et al., 2022). Importantly, biochar amendment at 2% w/w demonstrated a protective effect by mitigating oxidative damage, likely through its capacity to immobilize cadmium ions in the soil matrix, thereby reducing their bioavailability and subsequent uptake by plants (Haider et al., 2025).

Table 1. Mean comparison of MDA, hydrogen peroxide, soluble carbohydrates, proline, chlorophyll a and b, essential oil content, and shoot dry weight as affected by cadmium stress and biochar application

Cadmium (mg kg^{-1} soil)	Biochar (% w/w)	MDA (nM g^{-1} FW)	Hydrogen peroxide (nM g^{-1} FW)	Total soluble carbohydrates (mg g^{-1})	Proline (µmol g^{-1} FW)	Chlorophyl *a* (mg g^{-1})	Chlorophyl *b* (mg g^{-1})	Essential oil (%)	Shoot dry weight (g pot^{-1})
0	0	1.47i	0.61gh	0.75j	5.32k	15.79bc	10.67c	0.82i	19.50d
	1	1.26j	0.50h	0.85ij	6.27j	16.56ab	11.06b	0.88h	27.13bc
	2	0.88k	0.37i	0.90i	6.80i	17.34a	11.42a	0.94g	29.52a
25	0	3.38d	1.37c	1.34f	8.26g	13.50e	9.01f	1.02ef	16.95h
	1	2.22e	0.93f	1.59d	9.12ef	15.01cd	9.97de	1.17c	26.99c
	2	1.99g	1.09de	1.74c	9.57d	15.05cd	10.18d	1.23b	27.25b
50	0	2.12f	1.63b	1.47e	8.85f	10.71h	7.08i	1.15c	16.43i
	1	1.88h	1.19d	2.05b	11.42b	11.76g	9.74e	1.24b	17.61g
	2	1.85h	0.74g	2.31a	11.91a	14.36d	9.26f	1.33a	18.67e
100	0	5.35a	1.93a	1.06h	7.37h	9.38i	6.61j	0.96fg	14.25k
	1	4.35b	1.74b	1.19g	9.41de	10.21hi	7.75h	1.09d	15.45j
	2	3.59c	1.01ef	1.54de	10.68c	12.67f	8.02g	1.07de	18.43f
Source of Variation		Significance levels							
Cadmium		**	**	**	**	**	**	**	**
Biochar		**	**	**	**	**	**	**	**
Cadmium×Biochar		**	**	**	**	**	**	**	**

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at the 5% probability level according to the LSD test. **: Significant at the 1% probability level.

Proline and Soluble Carbohydrate Content

The maximum accumulation of both proline and carbohydrates was observed in plants exposed to moderate cadmium stress (50 mg Cd kg^{-1} soil) combined with 2% biochar amendment, while the lowest levels were recorded in the untreated control group without cadmium or biochar. Under this treatment, proline content increased by approximately 123.8% and soluble carbohydrates by 213.3% relative to the control. The elevated levels of proline and soluble carbohydrates under moderate cadmium stress can be interpreted as an adaptive response of *O. vulgare* gracile to mitigate heavy metal toxicity (Mehdizadeh et al., 2021). Proline acts as an osmolyte, stabilizing proteins and membranes, scavenging reactive oxygen species, and maintaining cellular redox balance (Haghaninia et al., 2025b). Similarly, soluble carbohydrates contribute to osmotic adjustment and provide energy reserves for stress tolerance mechanisms (Murtaza et al., 2025). The additional increase in these metabolites with biochar application suggests that biochar not only alleviates metal toxicity by immobilizing cadmium in the soil but may also stimulate plant metabolic pathways that enhance stress resilience (Farhangi-Abriz and Ghassemi-Golezani, 2022). These findings are consistent with previous research highlighting the role of biochar in improving plant biochemical defenses under abiotic stress conditions.

Photosynthetic Pigment Content

The highest concentrations of chlorophyll a and b were observed in *Origanum* gracile plants cultivated under non-cadmium stress conditions supplemented with 2% biochar. Conversely, the lowest chlorophyll contents were detected in plants subjected to severe cadmium stress (100 mg Cd kg^{-1} soil) without biochar amendment, exhibiting reductions of 41.3% and 36.8% for chlorophyll a and b, respectively, relative to the unstressed control. Notably, biochar application at 2% under non-stress conditions significantly enhanced chlorophyll a and b concentrations by 84.8% and 72.7%, respectively, compared to the 100 mg Cd kg^{-1} stress treatment without biochar. These findings suggest that cadmium toxicity markedly impairs chlorophyll biosynthesis, leading to a pronounced decline in photosynthetic pigment levels (Anwar et al., 2025). The ameliorative effect of biochar likely stems from its capacity to immobilize cadmium ions in the soil matrix, thereby reducing their bioavailability and phytotoxic impact (Ghorbani et al., 2022). The significant restoration of chlorophyll content by biochar application corroborates previous studies reporting biochar's role in reducing heavy metal bioavailability and

enhancing soil health (Mehdizadeh et al., 2021). Additionally, biochar may enhance soil physicochemical properties and nutrient availability, supporting chlorophyll synthesis and stability (Hussain et al., 2022).

Essential Oil Content

The highest essential oil content was recorded in plants subjected to moderate cadmium stress (50 mg Cd kg^{-1} soil) combined with 2% biochar amendment. Under this optimal treatment, essential oil content increased by approximately 62.1% compared to the control. In contrast, the lowest essential oil content was observed in the untreated control group. These findings suggest that moderate cadmium stress may act as a biochemical elicitor, stimulating the biosynthesis of secondary metabolites such as essential oils, while the addition of biochar further enhances this effect (Murtaza et al., 2025). The interaction between biochar and cadmium stress possibly promotes favorable modifications in soil physicochemical properties and plant physiological responses, including improved nutrient uptake, hormonal regulation, and reduced oxidative damage (Jahantigh et al., 2024). Biochar's capacity to adsorb heavy metals might mitigate cadmium toxicity, thereby allowing plants to redirect metabolic resources toward the synthesis of valuable secondary metabolites (Mehdizadeh et al., 2021). This synergistic enhancement of essential oil production is consistent with prior studies indicating that mild abiotic stress, when properly managed, can upregulate secondary metabolism in medicinal and aromatic plants (Mumivand et al., 2023; Haghaninia et al., 2025a).

Shoot Dry Weight

The shoot dry weight of *O. vulgare* gracile exhibited significant variation across cadmium stress levels and biochar treatments. The highest shoot dry weight was recorded under cadmium-free conditions combined with 2% biochar application, while the lowest value was observed in plants subjected to the highest cadmium stress level (100 mg Cd kg^{-1} soil) without biochar, reflecting a 26.9% reduction compared to the control. Notably, the application of 2% biochar under non-stress conditions led to an 107.1% increase in shoot dry weight relative to plants grown under 100 mg Cd kg^{-1} stress without biochar. These findings highlight the inhibitory effects of cadmium toxicity on plant biomass accumulation, particularly at high concentrations. Cadmium impairs vital physiological processes such as nutrient uptake, photosynthesis, and cellular division, ultimately reducing plant growth (Mumivand et al., 2023; Memari-Tabrizi et al., 2021). However, biochar application appears to mitigate these detrimental effects by improving soil physical properties, enhancing nutrient availability, and immobilizing cadmium in the soil matrix (Haider et al., 2025). The high porosity and cation exchange capacity of biochar may enhance water retention, microbial activity, and root development, all contributing to higher biomass production (Farhangi-Abriz and Ghassemi-Golezani, 2022). These results are consistent with previous studies that reported enhanced crop productivity and stress resilience through biochar supplementation (Murtaza et al., 2025). Thus, incorporating biochar into soil management practices, particularly in contaminated or marginal soils, could serve as an effective strategy to sustain biomass yield in medicinal and aromatic plants.

Conclusion

The present study demonstrates that cadmium-induced stress significantly impairs the physiological, biochemical, and growth attributes of *Origanum vulgare* subsp. Elevated cadmium concentrations markedly decreased chlorophyll content, shoot biomass accumulation, and induced oxidative stress, reflecting disruptions in metabolic processes and overall plant vitality. However, the application of biochar as a soil amendment effectively mitigated the adverse effects of cadmium stress. Biochar supplementation enhanced proline and soluble carbohydrate accumulation, improved essential oil content, preserved chlorophyll levels, and significantly increased shoot dry weight. These findings suggest that biochar improves soil physicochemical properties and reduces cadmium bioavailability, thereby enhancing the plant's defensive and adaptive mechanisms to maintain cellular homeostasis under metal stress. Consequently, the integration of biochar into soil management practices offers a promising strategy to enhance the tolerance and productivity of medicinal and aromatic plants cultivated in heavy metal-contaminated soils, promoting sustainable cultivation in environmentally challenging conditions.

References

Anwar, T., Shehzadi, A., Qureshi, H., Shah, M. N., Danish, S., Salmen, S. H., & Ansari, M. J. (2023). Alleviation of cadmium and drought stress in wheat by improving growth and chlorophyll contents amended with GA3 enriched deashed biochar. *Scientific Reports*, *13*(1), 18503.

Azimzadeh, Z., Hassani, A., Mandoulakani, B. A., Sepehr, E., & Morshedloo, M. R. (2023). Intraspecific divergence in essential oil content, composition and genes expression patterns of monoterpene synthesis in *Origanum vulgare* subsp. vulgare and subsp. gracile under salinity stress. *BMC plant biology*, *23*(1), 380.

Farhangi-Abriz, S., & Ghassemi-Golezani, K. (2022). The modified biochars influence nutrient and osmotic statuses and hormonal signaling of mint plants under fluoride and cadmium toxicities. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 1064409.

Ghorbani, M., Konvalina, P., Neugschwandtner, R. W., Kopecký, M., Amirahmadi, E., Moudrý Jr, J., & Menšík, L. (2022). Preliminary findings on cadmium bioaccumulation and photosynthesis in rice (*Oryza sativa* L.) and maize (*Zea mays* L.) using biochar made from C3-and C4-originated straw. *Plants*, *11*(11), 1424.

Haghaninia, M., Mashhouri, S. M., Molaei, B., Aslereyhani, N., Rasouli, F., Radicetti, E., ... & Mahdavinia, G. (2025a). Utilization of chitosan nanoparticles to alleviate chromium stress and improve biochemical properties and essential oil profile in *Thymus vulgaris*. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 1-16.

Haghaninia, M., Mashhouri, S. M., Najafifar, A., Soleimani, F., & Wu, Q. S. (2025b). Combined effects of zinc oxide nanoparticles and arbuscular mycorrhizal fungi on soybean yield, oil quality, and biochemical responses under drought stress. *Future Foods*, *11*, 100594.

Haider, F. U., Ain, N. U., Siddique, K. H., Farooq, M., & Li, Y. (2025). Enhancing bread wheat resilience to cadmium and drought stress: insights from physiological, morphological, and transcriptomic responses to biochar and 24-epibrassinolide application. *Biochar*, *7*(1), 59.

Hussain, S., Irfan, M., Sattar, A., Hussain, S., Ullah, S., Abbas, T., ... & Yang, J. (2022). Alleviation of cadmium stress in wheat through the combined application of boron and biochar via regulating morpho-physiological and antioxidant defense mechanisms. *Agronomy*, *12*(2), 434.

Jahantigh, M., Jahromi, M. G., Sefidkon, F., Diyanat, M., & Weisany, W. (2024). Co-application of biochar and selenium nanoparticles improves yield and modifies fatty acid profile and essential oil composition of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under cadmium toxicity. *Environmental Science and Pollution Research*, *31*(21), 31331-31342.

Mehdizadeh, L., Farsaraei, S., & Moghaddam, M. (2021). Biochar application modified growth and physiological parameters of Ocimum ciliatum L. and reduced human risk assessment under cadmium stress. *Journal of Hazardous Materials*, *409*, 124954.

Memari-Tabrizi, E. F., Yousefpour-Dokhanieh, A., & Babashpour-Asl, M. (2021). Foliar-applied silicon nanoparticles mitigate cadmium stress through physio-chemical changes to improve growth, antioxidant capacity, and essential oil profile of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *Plant physiology and biochemistry*, *165*, 71-79.

Mumivand, H., Izadi, Z., Amirizadeh, F., Maggi, F., & Morshedloo, M. R. (2023). Biochar amendment improves growth and the essential oil quality and quantity of peppermint (*Mentha× piperita* L.) grown under waste water and reduces environmental contamination from waste water disposal. *Journal of Hazardous Materials*, *446*, 130674.

Murtaza, G., Ahmed, Z., Usman, M., Deng, G., Chen, S., Alwahibi, M. S., ... & Iqbal, R. (2025). Protective effects of multiple-chemical engineered biochar on hormonal signalling, antioxidant pathways and secondary metabolites in Lavender exposed to chromium and fluoride toxicity. *Journal of Crop Health*, *77*(2), 1-23.

Thalassinos, G., Levizou, E., Florokapi, G., Rinklebe, J., Shaheen, S. M., & Antoniadis, V. (2024). Nitrogen fertilizer enhanced the vitality of oregano (*Origanum vulgare*) plants and boosted their ability to accumulate soil cadmium: agro-environmental implications. *Earth Systems and Environment*, *8*(3), 911-921.

تعدیل آسیب اکسیداتیو و تجمع متابولیت‌ها در *Origanum vulgare* تحت تنش کادمیوم با استفاده از بیوچار

محمد حقانی‌نیا*

استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، ایلام، ایران

*نویسنده مسئول: haghanii72@gmail.com

چکیده

آلودگی خاک با فلزات سنگین، به‌ویژه کادمیوم، تهدیدی جدی برای سلامت خاک، عملکرد گیاهان و پایداری اکوسیستم‌ها به شمار می‌رود؛ ازاین‌رو، شناسایی راهکارهای مؤثر برای کاهش اثرات زیان‌بار آن ضروری است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر بیوچار در سطوح صفر، یک و دو درصد (وزنی) بر پاسخ‌های فیزیولوژیک، میزان متابولیت‌های ثانویه، شاخص‌های تنش اکسیداتیو و وزن خشک اندام هوایی گیاه مرزنجوش (*Origanum vulgare* subsp) در شرایط تنش کادمیوم (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) در شرایط گلخانه‌ای در سال ۱۴۰۳ انجام شد. نتایج نشان داد که افزایش غلظت کادمیوم به‌ویژه در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، به‌طور معنی‌داری موجب کاهش میزان کلروفیل a و b، وزن خشک اندام هوایی و محتوای اسانس و افزایش شاخص‌های تنش اکسیداتیو گردید. در مقابل، استفاده از بیوچار، به‌ویژه در سطح ۲ درصد، به‌طور معنی‌داری موجب کاهش سطوح مالون‌دی‌آلدئید و پراکسید هیدروژن و افزایش میزان پرولین، کربوهیدرات‌های محلول، کلروفیل a و b، اسانس و وزن خشک اندام هوایی شد. بیشترین بهبود در شاخص‌های رشد و تحمل به تنش در تیمار ۲ درصد بیوچار مشاهده شد که نقش مؤثر آن را در کاهش سمیت ناشی از کادمیوم تأیید می‌کند. به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از بیوچار می‌تواند با تعدیل تنش اکسیداتیو و تنظیم پاسخ‌های متابولیکی، رویکردی مؤثر در بهبود مقاومت و عملکرد گیاهان دارویی در خاک‌های آلوده به کادمیوم باشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، امنیت غذایی، بیوچار، تنش اکسیداتیو، فلزات سنگین

تحلیل خوشه‌ای بیان ژن‌ها و شناسایی الگوهای زمانی مهم در فرایند رشد مادگی زعفران

زهرا زینتی*[1]، کمال غلامی‌پور فرد[2]
۱- بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، ایران
۲- بخش تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، ایران
*نویسنده مسئول: Zahra.zinati@gmail.com

چکیده

زعفران (*Crocus sativus* L.) گیاهی دارویی و ادویه‌ای ارزشمند است که رنگ و عطر آن به دلیل آپوکاروتنوئیدهایی مانند کروسین‌ها ایجاد می‌شود. اگرچه برخی آنزیم‌های کلیدی مسیر سنتز آپوکاروتنوئیدها شناسایی شده‌اند، شبکه‌های تنظیم‌کننده تجمع این ترکیبات هنوز به‌طور کامل شناخته نشده‌اند. هدف این مطالعه شناسایی ماژول‌های هم‌بیانی ژن مرتبط با بیوسنتز آپوکاروتنوئیدها در مادگی زعفران و بررسی شبکه‌های تنظیمی کنترل‌کننده آن‌ها است. به این منظور، داده‌های بیان ژن (RPKM) مادگی‌های زعفران در سه مرحله رشد از پایگاه داده NCBI با شماره دسترسی GSE103181 دریافت و با استفاده از زبان برنامه‌نویسی R (نسخه 4.4.3) و بسته‌های *data.table*، *matrixStats*، *dplyr*، *tidyr* و *ggplot2* تحلیل شدند. پس از پالایش، ژن‌هایی با حداقل RPKM ≥ 1 در یک مرحله حفظ و ۱۰۰۰۰ ژن با بیشترین تغییرات انتخاب گردیدند. با توجه به تعادل بین دقت آماری و قابلیت تفسیر زیستی، خوشه‌بندی K-means با $k=6$ بر داده‌های نرمال‌شده اعمال شد که شش الگوی بیان ژن متفاوت را نشان داد. خوشه‌های ۱ و ۲ افزایش بیان مستمر تا بلوغ داشتند، در حالی که سایر خوشه‌ها کاهش یا الگوهای گذرا نشان دادند. تحلیل مسیرهای KEGG توسط DAVID (https://davidbioinformatics.nih.gov) نقش متابولیکی را در خوشه‌ها تأیید کرد. همچنین با پایگاه داده iTAK (http://itak.feilab.net/cgi-bin/itak/index.cgi) خانواده‌های عوامل رونویسی مانند MYB، NAC، bHLH و HSF شناسایی شدند. بر اساس افزایش بیان، تحلیل KEGG و شناسایی عوامل رونویسی، خوشه‌های ۱ و ۲ احتمالا نقش اساسی در تنظیم متابولیسم آپوکاروتنوئیدها دارند. با این وجود، اعتبارسنجی تجربی و بررسی محدودیت‌های روش خوشه‌بندی ضروری است تا دامنه تعمیم نتایج در نمونه‌ها و شرایط مختلف مشخص گردد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل بیان زمانی، خوشه‌بندیK-means، زعفران، مادگی، ماژول‌های هم‌بیانی ژن

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) گیاهی دارویی و ادویه‌ای شناخته‌شده از خانواده Iridaceae است که رنگ قرمز و عطر متمایز آن به دلیل وجود آپوکاروتنوئیدهای خاصی مانند کروستین و کروسین‌ها است (Caballero-Ortega et al., 2007; Frusciante et al., 2014). با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در درک مسیرهای تنظیمی آپوکاروتنوئیدها در زعفران، اطلاعات مربوط به شبکه‌های تنظیمی همچنان محدود و ناکافی است (Baba et al., 2015). کمبود داده‌های جامع و تحلیل‌های مولکولی دقیق در زعفران مانع از شفافیت کامل درباره مکانیسم‌های تنظیمی این مسیر در این گونه

شده و ضرورت مطالعات ترانسکریپتومی و تحلیل‌های هم‌بیانی را برای پر کردن این خلأ برجسته می‌کند. درک جامع پویایی‌های بیان ژنی طی مراحل نمو مادگی زعفران، چشم‌انداز جدیدی درباره شبکه‌های تنظیم‌کننده مسیرهای بیوسنتز آپوکاروتنوئیدها ارائه می‌دهد. به ویژه، بررسی الگوهای هم‌بیانی ژن‌ها در مراحل مختلف رشد، امکان شناسایی ماژول‌های ژنی مرتبط و تنظیم‌کننده‌های احتمالی را فراهم می‌آورد. ماژول‌های هم‌بیانی ژن به گروه‌هایی از ژن‌ها گفته می‌شوند که در شرایط زمانی و یا مکانی مشابه بیان شده و احتمالاً در عملکردهای بیولوژیکی مشترک نظیر بیوسنتز آپوکاروتنوئیدها هماهنگ عمل می‌کنند. شناسایی چنین ماژول‌هایی، امکان تفکیک شبکه‌های پیچیده ژنی و درک بهتر مسیرهای متابولیکی را که شامل زنجیره واکنش‌های آنزیمی تولید این متابولیت‌های ارزشمند است، فراهم می‌سازد. همچنین، تنظیم‌کننده‌های احتمالی همچون عوامل رونویسی و پروتئین‌های دخیل در تنظیم بیان ژن‌ها هستند که می‌توانند کنترل‌کننده‌های کلیدی این مسیرهای بیوسنتزی باشند. شناخت عمیق‌تر این شبکه‌ها برای توسعه روش‌های مهندسی متابولیک به منظور افزایش میزان کروسین اهمیت حیاتی دارد.

در این مطالعه، با استفاده از روش یادگیری ماشین بدون نظارت خوشه‌بندیK-means، نمایه‌های بیان ترانسکریپتوم مادگی زعفران را در سه مرحله زمانی (در مرحله اولیه، دو روز قبل از باز شدن گل، در روز باز شدن گل) تحلیل کردیم. بر اساس تعاریف مورفولوژیکی ارائه شده توسط Tan و همکاران (۲۰۱۹)، مرحله اولیه (RED stage) به مادگی قرمز در غنچه بسته با طول تقریباً ۰/۸ سانتی‌متر و قرارگیری درون گلپوش اختصاص دارد. مرحله دوم (۲- روز) مربوط به مادگی قرمز تیره‌ای است که حدود دو روز قبل از باز شدن کامل گل و در غنچه بسته با طول تقریباً ۳ سانتی‌متر نمونه‌برداری شده است. نهایتاً، مرحله سوم (۰ روز) روز باز شدن گل را شامل می‌شود که در آن مادگی قرمز تیره خارج از گلپوش قرار دارد و نشان‌دهنده بلوغ کامل مادگی است. هدف این بود که با گروه‌بندی ژن‌هایی که الگوهای زمانی بیان مشابهی دارند، ماژول‌های هم‌بیانی ژنی را شناسایی کنیم که ممکن است شامل آنزیم‌های کلیدی و اجزای تنظیمی جدید در سنتز آپوکاروتنوئید باشند. این چارچوب می‌تواند پایه‌ای قوی برای شناخت بهتر شبکه‌های مولکولی کنترل‌کننده مسیرهای متابولیکی مهم در زعفران فراهم سازد.

مواد و روش‌ها

برای شناخت ماژول‌های هم‌بیانی، داده‌های بیان ژن Reads Per Kilobase Million (RPKM) مادگی‌های زعفران در سه مرحله کلیدی رشد از پایگاه داده NCBI با شماره دسترسی GSE103181 دریافت شد (Tan et al., 2019). به دلیل در دسترس بودن داده‌های آماده در پایگاه NCBI و با توجه به هدف مطالعه که بررسی الگوهای هم‌بیانی ژن‌ها در طول زمان بود، و از آنجا که مقادیر RPKM قادر به نشان دادن تغییرات نسبی بیان ژن‌ها در نمونه‌های مختلف می‌باشند، از RPKM استفاده شد. هرچند RPKM نسبت به روش‌های نرمال‌سازی پیشرفته‌تری مانند TPM، DESeq2 و edgeR محدودیت‌هایی دارد، اما برای اهداف تحلیل هم‌بیانی زمانی، این روش پاسخگو بود. تمام مراحل پردازش داده‌ها، تحلیل و تصویرسازی در محیط آماری R (نسخه 4.4.3)انجام شد. بسته‌های مورد استفاده شامل *data.table* برای مدیریت داده‌ها، *matrixStats* برای محاسبات آماری، *dplyr* و *tidyr* برای سازماندهی داده‌ها و *ggplot2* برای رسم نمودارها بودند.

پیش‌پردازش داده‌ها

ژن‌هایی که حداقل در یکی از نمونه‌ها دارای سطح بیان برابر یا بالاتر از مقدار RPKM = 1 بودند، در مرحله اولیه فیلتراسیون انتخاب گردیدند. سپس مقادیر RPKM با استفاده از تبدیل log2(RPKM+1) به منظور تثبیت واریانس داده‌ها، به لگاریتم پایه دو تبدیل شدند. برای تمرکز بر ژن‌هایی که تغییرات بیان قابل توجهی دارند، واریانس مقادیر

لگاریتم‌شده برای هر ژن در تمام نمونه‌ها محاسبه شد. سپس 10000 ژن با بیشترین واریانس برای تجزیه و تحلیل‌های بعدی انتخاب گردید. در این مطالعه، هر مرحله زمانی با سه تکرار زیستی مستقل نمونه‌برداری شده است و میانگین بیان ژنی هر ژن در هر مرحله زمانی بر اساس این تکرارها محاسبه شد. در نهایت، داده‌های میانگین‌گیری شده به روش نرمال‌سازی z-score برای هر ژن به صورت جداگانه استانداردسازی شدند

تحلیل خوشه‌بندی K-means

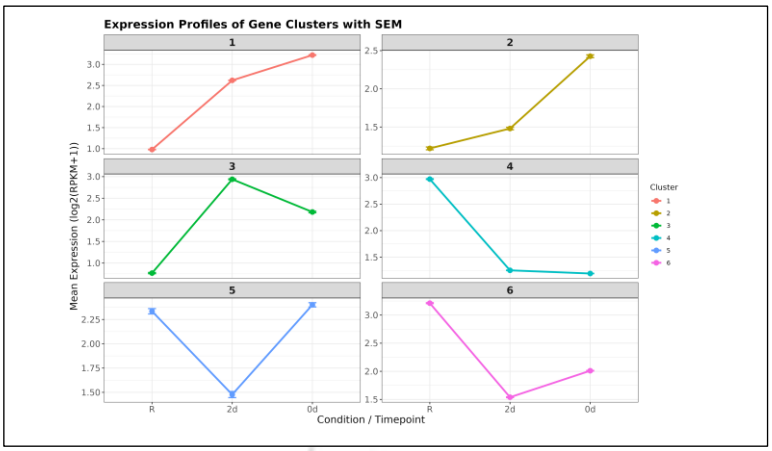
برای شناسایی گروه‌های ژنی با الگوهای بیان مشابه در طول توسعه مادگی، خوشه‌بندی K-means روی ماتریس بیان ژن‌های نرمال‌شده Z-score اجرا شد. در تحلیل خوشه‌بندی، معیارهای الگوریتمی مانند Elbow method و Silhouette score به طور معمول برای پیشنهاد بهترین تعداد خوشه‌ها به کار می‌روند و اغلب نتایج خوبی ارائه می‌دهند. با این حال، در داده‌های زیستی که هدف شناساندن الگوهای بیان ژن معنادار است، انتخاب تعداد خوشه‌ها بهینه باید ترکیبی از این معیارهای کمی و ارزیابی تفسیر زیستی باشد. گاهی بهترین تعداد خوشه که الگوریتم‌ها پیشنهاد می‌کنند ممکن است پیچیدگی بیش از حد یا تفسیر دشوار ایجاد کند. در این مطالعه، مقادیر k مختلف بر اساس این معیارها بررسی شد، اما خوشه‌بندی با آن مقادیر پیشنهاد شده، قابلیت تفسیر زیستی مناسبی نداشت. بر این اساس، $k=6$ به عنوان بهترین تعادل بین بهینه بودن آماری و قابلیت تفسیر انتخاب شد تا نتایج کاربردی و قابل فهم برای پژوهش تولید شود. الگوریتم با ۲۵ مقدار اولیه تصادفی (nstart=25) و حداکثر ۵۰ تکرار (iter.max=50) برای تضمین همگرایی و پایداری نتایج اجرا شد.

آنالیز مسیر KEGG و شناسایی عوامل رونویسی خوشه‌های کاندید

برای هر خوشه ژنی، توالی‌های نوکلئوتیدی با BLASTX در آرابیدوپسیس جستجو شدند تا پروتئین‌های متناظر شناسایی شوند. سپس شناسه‌های TAIR استخراج و برای آنالیز مسیرهای زیستی در پایگاه DAVID (https://davidbioinformatics.nih.gov) استفاده شدند. همچنین عوامل رونویسی مرتبط هر خوشه (ماژول) با استفاده از iTAK (http://itak.feilab.net/cgi-bin/itak/index.cgi) تعیین شدند. همه تحلیل‌ها با پارامترهای پیش‌فرض انجام شد.

نتایج و بحث

داده‌های RNA-seq مادگی زعفران پالایش و ژن‌های با بیان کمتر از RPKM=1 حذف شدند، در نهایت ۷۵۳۶۲ ژن باقی ماند. سپس ۱۰۰۰۰ ژن با بیشترین واریانس انتخاب شدند. بر اساس تحلیل خوشه‌بندی بیان ژن‌ها در سه مرحله زمانی مختلف، شش الگوی مشخص از تغییرات بیان مشاهده شد که نشان‌دهنده نقش‌های متفاوت ژن‌ها در طول مسیر زیستی مورد مطالعه است. در این مطالعه، علاوه بر تحلیل توصیفی با استفاده از نمودارهای خطی که تغییرات میانگین بیان ژن‌ها در مراحل مختلف را نشان می‌دهد، بازه‌های خطای استاندارد میانگین (SEM) نیز به منظور نمایش پراکندگی داده‌ها و دقت تخمین میانگین در نمودارها لحاظ شده است (شکل ۱). این امر کمک می‌کند تا روند کلی بیان ژن‌ها به صورت بصری همراه با میزان تغییرات در نمونه‌ها بهتر درک شود.



شکل ۱. خوشه‌بندی K-means پروفایل‌های بیان ژن در زعفران. نمودارهای پروفایل بیان میانگین خوشه‌های ژنی در شرایط مختلف با نمایش بازه‌های خطای استاندارد میانگین (Standard Error of the Mean). هر پنل مربوط به یک خوشه جداگانه است. هر خط نمایانگر الگوی بیان میانگین یک خوشه در سه مرحله نموی مادگی است. خطوط عمودی خطاهای استاندارد در اطراف نقاط میانگین رسم شده‌اند که نشان‌دهنده واریانس نمونه‌ها در هر شرایط می‌باشد.

خوشه‌های ۱ و ۲ هر دو افزایش بیان ژن‌ها اما با الگوهای متمایز را در طول زمان نشان می‌دهند. خوشه ۱ نمایانگر افزایشی تدریجی و پیوسته است؛ به طوری که بیان ژن‌ها از سطح پایین در مرحله R شروع شده و به صورت گام‌به‌گام تا مرحله نهایی (0d) افزایش می‌یابد. این الگو می‌تواند نشانگر فعالیت‌های تنظیمی یا سازگاری تدریجی با تغییر شرایط باشد که در مراحل پایانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. خوشه ۲ برخلاف آن، بیان ژن‌ها در مراحل ابتدایی و میانی پایین است ولی در مرحله نهایی به صورت ناگهانی و قوی افزایش می‌یابد. این الگو بیانگر فعال‌سازی سریع و اختصاصی ژن‌هایی است که احتمالاً در رویدادهای کلیدی در مرحله آخر فعال می‌شوند. خوشه ۳ بیان موقتی دارد که در مرحله میانی اوج می‌گیرد و سپس کاهش می‌یابد. خوشه ۴ بیان بالا در آغاز دارد ولی به مرور کاهش می‌یابد. خوشه ۵ الگوی V شکل با کاهش در میانه مسیر و افزایش مجدد در پایان دارد. خوشه ۶ کاهش شدید در مرحله میانی و بازیابی نسبی در مرحله نهایی را نشان می‌دهد.

از آنجا که تنها خوشه‌های ۱ و۲ افزایش بیان ژنی مستمر یا قابل توجه در طول زمان نشان می‌دهند، می‌توان آن‌ها را به عنوان ماژول‌های کلیدی فعال‌شونده در طول فرآیند مطالعه معرفی و تمرکز اصلی تحلیل‌ها را بر روی آن‌ها متمرکز کرد. آنالیز مسیر ژن‌های خوشه ۱، نشان داد که این ژن‌ها به طور معنی‌داری (P-value < 0.05) در مسیرهای کلیدی متابولیک شامل مسیرهای عمومی متابولیک (ath01100) و مسیرهای مرتبط با فتوسنتز و پروتئین‌های آنتنایی فتوسنتزی (ath00196) مشارکت دارند. این نتایج بیانگر نقش مهم خوشه ۱ در فرآیندهای متابولیکی و تولید انرژی است. در مقابل، تحلیل خوشه۲، مسیر سیگنال‌دهی هورمون‌های گیاهی (ath04075) را با P-value حدود ۰/۰۷ نشان داد که از نظر آماری معنادار نیست. این موضوع ممکن است به دلیل توزیع عملکرد متنوع ژن‌ها در خوشه ۲ باشد. شناسایی تنظیم‌کننده‌های احتمالی در خوشه‌های ژنی نشان داد خوشه ۱ شامل خانواده‌های مهمی مانند MYB و NAC (هرکدام ۴ ژن)، bHLH وHSF (هر کدام ۳ ژن)، HB و MADS (هر کدام ۲ ژن) و همچنین zf-HD، AP2/ERF، bZIP و دیگر خانواده‌ها بود. در خوشه ۲ خانواده‌هایی همچون MYB ، C3H، HSF، TUB و PLATZ شناسایی شدند. این نتایج حاکی از وجود تنظیم‌کننده‌های متنوع و بالقوه کلیدی در تنظیم بیان ژن‌های این خوشه‌ها

است که نقش مهمی در کنترل فرآیندهای زیستی مرتبط با آنها دارند. نتایج این مطالعه در مورد نقش خوشه‌های ۱ و ۲ در متابولیسم آپوکاروتنوئیدها و شناسایی عوامل رونویسی، با یافته‌های مطالعات مشابه روی زعفران و گیاهان ادویه‌ای دیگر همخوانی دارد. به عنوان مثال، مطالعه‌ای توسط Eshaghi و همکاران (۲۰۲۴) نشان داد که خانواده‌های عوامل رونویسی مانند MYB و AP2/ERF در تنظیم مسیر بیوسنتز کروسین در زعفران نقش کلیدی دارند. همچنین، مطالعه‌ای روی گیاه *Curcuma longa* (زردچوبه) توسط نشان داد که الگوهای بیان ژن مشابه و عوامل رونویسی مانند bHLH در تنظیم مسیرهای متابولیکی مرتبط با ترکیبات ارزشمند ادویه‌ای نقش دارند (RS and TE, 2021). این یافته‌ها نشان می‌دهد خوشه‌های ۱ و ۲ احتمالاً در کنترل متابولیسم آپوکاروتنوئیدها نقش دارند و خوشه‌بندی ژن‌ها بر اساس بیان زمانی ابزار مفیدی برای شناسایی ژن‌های هدف در مهندسی متابولیک است. در مجموع، بر اساس افزایش بیان ژن، تحلیل‌های مسیر KEGG و شناسایی خانواده‌های عوامل رونویسی کلیدی که در سنتز ترکیبات ارزشمند ادویه‌ای نقش دارند، شواهد مولکولی برای عملکرد تنظیمی خوشه‌ها در متابولیسم آپوکاروتنوئیدها فراهم می‌کند. این خوشه‌ها به‌عنوان منابع ارزشمندی برای شناسایی ژن‌ها و عوامل تنظیمی کاندید عمل می‌کنند. این رویکرد می‌تواند زمینه‌ساز تحقیقات عمیق‌تر و توسعه کاربردهای زیست‌فناوری به منظور بهبود تولید و کیفیت زعفران باشد.

منابع

Baba, S.A., Mohiuddin, T., Basu, S., Swarnkar, M.K., Malik, A.H., Wani, Z.A., Abbas, N., Singh, A.K., Ashraf, N. (2015). Comprehensive transcriptome analysis of *Crocus sativus* for discovery and expression of genes involved in apocarotenoid biosynthesis. *BMC genomics*, *16(1)*, 698.

Caballero-Ortega, H., Pereda-Miranda, R., Abdullaev, F. (2007). HPLC quantification of major active components from 11 different saffron (*Crocus sativus* L.) sources. *Food Chemistry* 3, 1126.

Eshaghi, M., Rashidi-Monfared, S. Co-regulatory network analysis of the main secondary metabolite (SM) biosynthesis in *Crocus sativus* L.. (2024). *Scientific Reports*, *14*, 15839.

Frusciante, S., Diretto, G., Bruno, M., et al. (2014). Novel carotenoid cleavage dioxygenase catalyzes the first dedicated step in saffron crocin biosynthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, *111*, 12246.

RS, A., TE, S. (2020). Novel bHLH and WD40 transcription factors from turmeric (*Curcuma longa* L.) as putative regulators of curcumin biosynthesis. *Journal of Plantation Crops*, *49(1)*, 20-27.

Tan, H., Chen, X., Liang, N., Chen, R., Chen, J., Hu, C., Li, Q., Li, Q., Pei, W., Xiao, W., Yuan, Y., Chen, W., Zhang, L. (2019). Transcriptome analysis reveals novel enzymes for apo-carotenoid biosynthesis in saffron and allows construction of a pathway for crocetin synthesis in yeast. *Journal of Experimental Botany*, *70(18)*, 4819.

Cluster Analysis of Gene Expression and Identification of Key Temporal Patterns during Stigma Development in Saffron

Zahra Zinati[1*], Kamal Gholamipour Fard[2]
1. Department of Agroecology, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz, Iran
2. Department of Plant Production, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz, Iran
[*]*Corresponding Author: Zahra.zinati@gmail.com*

Abstract

Saffron (*Crocus sativus* L.) is a valuable medicinal and spice plant, with its distinct color and aroma attributed to specific apocarotenoids such as crocins. Although some key enzymes involved in the biosynthesis of these compounds have been identified, the regulatory networks controlling their accumulation remain unclear. This study aims to identify gene co-expression modules related to apocarotenoid biosynthesis in the saffron stigma and to investigate the regulatory networks controlling them. To this end, gene expression data (RPKM) from saffron stigmas at three developmental stages were obtained from the NCBI database (accession number GSE103181) and analyzed using R (version 4.4.3) with the data.table, matrixStats, dplyr, tidyr, and ggplot2 packages. After filtering, genes with a minimum RPKM ≥ 1 in at least one stage were retained, and the 10,000 genes with the highest expression variation were selected. Balancing statistical accuracy and biological interpretability, k-means clustering with k=6 was applied to normalized data, revealing six distinct gene expression patterns. Clusters 1 and 2 showed a continuous increase in expression until maturity, while other clusters exhibited decreasing or transient expression patterns. KEGG pathway analysis using DAVID (https://davidbioinformatics.nih.gov) confirmed metabolic roles in these clusters. Additionally, transcription factor families such as MYB, NAC, bHLH, and HSF were identified using the iTAK database (http://itak.feilab.net/cgi-bin/itak/index.cgi). Based on expression patterns, KEGG analysis, and transcription factor identification, clusters 1 and 2 likely play key roles in regulating apocarotenoid metabolism. However, experimental validation and careful consideration of clustering limitations are necessary to assess the generalizability of these findings across different samples and conditions.

Keywords: Temporal expression analysis, K-means clustering, *Crocus sativus*, Stigma, Gene co-expression modules

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

کشت درون شیشه‌ای و کالوس زایی در گیاه چای کوهی (*Stachys lavandulifolia Vahl*)

فردین قنبری ملکی*[۱]، هاله سیدعباسی[۲]، محمد احمدآبادی[۳]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی
۲- دانشجوی دکتری بیوتکنولوژی
۲- دکتری بیوتکنولوژی و هیت علمی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
*نویسنده مسئول: Fardinghanbarimaleki7929@gmail.com

چکیده

چای کوهی با نام علمی *Stachys lavandulifolia Vahl* یکی از گیاهان دارویی ارزشمند است. این گیاه علفی، دگرگشن، و چند ساله با چند ساقه‌ای رونده حاوی کرک‌های خاکستری پشم گونه است و گل‌هایی به صورت سنبله‌های پنبه مانند و آبی مایل به بنفش دارد که پراکنش گسترده‌ای در ایران داشته و از خواص درمانی متعددی برخوردار می‌باشد. به علت اینکه گونه‌های دارویی عمدتاً به صورت خودرو و پرکاربرد، دارای نیازهای اکولوژیکی خاص و پراکنش محدود هستند، کشت این گیاهان به صورت درون شیشه‌ای می‌تواند به عنوان یکی از کاربردی‌ترین روش‌ها برای حفظ ذخایر ژنتیکی، انجام اصلاحات گیاهی، تولید نهال، و کشت سوسپانسیون جهت تولید متابولیت‌های ثانویه باشد. لذا در این پژوهش، محیط‌کشت مناسب برای جوانه‌زنی و کالوس‌زایی چای کوهی مورد ارزیابی قرار گرفت. بذرهای چای کوهی پس از ۳۵ روز کشت در محیط MS جوانه زدند و ریزنمونه‌های برگ به محیط‌های حاوی هورمون با غلظت‌های ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر از BAP و NAA (با نسبت برابر) منتقل شدند. پس از دو هفته، فرآیند کالوس‌زایی مشاهده گردید. بیشترین میزان کالوس‌زایی چای کوهی، در محیط کشت حاوی ۱ میلی‌گرم بر لیتر BAP و NAAثبت شد، که نشان‌دهنده پتانسیل بالای این گیاه برای تولید انبوه متابولیت‌های ثانویه با استفاده از تکنیک‌های کشت‌بافت است. این ترکیبات دارویی ارزشمند می‌توانند در صنایع دارویی، غذایی، و آرایشی از طریق بیوتکنولوژی و کشت‌های کنترل‌شده به‌طور مؤثری تولید شوند.

واژه‌های کلیدی: چای کوهی، ذخایر بانک ژنی، جوانه‌زنی، کالوس‌زایی، گیاهان دارویی

مقدمه

جنس *Stachys* از خانواده نعناعیان که با ۳۴ گونه و چهار زیرگونه پراکنش زیادی در ایران دارد. از بین این ۳۴ گونه ۱۳ گونه آن انحصاری ایران است، یکی از گونه‌های دارویی این جنس که خواص درمانی متعددی دارد، چای‌کوهی با نام علمی *Stachys lavandulifolia vahl* می‌باشد که در مناطق مختلف ایران رویش دارد. این گیاه، علفی، دگرگشن، و چند ساله با چند ساقه‌ای رونده حاوی کرک‌های خاکستری پشم گونه است و گل‌هایی به صورت سنبله‌های پنبه مانند و آبی مایل به بنفش دارد، و زمان گلدهی آن اواخر بهار و اوایل تابستان می‌باشد و گل‌ها کمی معطر و دارای بوی مخصوص و همچنین میوه‌های آن کپسولی شکل است (Arabsalehi et al. 2016, Veisi et al. 2019). گیاه چای‌کوهی دارای طبیعت گرم و خشک است که در ایران در دامنه کوه‌های البرز، کرج چالوس و مازندران و همچنین نقاط شمال

غرب کشور به وفور یافت می‌شود (Pirbalouti, 2009). چای کوهی به عنوان یک گیاه دارویی برای درمان بسیاری از بیماری‌ها از جمله درمان زخم و درمان بیماری‌های ناشی از مزاج سرد و رطوبت زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. (Bahadori et al. 2020).

با توجه به افزایش جمعیت و به دنبال آن بالا رفتن نیازهای غذایی، بهداشتی و دارویی، نقش گیاهان دارویی در برآورده کردن این نیازها حائز اهمیت است. در مواجهه با این نیازها ذخیره و حفظ منابع ژنتیکی گیاهی از سراسر جهان ضروری است (Ahmad et al. 2018).

گونه‌های دارویی، وحشی و پرکاربرد که نیازهای اکولوژیکی خاص و در نتیجه دارای پراکنش محدود هستند، سرعت تکثیر و رشد کندی دارند و اندام‌های تولید مثلی آن‌ها گل، میوه و بذر یا اندام‌های مستقر کننده آن‌ها مانند ریشه‌ها و ریزوم‌ها مصرف دارویی داشته، در اثر برداشت بی‌رویه بیش‌تر در معرض خطر انقراض می‌باشند (Dar et al. 2017).

هدف از به‌نژادی گیاهان دارویی نیز افزایش کمیت و کیفیت آن دسته از مواد موثره در این گیاهان است که در صنایع غذایی عطرسازی و دارویی اهمیت خاصی دارند؛ اما در این راه مراحل بسیاری وجود دارند که اولین و مهم‌ترین آن‌ها جمع‌آوری ذخایر ژنتیکی گیاه مورد نظر، حفظ و نگهداری کلکسیون، تعیین خصوصیات و تنوع ژنتیکی نمونه‌های جمع‌آوری شده می‌باشد. بنابراین در حال حاضر نگهداری ذخایر توارثی و جلوگیری از فرسایش و انقراض این گونه‌ها به ویژه گونه‌های بومی از اهمیت خاصی برخوردار است (Ceccarelli and Grando 2020).

مواد و روش‌ها

۱- محل نمونه‌برداری بذرهای چای‌کوهی

بذر چای‌کوهی از شهر ملکان در استان آذربایجان شرقی، واقع در طول جغرافیایی ۴۶/۲۵۹۲۶۰۶۷ و عرض جغرافیایی ۳۷/۲۳۰۶۹۰۵۸ جمع‌آوری شد.

۲- جمع‌آوری بذر

وزن هزار بذر چای کوهی، ۱۲/۷ گرم است. این گیاه تا اوایل ماه تیر به بلوغ کامل می‌رسد. با توجه به دشواری جمع‌آوری بذرهای این گیاه (زیرا بذرها پس از رسیدگی به‌سرعت و نامنظم پراکنده می‌شوند)، ورقه آلومینیومی به شکل حرف V قرار داده شد و سوراخ‌های کوچکی در پایین آن برای زهکشی آب باران ایجاد گردید. پس از رسیدگی و پراکندگی بذرها، جمع‌آوری انجام شد.

۳- ضدعفونی بذر

صد عدد بذر چای کوهی با وزن تقریبی ۱۲ گرم ابتدا با آب مقطر شسته شدند، سپس به مدت ۱۰ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد روی شیکر قرار داده شدند. در مرحله بعد، بلافاصله دو بار با آب مقطر شسته شده و به مدت ۱ دقیقه در اتانول ۷۰ درصد ضدعفونی شدند، سپس سه بار با آب مقطر استریل شسته شده و آماده‌ی کاشت گردیدند.

۴- کشت درون شیشه‌ای

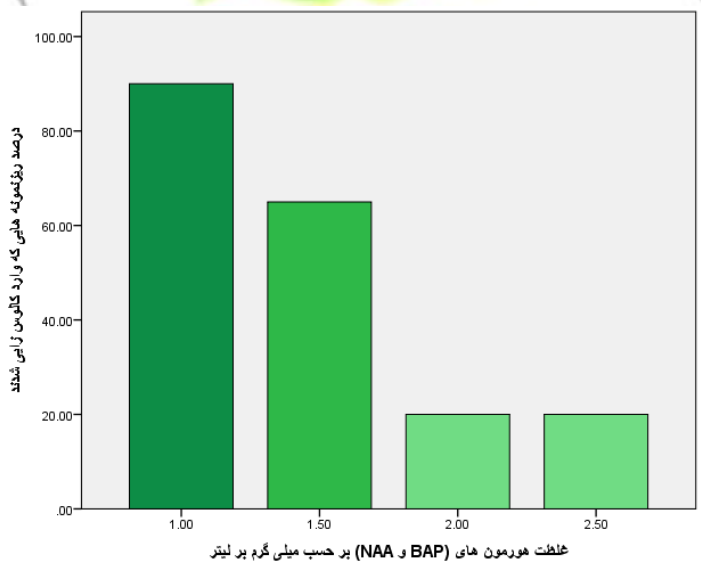
برای کشت درون شیشه‌ای *S. lavandulifolia* از محیط پایه کشت موراشیگ و اسکوگ (Murashige and Skoog 1962) بدون هورمون استفاده شد. ابتدا محیط MS به حجم نیم لیتر طبق دستورالعمل آماده گردید و پس از

افزودن هورمون‌ها، اسیدیته‌ی آن روی ۵/۸ تنظیم شد. سپس محیط به مدت ۲۰ دقیقه در اتوکلاو استریل گردید و در داخل هود کشت بافت، به حجم ۳۰۰ میلی‌لیتر درون پتری‌دیش‌ها پخش شد. پس از گذشت ۳ روز و عدم مشاهده‌ی آلودگی، ریزنمونه‌ها روی محیط کشت قرار گرفتند.

برای جوانه‌زنی، خراش‌دهی بذر ضروری است. این کار با نگه‌داشتن بذر توسط پنس و اعمال فشار ملایم برای شکستن پوسته‌ی خارجی انجام شد. سپس بذرها روی محیط کشت MS قرار داده شدند. جوانه‌زنی پس از ۳۵ روز در دمای ۲۵–۲۶ درجه‌ی سانتی‌گراد، با ۱۶ ساعت نور و ۸ ساعت تاریکی، رخ داد. از گیاهچه‌های حاصل، نمونه‌های کوچک برگی برای تشکیل کالوس در کشت سوسپانسیون گرفته شد و در محیط کشت MS حاوی ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر از هورمون‌های NAA و BAP قرار داده شدند. پس از دو هفته، بیشترین میزان کالوژنز در تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر از هر دو هورمون مشاهده شد (شکل ۱). در هفته‌ی پنجم، وزن کالوس‌های حاصل از نمونه‌های برگی با ابعاد تقریبی ۰/۵ × ۰/۵ سانتی‌متر، بین ۸ تا ۱۱ گرم متغیر بود.

نتایج و بحث

چای‌کوهی با داشتن ترکیبات معطر و خواص دارویی، به‌عنوان گیاهی ارزشمند برای مصارف دارویی شناخته می‌شود و در مناطق مختلف آذربایجان با نام‌های «چوبان‌چایی» یا «توکلوجه» شناخته شده و به‌عنوان دمنوش فصلی مورد استفاده قرار می‌گیرد(Giri & Zaheer, 2016) . در این پژوهش پس از دو هفته، بیشترین میزان کالوژنز در تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر از هر دو هورمون مشاهده شد (شکل ۱). در هفته‌ی پنجم، وزن کالوس‌های حاصل از نمونه‌های برگی با ابعاد تقریبی ۰/۵ × ۰/۵ سانتی‌متر، بین ۸ تا ۱۱ گرم متغیر بود.



شکل ۱. تاثیر هورمون‌های BAP و NAA روی درصد کالوسزایی از قطعات برگ چای کوهی

تکنیک‌های کشت‌بافت یکی از شاخه‌های کاربردی بیوتکنولوژی گیاهی محسوب می‌شوند که امکان استخراج متابولیت‌های ارزشمند گیاهی را تحت شرایط کنترل‌شده فراهم می‌کنند(Murthy et al., 2014).

ترکیبات ثانویه‌ای که در گروه‌های آلکالوئیدها، فلاونوئیدها و ترپنوئیدها یافت می‌شوند، می‌توانند فعالیت‌های بیولوژیکی متنوعی از خود نشان دهند و در پیشگیری از انواع مختلف بیماری‌ها مؤثر باشند (Ramakrishna & Ravishankar, 2011). افزون بر صنعت داروسازی، کاربردهای این ترکیبات در تولید رنگ، فرآوری غذا، صنایع آرایشی و مدیریت کشاورزی نیز دیده می‌شود. بنابراین، تولید آن‌ها در مقادیر زیاد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تولید مقیاس بزرگ متابولیت‌های ثانویه می‌تواند از طریق استخراج از گیاهان کشت‌شده یا با استفاده از فناوری فیتوفرمنتیشن در کشت‌های درون‌شیشه‌ای صورت گیرد. ترکیب این استراتژی‌ها با رویکردهای بیوتکنولوژی سنتزی، نه تنها به درک بهتر تعامل داروها و پاتولوژی‌ها کمک می‌کند، بلکه کارایی توسعه محصولات جدید در صنایع مرتبط را نیز افزایش می‌دهد (Ramakrishna & Ravishankar, 2011).

با کشف متابولیت‌های ثانویه جدید و به‌کارگیری روش‌های تحلیلی نوین در صنعت شیمی، تولید بیوتکنولوژیکی در مقیاس بزرگ پیشرفت خواهد کرد (Murthy et al., 2014). این مطالعه با هدف نشان دادن اهمیت ترکیبات ثانویه تولیدشده توسط گیاهان و تأکید بر نقش آن‌ها در توسعه فناوری‌های تحقیقاتی انجام شده است. همچنین اطلاعاتی درباره کاربردهای بیوتکنولوژیکی مبتنی بر کشت‌بافت در این مطالعه ارائه شده است. هدف نهایی، ارائه راهکارهایی برای تولید کافی و با کیفیت این ترکیبات از طریق کاربردهای بیوتکنولوژیکی در صنایع مرتبط است.

منابع

Ahmad M, Zafar M, Shahzadi N, Yaseen G, Murphey TM, Sultana S. 2018. Ethnobotanical importance of medicinal plants traded in Herbal markets of Rawalpindi-Pakistan. Journal of Herbal Medicine 11:78-89.

Arabsalehi F, Rahimmalek M, Ehtemam MH, Salehi A. 2016 .Assessment of genetic variation in different Stachys lavandulifolia accessions using morphological and essential oil content. Taxonomy and Biosystematics 8:41-50.

Bahadori MB, Zengin G, Dinparast L, Eskandani M. 2020. The health benefits of three Hedgenettle herbal teas (Stachys byzantina, Stachys inflata, and Stachys lavandulifolia)-profiling phenolic and antioxidant activities. European Journal of Integrative Medicine 36:101134.

Ceccarelli S, Grando S. 2020. Participatory plant breeding: who did it, who does it and where? Experimental Agriculture 56:1-11.

Dar RA, Shahnawaz M, Qazi PH. 2017. General overview of medicinal plants: A review. The journal of phytopharmacology 6:349-351.

Murashige T, Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia plantarum 15.

Pirbalouti AG. 2009. Medicinal plants used in Chaharmahal and Bakhtyari districts of Iran. Herba Polonica 2:69-77.

Veisi H, Kazemi S, Mohammadi P, Safarimehr P, Hemmati S. 2019. Catalytic reduction of 4-nitrophenol over Ag nanoparticles immobilized on Stachys lavandulifolia extract-modified multi walled carbon nanotubes. Polyhedron 157:232-240.

Murthy, H. N., Lee, E. J., & Paek, K. Y. (2014). Production of secondary metabolites from cell and organ cultures: Strategies and approaches. Critical Reviews in Biotechnology, 34(1), 74–93.

Ramakrishna, A., & Ravishankar, G. A. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. Plant Signaling & Behavior, 6(11), 1720–1731.

Giri, L., & Zaheer, M. (2016). Chemical diversity and medicinal potential of plants from the genus Origanum. Phytochemistry Reviews, 15, 1033–1050.

In Vitro Culture and Callus Induction of Mountain Tea (Stachys lavandulifolia)

Fardin Ghanbari Maleki[1], Haleh Seyed-Abbasi[2], Mohammad Ahmadabadi[3]
1. M.Sc. Student of Biotechnology
2. Ph.D. Student of Biotechnology
3. Ph.D. in Biotechnology and Faculty Member, Shahid Madani University of Azerbaijan
Corresponding Author: fardinghanbarimaleki7929@gmail.com

Abstract

Stachys lavandulifolia (Vahl) is a highly valued medicinal herb, perennial, dicotyledonous, with multiple prostrate stems covered in woolly gray hairs, and bearing bluish-purple, cotton-like inflorescences. It is widely distributed across Iran and possesses numerous therapeutic properties. Because most medicinal species grow wild, have specific ecological requirements, and often exhibit limited natural distribution, developing in vitro propagation protocols is critical for conservation of genetic resources, plant improvement, seedling production, and suspension culture for secondary metabolite biosynthesis.

In this study, we evaluated optimal culture media for seed germination and callus induction of mountain tea. Seeds germinated on Murashige & Skoog (MS) medium after 35 days of culture. Leaf explants were then transferred to media supplemented with equal ratios of 6-benzylaminopurine (BAP) and α-naphthaleneacetic acid (NAA) at concentrations of 1.0, 1.5, and 2.0 $mg.L^{-1}$. Callogenesis was observed two weeks post-inoculation. The highest callus induction frequency was recorded on medium containing 1.0 $mg.L^{-1}$ BAP + 1.0 $mg.L^{-1}$ NAA, highlighting the strong potential of *S. lavandulifolia* for large-scale production of valuable secondary metabolites via plant tissue culture techniques. These bioactive compounds can be efficiently manufactured for pharmaceutical, nutraceutical, and cosmetic industries under controlled biotechnological cultivation.

Keywords: *Stachys lavandulifolia*, genetic resource bank, seed germination, callus induction, medicinal plants.

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

شناسایی گونه‌های جنس کاکوتی (*Ziziphora* L.) از خانواده نعناعیان در منطقه دره تنگ الشتر استان لرستان

الهام فاریابی[1*]، حدیث زارع منش[1]
۱- استادیار گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایرا ن
*نویسنده مسئول: E_faryabi@pnu.ac.ir

چکیده

خانواده نعناعیان پراکنش گسترده‌ای در ایران داشته و بسیاری از جنس‌های این تاکسون بومی ایران هستند. اعضای این خانواده در استان لرستان پراکندگی وسیعی داشته و در شرایط اکولوژیکی و ارتفاعات مختلف می‌رویند. گیاهان خانواده نعناع به دلیل داشتن متابولیت‌های ثانویه، به‌خصوص اسانس‌های معطر و فلاونوئیدها کاربردهای خوراکی، دارویی و صنعتی بسیار دارند. پس در طب سنتی، صنایع غذایی، دارویی و آرایشی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. با توجه به غنای پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه و کاربردهای گسترده و گوناگون بومی و منطقه‌ای این گیاهان به عنوان غذا و دارو انجام این مطالعه به منظور شناخت و حفاظت بیشتر و بهتر آن‌ها اهمیت دارد. بررسی حاضر می‌تواند گونه‌های دارای پتانسیل مطلوب به منظور تجاری سازی و اقتصادی به عنوان یک محصول دارویی و یا دارای ارزش فرآورده‌ای را شناسایی و جهت مطالعات آتی کاربردی و کشاورزی معرفی نماید. جهت انجام تحقیق حاضر، جمع‌آوری‌های متعدد ی از مکان‌های پراکنش در دره تنگ الشتر در زمان‌های مختلفی صورت گرفت. نمونه‌های جمع‌آوری شده پس ا ز انتقال به هرباریوم، مورد مطالعه ریخت شناسی قرار گرفته و براساس منابع معتبر شناسایی شده و مورد مطالعه قرار گرفتند. براساس تحقیق حاضرجنس *Ziziphora* L شامل ۲ گونه *Ziziphora clinopodioides* و *Ziziphora tenuior* در منطقه موردنظر می‌باشد. اضافه بر توصیف بخش و تهیه تصویر برای هر کدام از گونه‌ها اطلاعاتی در مورد پراکنش، رویشگاه و تاکسونومی آن‌ها نیز ارائه شد.

واژه‌های کلیدی: دره تنگ الشتر، عصاره، کاکوتی، گیاهان دارویی

مقدمه

در کشور ایران با توجه به شرایط اقلیمی و تنوع آب و هوایی، زمینه‌ی رشد بسیاری از گونه‌های گیاهی در نقاط مختلف زیستی میسر شده است. این تنوع در کمتر کشوری در دنیا دیده می‌شود. با توجه به حجم زیاد گیاهان از نظر کمی و کیفی و گسترش جغرافیایی، هیچ شخص یا گروهی به تنهایی نمی‌تواند همه گیاهان کشور را شناسایی، جمع‌آوری و مورد مطالعه قرار دهد، اما کار مداوم گیاه شناسان و متخصصان علوم کشاورزی در مناطق جغرافیایی کوچک‌تر، می‌تواند شناخت مناسبی از این گنجینه بزرگ اقتصادی را برای ما و آیندگان فراهم نماید (قاسمی و همکاران ۱۳۹۱). گیاهان خانواده نعناع به دلیل داشتن متابولیت‌های ثانویه و به خصوص اسانس‌های معطر کاربردهای خوراکی، دارویی، ادویه‌ای، معطر و صنعتی بسیار داشته که در طب سنتی، صنایع غذایی و دارویی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. مطالعه‌ی فلورستیک بر ویژگی‌های پوشش گیاهی نظیر ترکیب گونه‌ای، پوشش، جامعه‌پذیری،

پایداری و انحصاری بودن گونه‌ها به منظور طبقه بندی و توصیف پوشش گیاهی تأکید دارد. جمع‌آوری گیاهان از ملزومات طبقه‌بندی آن‌ها به شمار می‌رود. زیرا آن‌ها به‌عنوان نمونه‌های تضمین کننده عمل می‌کنند. آنان هم‌چنین در شناسایی خانواده، جنس و گونه‌ها کمک می‌کنند. بنابراین هرباریوم به‌طور اساسی مخزنی از نمونه‌های گیاهی است که در توالی یک سیستم طبقه‌بندی پذیرفته شده مرتب شده و برای ارجاع و یا بررسی‌های علمی دیگر نیز مناسب هستند. جنس کاکوتی *Ziziphora* L. گیاهانی یک‌ساله یا پایا، علفی یا به‌صورت بوته‌هایی در پایه چوبی و معطر هستند. برگ‌ها تخم‌مرغی یا پهن دراز، یا سرنیزه‌ای با رگبرگ‌های مشخص‌اند. چرخه‌های گل بدون پایه و یا دم‌گل‌دار و غالباً در انتهای ساقه بسیار به هم نزدیک هستند. کاسه لوله‌ای و باریک، دولبه و دارای ۱۳ رگه‌ی تقریباً نامشخص است. لب بالایی کاسه سه دندانه و لب پایینی آن دو دندانه دارد که رئوس آن‌ها همگرا و به هم آمده‌اند. جام تقریباً کوچک، غالباً صورتی و گاهی ارغوانی است و لوله‌ی آن از کاسه خارج نمی شود. گلوی جام برهنه (بدون حلقه‌ی کرکی)، گشاده و وسیع و منتهی به دو لبه است. لبه‌ی بالایی آن راست و بدون تقسیم، لبه‌ی پایینی غالباً گسترده، افقی و سه قسمتی و بخش میانی لب پایینی بزرگ و حاشیه آن دندانه‌دار است. پرچم‌های بارور دو عددند که به‌طور خیزان در زیر لب بالایی قرار دارند. بساک‌ها در لبه‌ها نزدیک به هم، تک خانه و خانه‌ی دوم آن‌ها به‌صورت زایده‌ای کاهش می‌یابد. پرچم‌ها نازا گاهی فاقد بساک و به شکل میله‌ی کوتاه و گاهی دارای بساک نازای دوخانه‌اند. خامه دوشاخه و شاخه‌ی پشتی آن کوتاه‌تر است. این جنس در نقاط مختلف ایران ۴ گونه با چندین زیرگونه یا واریته دارد (قهرمان ۱۳۷۳).

منطقه رویشی زاگرس در غرب ایران یکی از غنی ترین و ارزشمندترین اکوسیستم‌های پیوسته رویشی ایران است به‌طوری که از نظر تنوع و ترکیب فلورستیک دارای اهمیت شایان توجهی می‌باشد و منطقه اشترانکوه در استان لرستان نیز یکی از اکوسیستم‌های شاخص آن است. بررسی کورولوژی و مطالعه ساختار رویشی عناصر گیاهی در بخشی از دامنه‌های زاگرس مرکزی در منطقه اشترانکوه لرستان انجام گرفت (عباسی و همکاران ۱۳۹۴). گیاهان منطقه از لحاظ اتنوبوتانی و فلورستیک جمع‌آوری، شناسایی و مورد بررسی قرار گرفت، از نظر شکل زیستی ۳۲ درصد تروفیت ۳۱ درصد همی‌کریپتوفیت، ۱۸ درصد فانروفیت، ۷ درصد کریپتوفیت، ۶ درصد ژئوفیت و ۸ درصد کامفیت بودند (خدایاری و همکاران ۱۳۹۵گونه‌ی *Ziziphora clinopodioides* به‌عنوان دمنوش، افزودنی غذا و سبزیجات به‌منظور ضداسپاسم، درمان عفونت در سرماخوردگی‌های معمولی، آنفلوانزا، درد معده، مشکلات عفونی و التهاب‌ها استفاده می‌شود (Salehi et al. 2005). برای درمان فشار خون بالا، تب، بیماری‌های قلبی، ضعف اعصاب، بی خوابی، آماس ریه، ادم، بیماری‌های قلبی، دمل چرکی و بواسیر کاربرد دارد. ترکیب فلاونوئیدی آکاستین (acacetin) از بخش هوایی *Z. clinopodioides* جداسازی شد که بر عضله قلب رت‌های نوزاد اثر محافظتی دارد (Yang et al. 2014). در کاکوتی *Z. tenuior* ترکیبات شیمیایی اسانس روغنی فرار وجود دارد. در هند از دانه‌ی آن به‌عنوان تب‌بر استفاده می‌شود، برگ‌های گیاه را عنوان نرم کننده سینه و بادشکن می‌خورند و برای ازدیاد نیروی جنسی نیز مفید است. همچنین جوشانده گیاه خشک را می‌خورند و برای معالجه تیفوس و در گرمای زیاد از دم‌کرده برگ‌های گیاه به‌عنوان خنک کننده می‌نوشند. برای درمان مشکلات معدی- روده‌ای، نفخ یا درمان اسهال و استفراغ نیز استفاده می‌شود . یافته‌ها نشان می‌دهد عصاره *Z. tenuior* می‌تواند با کاهش بیان مارکر سلولی CD40 در سلول‌های دندریتیک و تولید سایتوکاین‌ها، پاسخ‌های ایمنی را تعدیل کرده و باعث کاهش التهاب شود، البته در غلظت بالا باعث مهار اثر پذیری سلول‌های T از سلول‌های دندریتیک می‌شود (Azadmehr et al. 2014).

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری گونه‌هایی جنس ziziphora، از خانواده‌ی نعناع دردره تنگ شهرستان الشتر استان لرستان از اردیبهشت تا شهریور ۱۴۰۳ انجام شد. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری، کدگذاری و اطلاعات مربوط به آن‌ها ثبت گردید. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه با استفاده از فلور ایرانیکا (Rechinger et al.1982)، فلور رنگی ایران (قهرمان ۱۳۸۷-۱۳۵۸) و فلور ایران (Jamzad 2012) شناسایی و برچسب گذاری گردیدند. نمایش پراکنش هر یک از گونه‌های مورد مطالعه در استان برمبنای Rechinger و همکاران (۱۹۸۲)، قهرمان (۱۳۸۷-۱۳۵۸)، مشاهدات هرباریومی و مشاهدات شخصی در شکل‌های ۱ و۲ آمده است.

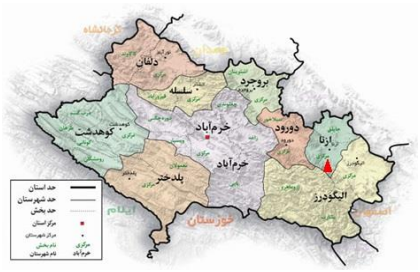
نتایج و بحث

کاکوتی یا جنس *Ziziphora* در جهان بیش از ۱۵ گونه دارد که در مناطق کوهستانی مدیترانه در اروپا، آفریقا و آسیا پراکنش دارند. چهار گونه‌ی آن بومی مناطق کوهستانی ایران هستند (Mazandarani and Bovanloo, 2015). *Z.tenuior* گیاهی دارویی است که به طور گسترده در ایران، پاکستان، ترکمنستان، افغانستان، ارمنستان، آناتولی، سوریه، قفقاز و آسیای مرکزی پراکنش دارد (Azadmehr et al. 2014). موسم گل *Z. tenuior* اردیبهشت- خرداد است. انتشار جغرافیایی در شمال غربی، غرب: همدان، کرمانشاه، اراک، چک‌آب، خمین، اشترانکوه، دورود، بخش مرکزی، جنوب، شمال شرقی، تهران واطراف، قزوین می‌باشد. موسم گل در گونه‌ی *Z. clinopodioides* اردیبهشت- خرداد است. انتشار جغرافیایی آن تقریباً تمام نقاط ایران: شمال غرب، شمال شرق، غرب، جنوب، جنوب شرقی ایران است (قهرمان ۱۳۸۷-۱۳۵۴؛ Parsa 1949؛Rechinger et al. 1982).

بررسی منابع مختلف و عملیات صحرایی نشان داد که ۲ گونه از جنسziziphora در دره تنگ شهرستان الشتر استان لرستان رویش دارند که به قرار زیر هستند(شکل ۱ و ۲):

***Ziziphora clinopodioides* Lam.**

گیاهانی پایا، غالباً به‌صورت بوته‌های پر ساقه، انبوه، سبز یا سبز مایل به خاکستری، به ارتفاع ۵۰-۱۰ سانتیمتر هستند. ساقه‌ها متعدد، در قاعده سخت و کم و بیش چوبی، پوشیده از برگ، ساده، ساقه‌های گلدار ایستاده یا خیزان، گاهی خزنده و منتهی به گل‌آذین می‌باشند. برگ‌ها بیضی، سرنیزه‌ای، مدور، تخم‌مرغی، پهن دراز، بدون کرک یا کرکینه‌پوش و کرکدار، پوشیده از کرک‌ها مختلف، برگ‌های ناحیه‌ی گلدار ساقه همانند بقیه، اما کوچک‌تر و وسیع‌تر هستند. گل‌ها به رنگ سفید یا صورتی، ارغوانی، بدون دمگل، مجتمع در توده‌ها و چرخه‌های تشکیل دهنده‌ی گل‌آذین کپه‌ای شکل و متراکم انتهایی، کروی، گویچه‌ای شکل یا تخم‌مرغی- پهن دراز می‌باشند. کاسه به‌طول ۶-(۳-)۴ میلی‌متر، استوانه‌ای باریک، کرکینه پوش یا پوشیده از کرک‌های ظریف برهم‌خوابیده، با دندانه‌های کوتاه، خطی- سرنیزه‌ای، با رأس به‌هم آمده است، که لوله جام از آن خارج شده است (Rechinger et al. 1982).



الف ب ج

- الف: نمایش محل جمع‌آوری گیاه در استان لرستان بر مبنای مشاهدات شخصی ▲، *Ziziphora clinopodioides*شکل ۱.). ب: نمایش کل Parsa 1949; Rechinger et al. 1982مشاهدات (قهرمان ۱۳۸۷-۱۳۵۴؛ مبنای بر استان در پراکندگی نمایش گیاه، ج: نمایش گل.

***Ziziphora tenuior* L.**

گیاهانی یک‌ساله و فصلی، کرکینه پوش، لاغر و باریک، ظریف، ایستاده، به ارتفاع ۲۰-۱۰ سانتیمتر هستند. ساقه‌ها از پایین منشعب، با شاخه‌ها و انشعابات پوشیده از برگ، تقریباً کرکینه پوش، سبز کم رنگ یا صورتی متمایل به قهوه‌ای و علفی‌اند. برگ‌های ساقه‌ای در بخش گلدار تماماً همانند با ابعاد ۱-۲ × ۲۵-۷ میلی‌متر، خطی- سرنیزه‌ای و به‌طرف قاعده باریک شده، نوک‌تیز و در حاشیه مژکدار می‌باشند. گل‌ها صورتی، به‌طول ۱۲ تا ۱۵ میلی‌متر، دارای دمبرگ کوتاه یا تقریباً فاقد آن، مجتمع در توده‌های به هم پیوسته یا کم وبیش دور از هم و به‌صورت سنبله‌ای تنک یا متراکم، پهن دراز و استوانه‌ای هستند. کاسه به‌طول ۷/۵- ۵ میلی‌متر، صورتی متمایل به قهوه‌ای، استوانه‌ای باریک، دارای ۱۳ رگه، در دهانه مژکدار، با دندانه‌های کوتاه، تخم‌مرغی، مثلثی و در انتها به هم آمده است. جام به‌طول ۱۰-۸ میلی‌متر، شامل لوله باریک، فاقد حلقه کرک‌دار در داخل، پهنک آن کوچک، کمی خارج شده از کاسه دارای دولبه، که لبه بالایی آن افراشته، کامل، لبه پائینی گسترده و سه بخشی است. پرچم‌ها، دو عدد زایا و دارای بساک‌های زائده دار و ۲ عدد نازا، منتهی به میله ای کوتاه و تقلیل یافته‌اند. دانه‌ها در این گونه صاف است (Rechinger et al. 1982).

الف ب ج

- الف: نمایش محل جمع‌آوری گیاه در استان لرستان بر مبنای مشاهدات شخصی ▲، نمایش*Ziziphora tenuior*شکل ۲ :). ب: نمایش کل گیاه، Parsa 1949; Rechinger et al. 1982مشاهدات (قهرمان ۱۳۸۷-۱۳۵۴؛ مبنای بر استان در پراکندگی ج: نمایش گل.

با توجه به غنای پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه و کاربردهای گسترده و گوناگون بومی و منطقه‌ای این گیاهان به عنوان غذا و دارو انجام این مطالعه به منظور شناخت و حفاظت بیشتر و بهتر آن‌ها اهمیت دارد. بررسی

حاضر می‌تواند گونه‌های دارای پتانسیل مطلوب به منظور تجاری سازی و اقتصادی به عنوان یک محصول دارویی و یا دارای ارزش فرآورده‌ای را شناسایی و جهت مطالعات آتی کاربردی و کشاورزی معرفی نماید.

منابع

عباسی، س. بهداروند، م. زارع حب، ب. پیله ور، س. حسینی، م. ۱۳۹۴. بررسی فلور، ساختار رویشی و کورولوژی عناصر گیاهی در بخشی از منطقه حفاظت شده اشترانکوه، لرستان. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۱۷(۱)،۱۲۵-۱۳۴.

قاسمی، ن. نوروزی، م. صفایی، ع. ۱۳۹۱. جمع آوری و بررسی مصارف سنتی منتخبی از گیاهان شهر جندق. مجلّه‌ی طب سنّتی اسلام و ایران، شماره ۱. ۱۱۲-۱۰۵.

قهرمان، ا. ۱۳۷۳. کوروموفیت‌های ایران سیستماتیک گیاهی، مرکز نشر دانشگاهی تهران. جلد ۳. ۲۱۲-۱۳۵.

Azadmehr A., Latifi R., Mosalla S., Hajiaghaee R. and Shahnazi M. 2014. Immunomodulatory effects of *Ziziphora tenuior* L. extract on the dendritic cells. Daru. 17: 22: 63.

Jamzad Z. 2012. Lamaiceae. In: Assadi, M., Maassoumi, A. and Mozaffarian, V. Flora of Iran. Vol. 76. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran.

Mazandarani M. and Bovanloo A. G. 2015. Ecological requirenments. essential oil composition, total phenol and flavonoid content, antioxidant activity and ethnobotanical survey of *Ziziphora clinopodioides* Lam. in north Khorasan Razavi Province. Journal of Medicinal plants and By-product. 2 (4): 193-199.

Rechinger K. H. Hedge I. C. Ietswaart J. H. Jalas J. Mennema J. and Seybold, S. (eds). 1982. Labiatae. In: Rechinger, K.H. (ed.). Flora Iranica. 150. Akademische Druck- u. Verlagsanstalt. Graz. 19-537.

Salehi P., Sonboli A. Eftekhar F., Nejad Ebrahimi S. and Yousef Zadi M. 2005. Essential oil composition, antibacterial and antioxidant activity of oils and various extracts of *Ziziphora clinopodioides* subsp *rigida* (Boiss). Rech. f. from Iran. Biol Pharm Bull. 28:1892-1896.

Yang W. J., Liu C., Gu Z. Y., Zhang X. Y., Cheng B., Mao Y. and Xue G. P. 2014. Protective effects of acacetin isolated from *Ziziphora clinopodioides* Lam. (Xintahua) on neonatal ratcardiomyocytes. Chinese Medicine. 17; 9 (1): 28.

Identification of species of the genus Ziziphora L. from the mint family in the Tang-e-Ashtar Valley region of Lorestan Province

Elham faryabi*[1],hadis zaremanesh[1]
1. Department of Agriculture, Payam Noor University, Tehran, Iran
*Corresponding Author: E_faryabi@pnu.ac.ir

Abstract

The mint family is widely distributed in Iran, and many genera of this taxon are native to Iran. Members of this family are widely distributed in Lorestan province and grow in different ecological conditions and altitudes. Plants of the mint family have many edible, medicinal, and industrial uses due to their secondary metabolites, especially aromatic essential oils and flavonoids. Therefore, they are of particular importance in traditional medicine, food, pharmaceutical, and cosmetic industries. Considering the richness of the vegetation cover of the studied area and the wide and diverse native and regional uses of these plants as food and medicine, conducting this study is important for their further and better recognition and protection. The present study can identify species with desirable potential for commercialization and economic use as a medicinal product or with product value and introduce them for future applied and agricultural studies. To conduct the present study, several collections were made from the distribution sites of Tang-e-Lashtar Valley at different times. After being transferred to the herbarium, the collected specimens were morphologically studied and identified and studied based on reliable sources. According to the present study, the genus *Ziziphora* L. includes 2 species *Ziziphora clinopodioides*., *Ziziphora tenuior*. In addition to describing the section and providing images for each species, information about their distribution, habitat and taxonomy was also provided.

Keywords: Tang-ul-Shatar Valley, extract, Kakuti, medicinal plants

مطالعه مروری بر کاربردهای گیاهان دارویی در صنایع مختلف ایران و جهان

الهام فاریابی*[۱]، محمد الماسی‌نیا[۲]
۱- استادیار گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایرا ن
۲- گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری،دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: E_faryabi@pnu.ac.ir

چکیده

شناخت خواص درمانی گیاهان دارویی و همچنین مضرات درمان‌های نوین منجر به تشویق مردم به استفاده از گیاهان دارویی شده است. در سال‌های اخیر استفاده از گیاهان دارویی و فرآورده‌های حاصل از آن پیشرفت چشمگیری داشته است. اسانس‌ها و عصاره‌هایی که از گیاهان دارویی استخراج می‌شود حاوی ترکیبات زیست فعال موثر هستند که در صنایع مختلف کاربردهای فراوانی دارند این ترکیبات به عنوان مواد دوست‌دار محیط زیست و سازگار با طبیعت انسان، در صنایع دارویی، غذایی، کشاورزی، آرایشی و بهداشتی بکار می‌روند و دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی قوی هستند. با مطالعات هدفمند می‌توان از آنها به عنوان جایگزین مناسب جهت مواد و داروهای شیمیایی استفاده نمود. با حذف تدریجی داروها، سموم، مواد افزودنی و نگهدارنده‌های شیمیایی، احتمال بروز انواع بیماری‌ها)ازجمله سرطان(و آلودگی زیست محیطی کاهش می‌یابد. این مقاله با بررسی خواص بیوشیای، رو ش‌های استخراج و چارچو به‌ای نظارتی، ارائه یک نمای کلی از اهمیت گیاهان دارویی در کاربردهای معاصر و پتانسیل آنها برای پیشرفتهای آینده است و به بررسی کاربردهای گیاهان دارویی در این صنایع می‌پردازد و نقش آنها را در نوآوری، پایداری و چالش‌های پیش رو استفاده تجاری از آنها برجسته می‌کند. گیاهان دارویی نقش مهمی در صنایع مختلف از جمله داروسازی، آرایشی و بهداشتی، غذایی و کشاورزی دارند. ترکیبات زیست فعال آنها دارای مزایایی درمانی هستند و به عنوان جایگزین‌های طبیعی برای محصولات مصنوعی عمل می‌کنند.

واژه‌ها کلیدی: اسانس، گیاهان دارویی، داروسازی، عصاره

مقدمه

در سال‌های اخیر، مطالعات فراوانی برای شناخت همه جانبه گیاهان دارویی از نظر نوع گیاهان، پراکنش آنها، شرایط اکولوژیک، کشت و اهلی کردن، اصلاح گونه‌های مهم، شناسایی مواد موثره، مطالعه اثرات دارویی، بررسی روش‌های نوین در استخراج و افزایش مواد موثره آنها صورت گرفته و نتایج جالب توجهی نیز حاصل شده است برنامه ریزی اصولی برای توسعه فعالیت‌ها در بخش گیاهان دارویی، نیازمند بررسی دقیق وضعیت موجود، شناخت کافی پتانسیل‌ها درعرصه‌های زراعی و منابع طبیعی به عنوان خاستگاه اصلی گونه‌های بومی کشورمان و همچنین بررسی محدودیت‌ها و چالش‌های موجود است (اصیلی، ۱۳۹۹). گیاهان دارویی قرن‌هاست که در طب سنتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با افزایش علاقه به محصولات طبیعی، کاربرد آنها در صنایع مدرن گسترش یافته است. این بررسی نقش مهم گیاهان دارویی در داروسازی، آرایشی، غذا و کشاورزی را تشریح می‌کند. خواص ذاتی و ترکیبات فعال آنها برای عملکردهای درمانی، پیش‌گیرانه و حسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پژوهش به بررسی کاربردهای گیاهان دارویی

در این صنایع می‌پردازد و نقش آنها را در نوآوری، پایداری و چالش‌های پیش روی استفاده تجاری از آنها برجسته می‌کند. هدف این مقاله با بررسی خواص بیوشیمیایی، روش‌های استخراج و چارچوب‌های نظارتی، ارائه یک نمای کلی از اهمیت گیاهان دارویی در کاربردهای معاصر و پتانسیل آنها برای پیشرفت‌های آینده است (Harvey et al., 2015).

برخلاف عموم محصولات زراعی و باغی که در اثر تنش‌های محیطی لطمه می‌بینند، مواد موثره گیاهان دارویی می‌توانند تحت تاثیر تنش‌های تنظیم شده و هدفمند، افزایش یابند و حتی در برخی موارد، مواد موثره ویژه ایجاد می‌شود که در این صورت بازدهی اقتصادی این گیاهان افزایش می‌یابد. کاربرد عصاره‌های گیاهان دارویی در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی بهداشتی، بسیار متنوع و گسترده می‌باشد این عصاره‌ها به دلیل دارا بودن خواص طبیعی و درمانی، در تولید محصولات مختلف استفاده می‌شوند. عصاره‌های گیاهی در صنایع غذایی، به عنوان طعم دهنده، رنگ دهنده و مواد نگهدارنده بکار می‌روند در صنایع دارویی، به عنوان مواد فعال در تولید داروها و مکمل‌های غذایی استفاده می‌شوند و در صنایع آرایشی بهداشتی به عنوان مواد ضدالتهاب، ضد آکنه، ضدپیری و مرطوب کننده مورد مصرف قرار می‌گیرند. به طور کلی، عصاره‌های گیاهی به عنوان جایگزینی طبیعی و سالم برای مواد شیمیایی در این صنایع بکار می‌روند (Bolouri et al, 2022).

مواد و روش‌ها

این مطالعه مروری به بررسی کاربردهای گیاهان دارویی در صنایع داروسازی، آرایشی و بهداشتی، غذا و نوشیدنی و کشاورزی می‌پردازد و نقش آنها را در نوآوری، پایداری و چالش‌های پیش روی استفاده تجاری از آنها برجسته می‌کند. در مطالعه صورت گرفته، جهت دستیابی به اطلاعات، در پایگاه‌های اطلاعاتی Google Scolar، Scopus و با استفاده از کلیدواژه‌های مرتبط جستجو صورت گرفت. سپس نتایج به دست آمده از مقالات، جمع‌آوری، دسته بندی و تحلیل محتوا شد.

نتایج و بحث

کاربرد گیاهان در طب سنتی

گیاهان دارویی در سیستم‌های درمانی سنتی در سطح جهانی نقش اساسی داشته‌اند. به عنوان مثال، آیورودا در هند برسلامت کل نگر از طریق استفاده از گیاهان متعدد تاکید دارد این شیوه‌های سنتی به عنوان پایه ای برای بسیاری از کاربردهای معاصر در داروها و محصولات سلامتی عمل می‌کنند (Khan et al., 2014).

کاربرد گیاهان دارویی در صنایع دارویی

صنعت داروسازی پتانسیل گیاهان دارویی را برای کشف و توسعه دارو تشخیص داده است. بسیاری از داروهای مدرن به طور مستقیم از ترکیبات گیاهی مشتق می‌شوند. درمان‌های متعددی از گیاهان سرچشمه گرفته‌اند، مانند:کینین، از پوست درخت سینچونا برای درمان مالاریا، پاکلیتاکسل، از (*Taxus brevifolia*) سرخدار اقیانوس آرام برای درمان سرطان، رسوراترول از پوست انگور که به دلیل فواید قلبی عروقی آن مورد توجه قرار گرفته است. طبق تعریف سازمان بهداشت جهانی، گیاهان دارویی به گیاهانی گفته می‌شود که تمام یا اجزایی از آن به صورت تازه، خشک شده یا فرآوری شده جهت تشخیص، درمان، پیشگیری و حفظ بهداشت بدن انسان، حیوان و دیگر گیاهان بکار می‌رود. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه طب گیاهی به عنوان بخش مهمی از سیستم درمانی آنها شناخته می‌شود.

مطالعات انجام شده نشان داده است که بسیاری از گیاهان خانواده نعناع مانند رزماری، آویشن و پونه دارای خاصیت ضدمیکروبی هستند. عصاره این گیاهان حاوی ترکیباتی مانند فنیل پروپانوئیدگلوکوزید، پلی‌استیلن، دیترپن‌ها و فلاونوئیدها می‌باشند. این ترکیبات در فعالیت ضدمیکروبی و آنتیاکسیدانی دخالت دارند (Dar et al., 2019).

کاربرد گیاهان دارویی در صنایع غذایی

گیاهان دارویی کاربردهای قابل توجه‌ی در بخش غذا و نوشیدنی دارند، جایی که از آنها برای طعم‌دهی، نگهداری و کیفیت ارتقاء سلامت استفاده می‌شود. گیاهان و ادویه‌جات مانند زردچوبه، زنجبیل و سیر دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد التهابی هستند که هم طعم و هم فواید سلامتی را در کاربردهای آشپزی افزایش می‌دهند. از مهمترین کاربردهای گیاهان دارویی، استفاده از آنها در صنایع غذایی به عنوان مواد افزودنی، مواد نگهدارنده و در بسته‌بندی‌های موادغذایی است. افزایش روزافزون تقاضای مصرف کنندگان برای محصولات سالم و بدون افزودنی‌های مصنوعی و مضر، منجر به پژوهش‌های زیادی به منظور جستجوی جایگزین‌های طبیعی شده است. وجود ترکیبات زیست فعال با خواص ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی در گیاهان دارویی منجر به کاربرد این ترکیبات به عنوان مواد افزودنی و مکمل‌های غذایی شده است.

کاربرد گیاهان دارویی به عنوان مواد نگهدارنده مواد غذایی

مطالعه فیتوشیمی امکان شناسایی و استخراج ترکیبات فعال زیستی در گیاهان از جمله آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، ترپنوئیدها و گلیکوزیدها را فراهم می‌کند. اسانس‌های گیاهی به دلیل خواص ضد میکروبی، ضد قارچی و آنتی‌اکسیدانی در صنایع غذایی استفاده می‌شوند. این ترکیبات می‌توانند با تولید مواد نگهدارنده طبیعی، ماندگاری مواد غذایی را افزایش دهند (Bolouri et al., 2022) در سال‌های اخیر، مصرف کنندگان به دلیل سمیت احتمالی، از آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی اجتناب می‌کنند به همین دلیل گرایش به سمت آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی بیشتر شده است. عصاره‌های گیاهی دارای کیفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نسبت به آنتی اکسیدان‌های مصنوعی هستند که می‌توانند به وضعیت سلامت مصرف کنندگان نیز کمک نمایند (Jayawardana et al., 2019).

کاربرد گیاهان دارویی در بسته‌بندی مواد غذایی

در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی، کاغذ نقش مهمی ایفا می‌کند. به منظور حفظ کیفیت مواد غذایی، از مراحل اولیه بسته‌بندی تا رسیدن به دست مشتری، کاغذ باید سالم بماند و توسط میکروارگانیسم‌ها فاسد نشود. کاغذ از الیاف سلولزی تشکیل شده واین الیاف توسط برخی از میکروارگانیسم‌ها به عنوان یک منبع غذایی بکار می‌روند و موجب آلودگی کاغذ به باکتری می‌شوند. استفاده از عصاره گیاهی به عنوان یک ماده سازگار با محیط زیست و طبیعی که کمترین اثر منفی را بر سلامتی انسان دارد، گزینه مناسبی برای تولید کاغذهای ضدباکتریایی می‌باشد. در این تحقیق از عصاره و اسانس گیاه آویشن به دلیل وجود مواد ضدباکتریایی فراوان و ویژگی‌های زیستی این گیاه، در تولید کاغذ بسته‌بندی مواد غذایی استفاده شد. نتایج نشان داد این کاغذها به خوبی رشد باکتری‌های اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس را کنترل نمودند (قاسمی و همکاران، ۱۴۰۲).

کاربرد گیاهان دارویی در صنعت رنگسازی

ترکیبات رنگی، یکی از پرمصرفترین مواد در صنایع مختلف می‌باشند. امروزه به جایگزینی رنگدانه‌های طبیعی به جای رنگ‌های سنتزی توجه زیادی شده است. مطالعات نشان داده است که خاصیت رنگزایی گیاهان، ناشی از فعالیت

ترکیباتی است که در قسمت‌های مختلف گیاه یافت می‌شوند. این ترکیبات ساختمان شیمیایی متفاوت داشته و روش‌های متنوعی برای استخراج آنها وجود دارد. طیف گسترده‌ای از رنگها شامل آبی، قرمز، زرد، سفید، سیاه، قهوه‌ای و ترکیبی از آنها از گیاهان استخراج شده است (خان‌احمدی و همکاران، ۱۳۹۳). بطور تقریبی رنگدانه‌ها در همه بخش‌های گیاه مانند ریشه، پوست درخت، برگ، میوه، چوب و گل تولید می‌شود. رنگ‌های طبیعی مشتق شده از گیاهان به دلیل غیرسمی بودن، قابلیت بازگشت به طبیعت و از همه مهمتر، حاوی اثرات دارویی حائز اهمیت می‌باشند. این رنگ‌ها موجب آلودگی محیط زیست نمی‌شوند. رنگدانه‌های گیاهی در صنایع مختلف کاربرد دارند. مهمترین این کاربردها شامل استفاده از خواص دارویی رنگ‌های طبیعی، خواص حفاظتی در برابر نور در پارچه، استفاده در صنایع آرایشی بهداشتی مانند رنگ مو، شامپو و صابون‌سازی، استفاده در صنایع غذایی به عنوان مواد افزودنی و رنگ‌دهنده و کاربرد در رنگرزی الیاف می‌باشد (Chengalah et al. 2010).

کاربرد گیاهان دارویی در صنعت کشاورزی

بخش کشاورزی نقش بسزایی در کشت و استفاده پایدار از گیاهان دارویی دارد. تقاضا برای این گیاهان، شیوه‌های کشاورزی نوآورانه و تاکید مجدد بر تنوع زیستی و پایداری را برانگیخته است گیاهان منبع غنی از مواد شیمیایی دفاعی هستند. این مواد ممکن است خاصیت حشره‌کشی، اثرات دافع، جاذب، ضد- تغذیه‌ای و تنظیم کننده رشد بر روی حشرات و بطور معمول، اثرات نامطلوب جزئی بر موجودات غیرهدف (انگل‌ها و شکارچیان) داشته باشند. حشره‌کش‌های شیمیایی برای سال‌های زیادی مورد استفاده قرار گرفته‌اند عصاره و اسانس‌های گیاهی با توجه به داشتن ترکیبات ضدقارچی و ضدباکتریایی می‌توانند جایگزین مناسبی برای کاهش یا حذف استفاده از مواد شیمیایی برای کنترل پوسیدگی‌ها و بیماری‌های پس از برداشت میوه‌ها و سبزیجات باشند (Harvey et al., 2015).

نقش گیاهان دارویی در صنعت آرایشی بهداشتی

در سال‌های اخیر، استفاده از اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی در لوازم آرایشی توجه مردم را به خود جلب کرده است. مدت زمان طولانی است که از مواد موثره به دست آمده از گیاهان دارویی، به عنوان عطر یا لوازم آرایشی استفاده می‌شود. یافته‌های تاریخی به دست آمده از کشورهای مبدأ این گیاهان مانند هند، چین، مصر و ایران، استفاده طولانی مدت از گیاهان دارویی را به عنوان محصولات آرایشی تایید می‌نماید اسانس‌های گیاهی، به دلیل وجود مواد فعال ضدالتهابی، ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی به عنوان نگهدارنده در محصولات آرایشی مختلف مانند مرطوب کننده‌ها، لوسیون‌ها و پاک کننده‌ها جهت مراقبت از پوست و تهیه لوازم آرایشی، نرم کننده‌ها، ماسک‌های آرایشی یا محصولات ضدشوره، در محصولات مراقبت از مو، رژ لب یا عطرها استفاده می‌شوند. بنابراین، استفاده از اسانس‌ها و عصاره‌های مشتق شده از گیاهان در تولید لوازم آرایشی به عنوان ترکیبات ضدمیکروبی چند منظوره می‌تواند بکار رود (Mahesh et al., 2019).

بحث و نتیجه‌گیری

گیاهان دارویی منابع حیاتی در صنایع مختلف هستند که بر پایه خواص درمانی، حسی و نگهدارنده آنها استوار است. اهمیت تاریخی، همراه با کاربردهای معاصر و پتانسیل آینده، اهمیت این منابع طبیعی را برجسته می‌کند. همانطور که جامعه جهانی به سمت شیوه‌ها ی پایدار حرکت می‌کند و تقاضا برای محصولات طبیعی همچنان در حال افزایش است، گیاهان دارویی نقش مهمی در شکل دادن به آینده داروها، لوازم آرایشی، مواد غذایی و کشاورزی خواهند داشت. گیاهان دارویی برای صنایع مختلف بسیار ارزشمند هستند و جایگزین‌های طبیعی و موثری برای محصولات

مصنوعی ارائه می‌دهند. اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهان دارویی به دلیل وجود مواد موثره مختلف، خاصیت ضدباکتریایی، ضدقارچی، ضدویروسی و حشره‌کشی دارند و میتوان از این خواص به منظور محافظت موجودات زنده در برابر بیماری‌ها، بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری محصولات استفاده نمود. همچنین حاوی متابولیت‌های ثانویه مهمی هستند که توسط بسیاری از گونه‌های گیاهی تولید می‌شوند و می‌توانند به عنوان منابع غنی برای تهیه داروهای گیاهی یا جهت تولید نگهدارنده‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها در محصولات دارویی، غذایی، کشاورزی و آرایشی بکار روند. با توجه به اثرات جانبی داروهای شیمیایی و افزایش مقاومت دارویی نسبت به میکروارگانیسم‌ها در ایمنی مواد نگهدارنده شیمیایی مورد استفاده در صنایع غذایی، آرایشی، بهداشتی، مطالعات بیشتری به منظور ارزیابی اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی به عنوان جایگزین برای استفاده در صنایع مختلف ضروری به نظر می‌رسد. علاوه بر این، به دلیل وجود ترکیبات زیست فعال مختلف در اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی، بایدتلاش‌ها در جهت شناسایی دقیق ترکیبات زیست فعال جدید، جهت استفاده در صنایع مختلف هدایت شود. پس از یافتن این ترکیبات و کسب اطلاعات لازم در مورد آنها، باید سنجش‌های زیستی و بالینی لازم در مقیاس وسیع انجام گیرد تا بتوان از این ترکیبات در صنایع مختلف استفاده نمود.

منابع

البرزی، م. ۱۴۰۲. مروری بر کاربرد گیاهان دارویی در صنایع غذایی. دومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی، جبرفت، ایران.

اصیلی، ز. ۱۳۹۹. بررسی چالش‌های موجود بر توسعه صادرات در صنعت داروهای گیاهی و ارائه راهکار. سومین کنفرانس بین‌المللی مطالعات بین رشته‌ای در مدیریت و مهندسی، تهران، ایران.

صالحی ساردویی، ع.، خلیلی، ح.، فلاح ایمانی، ا. ۱۴۰۰. مهمترین گیاهان دارویی ارزآور ایران. هشتمین کنفرانس بین‌المللی علوم صنایع غذایی،کشاورزی ارگانیک و امنیت غذایی، تفلیس، گرجستان.

قاسمی، ا.، نظرنژاد، ن.، رضانژاد، ش.، شریفی، ح. ۱۴۰۲. استفاده از عصاره گیاه دارویی آویشن شیرازی (*Multifora Zataria*) برای ساخت کاغذ بسته‌بندی مواد غذایی ضد باکتری. فصلنامه تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران.

Ahmadpoor, H., Masoomi, M., Tohidi, F. and Farhadi, P. (2018). Comparison of the effect of methanolic extract and oil of zenian plant on *Escherichia coli* and *Enterococcus faecalis*. Iranian Journal of Infectious, Diseases and Tropical Medicine, 23(82): 15-24.

Bolouri, P., Salami, R., Kouhi, S.H., Kordi, M., Asgari, B., Hadian, h., and Astatkie, T. (2022). Applications of essential oils and plant extracts in different industries. Molecules, 27, 8999.

Chengalah, B., Rao, K.M., Kumar, K.M., and Alagusund, M. (2010). Medicinal importance of natural dyesa: A review, International Journal of PharmTech Research, 2(1): 144-164.

Dar, R.A., Shahnavaz, M., and Qazi, P. (2019). General overview of medicinal plants: A review, The Journal of Phytopharmacology, doi: 10.31254/phyto.2017.6608. Domínguez, R.

Harvey, A. L., et al. (2015). "Natural Products in Drug Discovery: The Medicinal Plants." Pharmaceutical Biology, 53(12), 1857–1873.

Jayawardana, B.C., Warnasooriya, V.B., Thotawattage, G., Dharmasena, V., and Liyanage, R. (2019). Black and green tea (*Camellia sinensis* L.) extracts as natural antioxidants in uncured pork sausages. Journal of Food Process. Preservation, 43, e13870

Khan, M. I., et al. (2014). "The Role of Medicinal Plants in Health and Cosmetics: The Case of Kedar." Journal of Herbal Medicine, 4(2), 82-87.

Mahesh, S.K., Fathima, J., and Veena, V.G. (2019) Cosmetic potential of natural products: Industrial applications. In Natural Bio-Active Compounds; Springer: Singapore, pp. 215–250.

A review of the uses of medicinal plants in various industries in Iran and the world

Elham faryabi[*1], Mohamad almasiniea[2]
1. Department of Agriculture, Payam Noor University, Tehran, Iran
2. Department of Geograph and urbanplanning, Payam Noor University, Tehran, Iran
[*]*Corresponding Author: E_faryabi@pnu.ac.ir*

Abstract

Understanding the therapeutic properties of medicinal plants and the harms of modern treatments has encouraged people to use medicinal plants. In recent years, the use of medicinal plants and their products has made significant progress. Essential oils and extracts extracted from medicinal plants contain effective bioactive compounds that have many applications in various industries. These compounds are used as environmentally friendly and compatible with human health in the pharmaceutical, food, agricultural, cosmetic and health industries, and have strong antioxidant and antimicrobial properties. With targeted studies, they can be used as a suitable alternative to chemical substances and drugs. By gradually eliminating drugs, toxins, chemical additives and preservatives, the likelihood of various diseases (including cancer) and environmental pollution is reduced. This article provides an overview of the importance of medicinal plants in contemporary applications and their potential for future developments by reviewing their bioactive properties, extraction methods and regulatory framework. It also reviews the applications of medicinal plants in these industries and highlights their role in innovation, sustainability and the challenges ahead for their commercial use. Medicinal plants play an important role in various industries including pharmaceuticals, cosmetics, food and agriculture. Their bioactive compounds have therapeutic benefits and act as natural alternatives to synthetic products.

Keywords: Essential oil, Medicinal plants, Pharmacy, Extract

سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

مطالعه گیاه‌شناسی گونه‌های جنس *Stachys* L. از تیره *Lamiaceae* در استان لرستان

الهام فاریابی*
استادیار گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایرا ن
*نویسنده مسئول: E_faryabi@pnu.ac.ir

چکیده

گیاهان در هر منطقه ذخایر با ارزش ژنتیکی آن منطقه محسوب می‌شوند که حاوی اطلاعات با ارزشی همچون اقلیم، خاک، ارتفاع از سطح دریا می‌باشند. ایران یکی از مهمترین مراکز تنوع گیاهی در جهان است و گیاهان دارویی بخش مهمی از فلور ایران را تشکیل می‌دهند. در طول تاریخ گونه‌های دارویی مهمترین منابع تأمین غذا و داروی بشر بوده و برای درمان بیماری‌های افراد بومی استفاده شده‌اند. امروزه تمایل مردم برای استفاده از داروهای گیاهی افزایش یافته است. جنس Stachys L. یکی از بزرگترین جنس‌های تیره Lamiaceae و زیرتیره Lamioideae، حاوی ۳۰۰-۲۷۵ گونه در سرتاسر جهان است. به علت وجود ترکیبات ثانویه مختلف، گونه‌های این جنس نقش مهمی در صنعت داروسازی و درمان بیماری‌ها دارند. جهت انجام تحقیق حاضر، جمع‌آوری‌های متعددی از مکان‌های پراکنش استان لرستان در زمان‌های مختلفی صورت گرفت. نمونه‌های جمع‌آوری شده پس از انتقال به هرباریوم، مورد مطالعه ریخت‌شناسی قرار گرفته و براساس منابع معتبر شناسایی شده و مورد مطالعه قرار گرفتند. براساس تحقیق حاضرجنس Stachys L. در استان لرستان شامل۷ گونه *Stachys pilifera*، *Stachys benthamiana*، *Stachys lavandulifolia*، *Stachys kurdica*، *Stachys inflate*، *Stachys setifera*، *Stachys spectabilis* می‌باشد. اضافه بر توصیف بخش و تهیه تصویر برای هر کدام از گونه‌ها اطلاعاتی در مورد پراکنش، رویشگاه و تاکسونومی آنها نیز ارائه شد.

واژه‌های کلیدی: استاکیس، تاکسونومی، گیاهان دارویی، فلور ایران

مقدمه

بیش از نیمی از جمعیت جهان برای درمان به داروهای سنتی وابسته می‌باشند و این میزان در کشورهای در حال توسعه به ۸۰ درصد می‌رسد. گیاهان دارویی به گستره وسیعی از گیاهان اطلا ق می‌شود که در پیکره آنها مواد ویژه ای به عنوان مواد مو ثر یا متابولیتهای ثانویه ساخته و ذخیره می‌شوند و در درمان بیماری‌ها و پیشگیری از بروز آنها مورد استفاده قرار می‌گیرند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۹). اولین مطالعه‌ی کامل فلوریستیک در خانواده Lamiaceae در ایران در Flora Iranica آمده است و چهل و هفت جنس و ۳۴۷ گونه از این خانواده در ایران گزارش شده است. (Jamzad, 2012). افزایش تعداد محصولات مختلف از اعضای این خانواده نشان می‌دهد تحقیقات تاکسونومی و اتنوبوتانی در این زمینه افزایش یافته است (Wu *et al.*, 2012). این جنس در ایران ۳۳ گونه دارد که به‌طور پراکنده در بیشتر نقاط آن می‌رویند (قهرمان، ۱۳۷۳).

شرایط جغرافیایی و اکولوژیک در جنس *Stachys* L.

محل تمرکز اعضای این جنس در نواحی گرم مدیترانه و جنوب غرب آسیا گزارش شده و مراکز تنوع آن در شمال و جنوب آمریکا و جنوب آفریقا است. دو مرکز اصلی تنوع این جنس جنوب و شرق آناتولی، شوروی و شمال غرب ایران می‌باشد محل رویش این جنس در ایران اغلب نواحی شمال، شمال غرب، مرکزی و جنوب غرب گزارش شده است. موسم گل در *S. benthamiana* خرداد- تیر است و انتشار جغرافیایی آن در کرمانشاه، بختیاری، لرستان: اشترانکوه، کوه اشکر، دزفول به خرم‌آباد، بروجرد، خلیل‌کوه، الیگودرز، فارس، یاسوج، شیراز می‌باشد (Kharazian and Mohammadi 2014).

خواص بیولوژیکی و کاربردهای جنس *Stachys*

این جنس به واسطه داشتن خواص دارویی از جمله تأثیر بر سندرم تخمدان پلی کیستیک، درمان تب، خونریزی‌های داخلی و درمان ناراحتی‌های قلبی و کبدی اهمیت دارد. همچنین به‌دلیل داشتن تنوع بالای ژنتیکی و چند شکلی‌های موجود در بین گونه‌ها، وجود دورگه‌گیری‌های بالا در میان گونه‌ها و تنوع سطوح پلوئیدی از اهمیت ویژه‌ای نزد تاکسونومیست‌های گیاهی و فارماکولوژیست‌ها برخوردار است (خرازیان و همکاران ۱۳۹۲). علاوه بر این تعداد زیادی متابولیت‌های ثانویه، مثل فلاونوئیدها، تری‌ترپن‌ها و استرول‌ها از این جنس گزارش شده‌اند که ترپنوئیدها از گونه‌های *Stachys* خواص سیتوتوکسیک از خود نشان می‌دهند (Ostad *et al.* 2014). جنس Stachys L. یکی از بزرگترین جنس‌های تیره Lamiaceae و زیرتیره Lamioideae، حاوی ۳۰۰-۲۷۵ گونه در سرتاسر جهان است. به علت وجود ترکیبات ثانویه مختلف، گونه‌های این جنس نقش مهمی در صنعت داروسازی و درمان بیماری‌ها دارند.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری گونه‌هایی جنس *Stachy*، از خانواده‌ی نعناع در استان لرستان از اردیبهشت تا شهریور ۱۴۰۳ انجام شد. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری، کدگذاری و اطلاعات مربوط به آن‌ها ثبت گردید. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه با استفاده از فلور ایرانیکا (Rechinger *et al.*, 1982)، فلور رنگی ایران (قهرمان، ۱۳۸۷-۱۳۵۸) و فلور ایران (Jamzad, 2012) شناسایی و برچسب‌گذاری گردیدند. نمایش پراکنش هر یک از گونه‌های مورد مطالعه در استان برمبنای Rechinger و همکاران (۱۹۸۲)، قهرمان (۱۳۸۷-۱۳۵۸)، مشاهدات هرباریومی و مشاهدات شخصی در شکل‌های ۱ تا ۷ آمده است.

نتیجه‌گیری و بحث

بررسی منابع مختلف و عملیات صحرایی نشان داد که ۷ گونه از جنس *Stachys* در استان لرستان رویش دارند که در شکل ۱ تا ۷ به قرار زیر هستند:

***Stachys benthamiana* Boiss.**

گیاهانی پایا، پرساقه، بوته‌هائی انبوه و متراکم، در پائین سخت و تقریباً چوبی، تماماً سبز روشن، تقریباً بدون کرک، به ارتفاع ۴۰-۳۰ سانتی‌متر می‌باشند. ساقه‌ها متعدد، سبز، برگ‌ها کوچک، دارای دمبرگ کوتاه، می‌باشند. گل‌ها زرد رنگ پریده، برگک‌ها درفشی، کاسه‌ی گل زنگی شکل است. جام‌گل تقریباً به‌طول ۱۵ میلی‌متر، سه بخشی که بخش میانی در انتها بریده و به‌طول ۴ میلی‌متر است. شکل ۱ (Parsa 1949).

الف ب ج

شکل ۱. *Stachys benthamian* - الف: نمایش محل جمع‌آوری گیاه در استان لرستان بر مبنای مشاهدات شخصی ▲، نمایش پراکندگی در استان بر مبنای مشاهدات (قهرمان ۱۳۸۷-۱۳۵۴؛ Parsa 1949; Rechinger et al. 1982). ب: نمایش کل گیاه، ج: نمایش گل.

***Stachys inflate* Bth.**

گیاهانی پایا، در پایه چوبی، به ارتفاع ۴۰-۱۵ سانتیمتر با ساقه‌ی ساده یا کمی منشعب، سفیدـ کرکین، ایستاده، در پایه منشعب و شاخه‌های شکننده هستند. برگ‌ها تقریباً بدون دمبرگ، بالایی‌ها دراز-خطی، در شاخه‌های گلدار کوتاه‌تر از کاسه، گل‌دارای جام قرمز رنگ، در انتها پوشیده از تارهای ابریشمی و لوله‌ی جام مخفی در کاسه است. کاسه سفیدـ کرکین، با دندانه‌های کوتاه و تخم‌مرغی، کمی نوک‌تیز در زمان شکوفایی، گل لوله‌ای شکل و در میوه متورم است. شکل ۲ (شماره‌ی انتشار: ۱۹۹، کد: ۱۱۴/۰۲۸/۰۲۸ از فلور رنگی قهرمان، قهرمان ۱۳۸۷-۱۳۵۴؛Parsa 1949).

الف ب ج

شکل ۲. *Stachys inflate*- الف: نمایش محل جمع‌آوری گیاه در استان لرستان بر مبنای مشاهدات شخصی ▲، نمایش پراکندگی در استان بر مبنای مشاهدات (قهرمان ۱۳۸۷-۱۳۵۴؛ Parsa 1949; Rechinger et al. 1982). ب: نمایش کل گیاه، ج: نمایش گل.

***Stachys kurdica* Boiss. Et Hahen**

گیاهانی پایا، در بن سخت و چوبی، تماماً فاقد کرک و سبز هستند. ساقه متعدد، به ارتفاع ۴۰-۳۰ سانتیمتر، در بن منشعب، با شاخه‌های راست و ایستاده، ساده و تقریباً بدون انشعاب است. برگ‌های پائینی دمبرگ‌دار، تخم‌مرغی پهن، ۱۰×۱۵-۱۲ میلی‌متر، می‌باشند. برگ‌ها در بخش گلدار کوچک، تخم‌مرغی- سرنیزه‌ای، دارای دمبرگ مختصر و کوتاه هستند. گل‌ها متمایل به زرد یا کرم، مجتمع بدون دمگل یا تقریباً فاقد دمگل، جام گشاده و بسیار بلندتر از کاسه هستند. شکل ۳ (شماره‌ی انتشار: ۷۳۹، کد: ۱۱۴/۰۲۸/۰۴۳ از فلور رنگی قهرمان، قهرمان ۱۳۸۷-۱۳۵۴؛ Rechinger *et al.* 1982).

الف ب ج

شکل ۳. *Stachys kurdica*- الف: نمایش محل جمع‌آوری گیاه در استان لرستان بر مبنای مشاهدات شخصی ▲، نمایش پراکندگی در استان بر مبنای مشاهدات (قهرمان ۱۳۸۷-۱۳۵۴؛ Parsa 1949; Rechinger et al. 1982). ب: نمایش کل گیاه، ج: نمایش گل.

***Stachys lavandulifolia* Vahl.**

گیاهانی پایا، در بن چوبی، کوتاه، کرکدار، با ساقه‌های متعدد، سبز یا کم و بیش متمایل به خاکستری هستند. ساقه متعدد، کرک‌پوشش و خزی، ایستاده یا خیزان، برگ‌های ساقه‌ای و خطی و منتهی به دمبرگ نسبتاً بلند، هستند. گل صورتی ارغوانی، به‌ندرت سفید یا متمایل به زرده، براکته‌ها باریک و نخی و قابل دید، کاسه به‌طول ۱۸-۱۴ میلی‌متر، با تقسیمات پردار، تیره، در پایین سرنیزه‌ای باریک و در بالا درفشی، گسترده و ۴ بار کوتاه‌تر از بخش لوله‌ای است. شکل ۴ (شماره‌ی انتشار: ۱۲۳۴، کد: ۱۱۴/۰۲۸/۰۳۷ از فلور رنگی قهرمان، قهرمان ۱۳۸۷-۱۳۵۴؛ Parsa 1949).

الف ب ج

شکل ۴. *Stachys lavandulifolia*- الف: نمایش محل جمع‌آوری گیاه در استان لرستان بر مبنای مشاهدات شخصی ▲، نمایش پراکندگی در استان بر مبنای مشاهدات (قهرمان ۱۳۸۷-۱۳۵۴؛ Parsa 1949; Rechinger et al. 1982). ب: نمایش گل، ج: نمایش کل گیاه.

***Stachys pilifera* Benth.**

گیاهانی پایا، نیمه چوبی، بسیار منشعب و پوشیده از کرک‌های نرم چسبناک، سبز خاکی هستند. ساقه ایستاده، منشعب، با شاخه‌های ایستاده است. برگ‌ها بدون دمبرگ، پهن دراز، نوک‌دار، در بخش گلدار مساوی و هم‌قد گل هستند. گل‌ها سفید، بدون پایه، مجتمع در چرخه‌های متعدد دور از هم، دارای ۴-۲ گل هستند. براکته‌ها سرنیزه‌ای، بسیار کوتاه‌تر از کاسه استکانی شکل، کرکدار، با دندانه‌های سرنیزه‌ای وسیع در نوک خار مانند، برابر با طول بخش لوله‌ای می‌باشند. جام کرکدار، با لوله‌ای کوتاه‌تر از دندانه‌های کاسه است. شکل ۵ (شماره‌ی انتشار: ۷۴، کد: ۱۱۴/۰۲۸/۰۰۵ از فلور رنگی قهرمان، قهرمان ۱۳۸۷-۱۳۵۴؛ Parsa 1949؛ Rechinger *et al.* 1982).

الف ب ج

شکل ۵. *Stachys pilifera* الف: نمایش محل جمع‌آوری گیاه در استان لرستان بر مبنای مشاهدات شخصی ▲، نمایش پراکندگی در استان بر مبنای مشاهدات (قهرمان ۱۳۸۷-۱۳۵۴؛ Parsa 1949; Rechinger et al. 1982). ب: نمایش کل گیاه، ج: نمایش گل.

***Stachys setifera* C. A. Mey.**

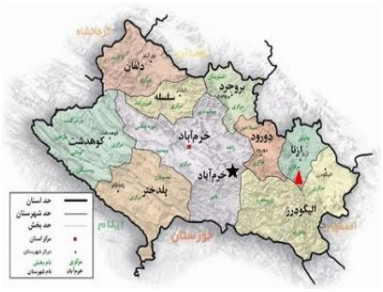
گیاهانی پایا، ایستاده، با بُن ریزومی، با ریزوم رونده و افشان و تقریباً چوبی و باریک هستند. ساقه متعدد، ایستاده یا خیزان، به ارتفاع ۴۰ تا ۶۰ سانتیمتر است. برگ‌ها سبز علفی، کرکینه‌پوش، با اشکال و طول متفاوت هستند که برگ‌های پایینی ساقه دمبرگ‌دار، بالایی‌ها فاقد دمبرگ می‌باشند. گل‌ها صورتی، قرمز مایل به‌صورتی، مجتمع در چرخه‌های دور از هم هستند. کاسه به‌طول ۵/۵ تا ۷/۵ میلی‌متر، استکانی- قیقی شکل ،جام دو لبه، گرد پوش است. پرچم‌ها خارج شده از جام و دانه‌ها فاقد کرک است.شکل ۶ (شماره‌ی انتشار: ۱۰۹۷، کد: ۱۱۴/۰۲۸/۰۴۳ از فلور رنگی قهرمان، قهرمان ۱۳۸۷-۱۳۵۴؛ Parsa 1949؛ Rechinger *et al.* 1982).

الف ب ج

شکل۶.*Stachys setifera* - الف: نمایش محل جمع‌آوری گیاه در استان لرستان بر مبنای مشاهدات شخصی ▲، نمایش پراکندگی در استان بر مبنای مشاهدات (قهرمان ۱۳۸۷-۱۳۵۴؛ Parsa 1949; Rechinger et al. 1982). ب: نمایش کل گیاه، ج: نمایش گل.

***Stachys spectabilis* Choisy ex DC.**

گیاهانی پایا، ایستاده، افراشته و کمی کرکین با ساقه‌ی بلند و به ارتفاع ۱۲۰-۶۰ سانتی‌متر هستند. برگ‌ها علفی و سبز، در رو کمی پرزپوش، سفید و کرکین می‌باشند. گل صورتی مایل به ارغوانی، دارای دمگل کوتاه، کاسه به‌طول ۷-۶ میلی‌متر، در خارج پوشیده از کرک و کرکین، با دندانه‌های نیزه‌ای و درتمام طول باریک شده، در نوک تقریباً خاری، میله پرچم‌ها خارج شده از جام است. میوه چهار فندقه‌ای سه پهلو، عریض و بدون کرک است. شکل ۷ (شماره‌ی انتشار: ۱۲۳۴، کد: ۱۱۴/۰۲۸/۰۳۷ از فلور رنگی قهرمان، قهرمان ۱۳۸۷-۱۳۵۴؛ Parsa 1949; Rechinger *et al.* 1982).



الف

ب

ج

شکل ۷. *Stachys spectabilis*- الف: نمایش محل جمع‌آوری گیاه در استان لرستان بر مبنای مشاهدات شخصی ▲، نمایش پراکندگی در استان بر مبنای مشاهدات (قهرمان ۱۳۸۷-۱۳۵۴؛ Parsa 1949; Rechinger et al. 1982). ب: نمایش کل گیاه، ج: نمایش گل.

گیاهان در هر منطقه ذخایر با ارزش ژنتیکی آن منطقه محسوب می‌شوند که حاوی اطلاعات با ارزشی همچون اقلیم، خاک، ارتفاع از سطح دریا می‌باشند. ایران یکی از مهمترین مراکز تنوع گیاهی در جهان است و گیاهان دارویی بخش مهمی از فلور ایران را تشکیل می‌دهند. در طول تاریخ گونه‌های دارویی مهمترین منابع تأمین غذا و داروی بشر بوده و برای درمان بیماری‌های افراد بومی استفاده شده‌اند. امروزه تمایل مردم برای استفاده از داروهای گیاهی افزایش یافته است.

منابع

حسینی، س.ح.، بی باک، ح.، رمضانی قراء، ع. ۱۳۹۹. بررسی اتنوبوتانی گیاهان دارویی منطقه جنوب کرمان. فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی.

خرازیان، ن. شیران، ب. رحیمی، س. ۱۳۹۲. مطالعه بیوسیستماتیکی گونه های جنس(Lamiaceae) Stachys L. در ایران با تاکید بر نشانگرهای ریخت شناسی و مولکولی. ISSR وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری- دانشگاه شهرکرد- دانشکده علوم پایه، پایان نامه کارشناسی ارشد.

قهرمان، ا. ۱۳۷۳ .کوروموفیت‌های ایران سیستماتیک گیاهی، مرکز نشر دانشگاهی تهران. جلد ۳. ۲۱۲-۱۳۵.

Jamzad Z. 2012. Lamaiceae. In: Assadi, M., Maassoumi, A. and Mozaffarian, V. Flora of Iran. Vol. 76. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran.

Kharazian N. and Mohammadi M. 2014. Flavonoid patterns and their diversity in ten Stachys L. (Lamiaceae) species from Iran. Progress in Biological Sciences. 4 (2): 203-218.

Ostad N., Vazirian M., Manayi A., Hadjiakhoondi A. and Khanavi M. 2014. Comparison of cytotoxic activity of some Iranian *Stachys* spp. extracts on different cancer cell lines. Research Journal of Pharmacognosy. (RJP). 1 (2): 23-28S.

Parsa A. 1949. Flore de l Iran. vol. 4, ed. Thehran. 329-881.

Rechinger K. H. Hedge I. C. Ietswaart J. H. Jalas J. Mennema J. and Seybold, S. (eds). 1982. Labiatae. In: Rechinger, K.H. (ed.). Flora Iranica. 150. Akademische Druck- u. Verlagsanstalt. Graz. 19-537.

Wu Y. B. Ni Z. Y. Shi Q. W. Dong M. Kiyota H. Gu Y. C. Cong B. 2012. Constituents from *Salvia* species and their biological activities. Chemical Reviews. 112 (11): 5967-6026.

Botanical Study of *Stachys L* species from the *Lamiace* family

Elham faryabi*
Department of Agriculture, Payam Noor University, Tehran, Iran
*Corresponding Author: E_faryabi@pnu.ac.ir

Abstract

Plants in each area are the genetic reserves of the area that contain valuable information such as climate, soil, altitude. Iran is one of the most important centers of herbal diversity in the world and medicinal plants are an important part of the Iranian Flora. Throughout history, medicinal species have been the most important sources of human food and medicine and have been used to treat native diseases. Today, people's tendency to use herbal remedies has increased. Stachys L. is one of the largest genus Lamiaceae and Lamioideae subtitles contain 300-275 species around the world. Due to the presence of different secondary compounds, species of this genus play an important role in the pharmaceutical and disease treatment industry. For the present study, numerous collection of distribution sites in Lorestan province has been carried out in various gadgets. The collected samples were studied and studied based on valid sources. According to the present study, Stachys L in Lorestan Province includes 7 species of *Stachys Benthamiana, Stachys Lavandulifolia, Stachys Kurdica, Stachys Inflate, Stachys Setifera, Stachys Setabilis, Stachys Inflate, Stachys Setablera.* In addition to describing the section and providing image for each species, information was also provided about their distribution, habitat and taxonomics.

Keywords: Stachys, taxonomy, medicinal plants, Iranian flora

واکنش گیاه چیا به کاربرد استریگولاکتون تحت شرایط تنش کم‌آبی از مرحله رشد رویشی تا گلدهی

فاطمه انوشه بناب[۱]، حمید محمدی[*۱]
۱- گروه زراعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
[*]نویسنده مسئول: hmohammadi@azaruniv.ac.ir

چکیده

خشکی یکی از چالش‌های بزرگ گیاهان در محیط‌های کشاورزی است که رشد و عملکرد آنها را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به افزایش روزافزون خشکسالی‌ها در جهان و اهمیت مصرف آب در کشاورزی ایران، پیدا کردن راهکارهایی برای کمک به گیاهان در مقابله با این تنش ضروری است. گیاه چیا، که به خاطر خواص تغذیه‌ای فوق‌العاده‌اش شناخته شده، می‌تواند گزینه مناسبی برای کشت در شرایط کم‌آبی باشد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل سطوح مختلف تنش کم‌آبی (شاهد، ۷۰ و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و غلظت‌های متفاوت هورمون استریگولاکتون (عدم کاربرد، ۴ و ۸ میکرومولار) در سه تکرار انجام گرفت. در این مطالعه، تأثیر هورمون استریگولاکتون بر افزایش تحمل چیا به خشکی بررسی شد. آزمایش‌ها نشان دادند که محلول‌پاشی با استریگولاکتون منجر به افزایش وزن خشک ریشه، بخش هوایی، محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه چیا شد. بنابراین، استفاده از استریگولاکتون می‌تواند راهکاری موثر و ساده برای بهبود رشد گیاهان در شرایط خشکی و کاهش اثرات منفی کم‌آبی در کشاورزی باشد.

واژه‌های کلیدی: استریگولاکتون، خشکسالی، گیاه چیا

مقدمه

خشکی از تاثیرگذارترین تنش‌های محیطی بر رشد و تکامل گیاهان است. تحولات آب و هوایی جهانی اخیر موجب افزایش خشکسالی در مناطق مختلف دنیا شده است و این روند روبه افزایش است (Li et al., 2022). بیشترین میزان مصرف آب در ایران و سایر کشورها در بخش کشاورزی می‌باشد. بسیاری از افراد امروزه به زندگی سالم روی آورده‌اند و تمایل آنها برای داشتن تغذیه سالم افزایش یافته است. گیاه چیا به دلیل فوایدی که برای سلامتی دارد جز غذاهای سودمند نوین محسوب می‌شود. چیا با نام علمی *Salvia hispanica* گیاهی علفی و یکساله از تیره نعناعیان و از جنس مریم گلی و بومی مناطق مکزیک و گواتمالا است (Sharma, 2020). بذور چیا به دلیل سطح بالای پروتئین، آنتی‌اکسیدان، فیبر غذایی، ویتامین‌ها، مواد معدنی و به ویژه به دلیل روغن آن که حاوی بیشترین مقدار اسید الفا لینولنیک یا امگا ۳ نسبت به سایر منابع طبیعی شناخته شده تا به امروز می‌باشند، دارای ارزش بالایی هستند (Guiotto et al., 2013). مطالعات نشان می‌دهد تنش خشکی به اندام‌های فتوسنتز کننده آسیب زده و سرعت فتوسنتز گیاه را کاهش می‌دهد. همچنین می‌تواند بر جذب، انتقال و ذخیره سازی عناصرغذایی اثر گذاشت. از طرفی دیگر، هورمون‌های گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی می‌تواند نقش موثری ایفا بکنند. استریگولاکتون از دسته از هورمون‌هایی است که با تنظیم مسیرهای مختلف، رشد گیاه و سازگاری گیاه به تنش‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد

(Li et al., 2022). در شرایط تنش، استریگولاکتون به حفظ فتوسنتز، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و بیان پروتئین‌های شک حرارتی کمک می‌کند. همچنین تحت تنش خشکی موجب بسته شدن روزنه‌ها و بهبود رشد ریشه جهت افزایش جذب آب مواد معدنی می‌شود. استفاده خارجی از استریگولاکتون محتوای کلروفیل، تجمع پرولین و کارایی فتوسنتز را افزایش می‌دهد. معمولا گیاهان به دلیل قرار گرفتن در شرایط محیطی نامطلوب، تنش‌های غیر زیستی مختلفی را تجربه می‌کند. هورمون‌های گیاهی با کمک به برقراری ارتباط با محیط خارجی، فعالیت‌های مختلف فیزیولوژیکی را تنظیم می‌کنند. استریگولاکتون‌ها به عنوان هورمون‌های نوظهور امیدوارکننده می‌تواند برای بهبود تحمل تنش محیطی به‌ویژه شوری و خشکی از طریق پاسخ‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی به کار برده شود (Muhammad Fasih et al., 2024). گزارش شده است کاربرد خارجی استریگولاکتون به طور موثر موجب کاهش اثرات تنش خشکی در گیاه *Pennisetum purpureum* می‌شود و سرعت خالص فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و راندمان مصرف آب به طور قابل توجهی افزایش یافته و همچنین وزن تر و خشک برگ و ریشه و طول ریشه اصلی افزایش پیدا کرده است (Li et al., 2022). بنابراین، با توجه به اهمیت گیاه چیا در تامین سلامت جامعه و اثرات تنش خشکی بر رشد و پارامترهای فیزیولوژیک آن، و همچنین نقش القاء کنندگی مثبت استریگولاکتون بر رشد گیاهان تحت تنش، آزمایشی طراحی شد که هدف از اجرای آن بررسی برخی پاسخ‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیکی چیا به شرایط تنش خشکی با کاربرد استریگولاکتون در غلظت‌های مختلف بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات کاربرد هورمون استریگولاکتون بر رشد و برخی پارامترهای فیزیولوژیک گیاه داروئی چیا تحت شرایط تنش کم‌آبی تا مرحله گلدهی، یک آزمایش مزرعه ای مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد که در آن فاکتور اول تنش کم‌آبی (شاهد، ۷۰ و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و فاکتور دوم غلظت‌های متفاوت هورمون استریگولاکتون (عدم کاربرد، ۴ و ۸ میکرومولار) بود. زمان اعمال تیمارها بعد از استقرار کامل گیاهچه بود. سطوح مختلف آبیاری (بدون تنش، تنش متوسط (آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی) و تنش شدید (آبیاری پس از تخلیه رطوبت ۶۰ درصد ظرفیت زراعی)) بعد از استقرار بوته‌ها تا برداشت در مرحله گلدهی انجام شد. برای کنترل رطوبت و تعیین زمان آبیاری گیاهان نیز از دستگاه رطوبت سنج خاک لترون مدل LUTRON PMS-714، ساخت کشور تایوان استفاده شدکه پس از رسیدن به نقطه رطوبت مد نظر از تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی، آبیاری انجام گرفت. قبل از اجرای آزمایش با نمونه گیری از خاک در زمان‌های متفاوت از طریق روش وزنی درصد حجمی رطوبت خاک تعیین گردید و سپس درصد حجمی رطوبت خاک به وسیله دستگاه TDR اندازه گیری شد. در این آزمایش صفات وزن خشک، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی اندازه‌گیری شد. پس از جدا نمودن بخش هوایی بوته‌ها از گلدان و مزرعه، به مدت ۴۸ ساعت در آون دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شده و با ترازویی با دقت یک هزارم گرم توزین شد و به عنوان وزن خشک بوته در نظر گرفته شد. در بررسی محتوای رنگیزه‌های گیاهی برای سنجش کلروفیل‌ها و کاروتنوئید از روش لیچتنتالر (Lichtenthaler and Wellburn, 1983) استفاده شد.

نتایج و بحث

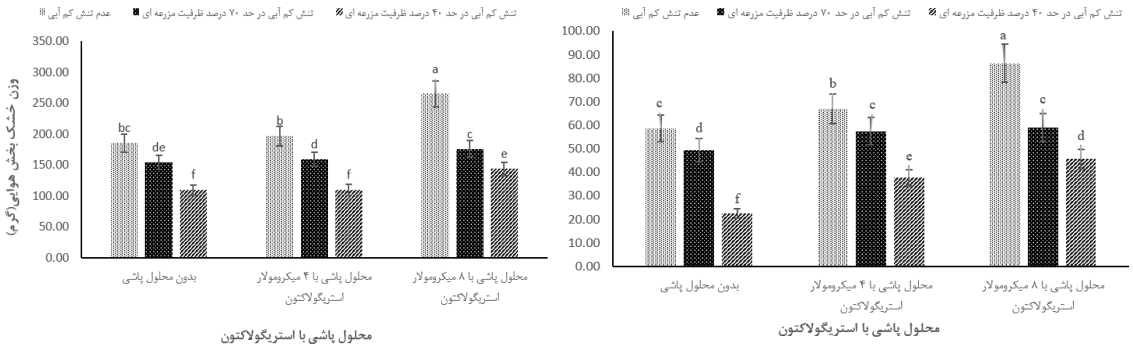
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کاربرد استریگولاکتون و تنش کم‌آبی بر وزن خشک ریشه و بخش هوایی گیاه چیا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول (۱): نتایج تجزیه واریانس برخی صفات مورد مطالعه تحت تاثیر کاربرد استریگولاکتون در گیاه چیا تحت تنش کم‌آبی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		وزن خشک ریشه	وزن خشک بخش هوایی
بلوک	۲	۷۲۵/۰۴ **	۴۳۶۱.۷۴**
تنش کم‌آبی (a)	۲	۲۸۳۶/۰۲ **	۲۰۲۲۷.۳۰**
کاربرد استریگولاکتون (b)	۲	۹۰۸/۹۱ **	۵۴۸۰.۶۴**
اثر متقابل a*b	۴	۹۳/۱۲ **	۸۲۴.۶۲**
اشتباه	۱۶	۹/۸۱	۴۹.۲۶

ns عدم اختلاف معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و یک درصد.

بیشترین وزن خشک ریشه و بخش هوایی در شرایط بدون تنش و با محلول‌پاشی ۸ میکرومولار استریگولاکتون مشاهده شد و کمترین وزن خشک مربوط به تنش شدید (۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) همراه با عدم محلول‌پاشی یا محلول‌پاشی ۴ میکرومولار استریگولاکتون بود. به‌طور کلی افزایش شدت تنش منجر به کاهش وزن خشک گیاه گردید که استفاده از استریگولاکتون توانست این کاهش را بهبود بخشد (شکل ۱). مطالعات نشان می‌دهد شرایط تنش خشکی منجر به کاهش رشد می‌شود و استریگولاکتون باعث افزایش رشد ریشه‌ها و وزن خشک هوایی شده و فعالیت ریشه‌ها را تحت تنش خشکی افزایش می‌دهد (Xu et al., 2023).



شکل ۱. وزن خشک ریشه و بخش هوایی تحت تاثیر کاربرد استریگولاکتون در گیاه چیا تحت تنش کم‌آبی

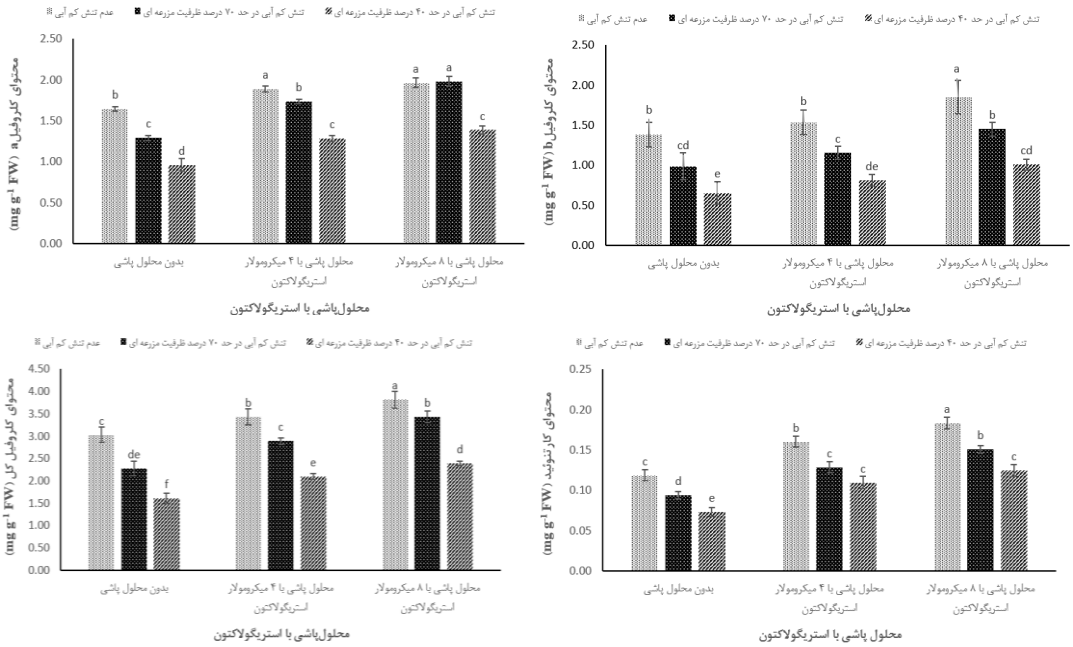
بررسی رنگدانه‌های فتوسنتزی نشان داد که تنش کم‌آبی و استریگولاکتون هر دو به طور مستقل (کلروفیل b، کل و کاروتنوئید) و در برخی موارد به صورت تعاملی (محتوای کلروفیل a) تأثیر معنی‌دار داشتند؛ به طوری که

بیشترین مقدار کلروفیل a در شرایط بدون تنش و با کاربرد ۸ میکرومولار استریگولاکتون ثبت شد. برای کلروفیل b، هر دو عامل به صورت مستقل تأثیر معناداری داشتند، ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۲). کلروفیل کل نیز تحت تأثیر تنش کم‌آبی کاهش معنادار یافت که با استفاده از استریگولاکتون بهبود یافت؛ این هورمون توانست به صورت مستقل و در شرایط مختلف آبیاری، اثر مثبتی بر محتوای کلروفیل کل داشته باشد. همچنین، تنش کم‌آبی و استریگولاکتون به طور مستقل بر میزان کاروتنوئید تأثیر معنی‌دار داشتند؛ بیشترین مقدار کاروتنوئید در شرایط بدون تنش و با ۸ میکرومولار استریگولاکتون به دست آمد و اثر متقابل این دو عامل معنی‌دار نبود (شکل ۲). گزارش‌ها نشان می‌دهد فتوسنتز در حفظ رشد گیاه ضروری است و رنگدانه‌های فتوسنتزی عامل کلیدی هستند. کاربرد استریگولاکتون به طور قابل توجهی محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی را در شرایط تنش خشکی افزایش داده و محتوای کلروفیل را در برگ‌ها حفظ کرده و فتوسنتز را افزایش می‌دهد. همچنین مشخص شده است که کاربرد خارجی استریگولاکتون به عنوان یک تنظیم‌کننده مثبت در کاهش تنش غیرزیستی در گیاهان عمل می‌کند (Ha et al., 2013).

جدول (۲): نتایج تجزیه واریانس محتوای رنگریزه‌های فتوسنتزی تحت تاثیر کاربرد استریگولاکتون در گیاه چیا تحت تنش کم‌آبی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		محتوای کلروفیل a	محتوای کلروفیل b	محتوای کلروفیل کل	محتوای کارتنوئید
بلوک	۲	۰.۰۰۴^{ns}	۰.۳۸۱**	۰.۳۲**	۰.۰۰۰۰۸^{ns}
تنش کم‌آبی (a)	۲	۰.۹۴۱**	۱.۳۱۵**	۴.۴۰**	۰.۰۰۶۰۲**
کاربرد استریگولاکتون (b)	۲	۰.۵۴۵**	۰.۴۲۸**	۱.۸۷**	۰.۰۰۷۷۱**
اثر متقابل a*b	۴	۰.۰۲۸*	۰.۰۰۴^{ns}	۰.۰۴^{ns}	۰.۰۰۰۰۴^{ns}
اشتباه	۱۶	۰.۰۰۷	۰.۰۱۳	۰.۰۲	۰.۰۰۰۱۳

ns عدم اختلاف معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و یک درصد.



شکل ۱. محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تاثیر کاربرد استریگولاکتون در گیاه چیا تحت تنش کم‌آبی

در کل می‌توان گفت استریگولاکتون توانسته کاهش وزن خشک ریشه و بخش هوایی ناشی از تنش کم‌آبی را کاهش دهد و به طور قابل توجهی محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل‌ها و کاروتنوئید را بهبود بخشد. این هورمون نقش مهمی در افزایش مقاومت و بهبود عملکرد فیزیولوژیکی گیاه چیا در شرایط تنش خشکی ایفا می‌کند و کاربرد آن می‌تواند به عنوان روشی مؤثر در مدیریت تنش کم‌آبی در کشاورزی مطرح شود.

منابع

Estefanía, N. G., Vanesa, Y. I., Mabel, C. T., & Susana, M. N. (2013). Moisture-Dependent Engineering Properties of Chia (*Salvia hispanica* L.) Seeds. *Food Industry*, 381-397.

Li, Y., Li, S., Feng, Q., Zhang, J., Han, X., Zhang, L., ... & Zhou, J. (2022). Effects of exogenous Strigolactone on the physiological and ecological characteristics of Pennisetum purpureum Schum. Seedlings under drought stress. *BMC Plant Biology*, *22*(1), 578.

Lichtenthaler, H.K. and Wellburn, A.R., 1983. Determinations of total carotenoids and Chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 11: 591-592.

Muhammad Fasih, K., Shafqat, W., Khan, R. I., Jawaid, M. Z., Hussain, S., Saqib, M., ... & Ahmed, T. (2024). Unveiling the resilience mechanism: Strigolactones as master regulators of plant responses to abiotic stresses. *Plant Stress, 12: 100490*

Sharma, E. (2020). Chia (*Salvia hispanica*) The Wonder Seeds: A Review. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 21: 210-216.

Xu, J., Li, L., Liu, Y., Yu, Y., Li, H., Wang, X., ... & Sun, Q. (2023). Molecular and physiological mechanisms of strigolactones-mediated drought stress in crab apple (*Malus hupehensis* Rehd.) seedlings. *Scientia Horticulturae*, *311*, 111800.

Ha, C. V., Leyva-González, M. A., Osakabe, Y., Tran, U. T., Nishiyama, R., Watanabe, Y., ... & Tran, L. S. P. (2014). Positive regulatory role of strigolactone in plant responses to drought and salt stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(2), 851-856.

Response of Chia (*Salvia hispanica*) to strigolactone application under water deficit stress from vegetative growth to flowering stage

Fatemeh Anosheh-Bonab[1], Hamid Mohammadi*
Department of Agronomy and Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University
*Corresponding Author: hmohammadi@azaruniv.ac.ir

Abstract

Drought is one of the major challenges for plants in agricultural environments, severely affecting their growth and performance. Given the increasing incidence of droughts in the world and the importance of water consumption in Iranian agriculture, it is essential to find solutions to help plants cope with this stress. Chia (*Salvia hispanica*), known for its excellent nutritional properties, can be a good option for cultivation in water-deficiency conditions. In this study, the effect of strigolactone on increasing chia's tolerance to drought was investigated. The studied factors include different levels of water deficit stress (control, 70 and 40 % of FC) and different levels of strigolactone (no application, 4 and 8 µM) was carried out in three replications. Results showed that foliar spraying with strigolactone led to an increase in root dry weight, shoot, and photosynthetic pigment content in chia plants. Therefore, the use of strigolactone can be an effective and simple solution to improve plant growth in drought conditions and reduce the negative effects of water deficit in agriculture.

Keywords: Chia, Drought, Strigolactone

ارزیابی ترکیبات فنولی کل به صورت کمی و کیفی عصاره آبی، اتانولی و متانولی میوه قره‌گیله(*Vaccinium* sp.)

فاطمه علی‌نژاد*[۱]، نادر چاپارزاده[۲]، لیلا زرندی میاندوآب[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیوشیمی (گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز و ایران)

۲- استاد زیست‌شناسی گیاهی (گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز و ایران)

۳- دانشیار فیزیولوژی گیاهی (گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران)

*نویسنده مسئول: fatemealinezhad.7714@gmail.com

چکیده

گیاه قره‌گیله (*Vaccinium* sp.) یکی از گونه‌های مهم خانواده Ericaceae است و متعلق به جنس *Vaccinium* می‌باشد. این گیاه توزیع گسترده‌ای در مناطق جنگلی شمال ایران دارد. در این پژوهش از پودر خشک میوه قره‌گیله ترکیبات فنولی‌کل عصاره آبی، اتانولی و متانولی میوه قره‌گیله به صورت کیفی و کمی مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق استخراج عصاره میوه قره‌گیله با روش خیساندن با سه حلال آب، اتانول ۸۰ و متانول ۸۰ درصد انجام شد. ابتدا تست کیفی ترکیبات فنولی‌کل انجام شد. سپس میزان ترکیبات فنولی‌کل عصاره با کاربرد روش فولین سیوکالتو و دستگاه اسپکتوفتومتری تعیین گردید. حضور ترکیبات فنولی‌کل تایید گردید. نتایج نشان داد که میزان ترکیبات فنولی میوه قره‌گیله با مقدار۱۴/۶۲ میلی‌گرم در حلال آبی، ۱۵/۰۵ میلی‌گرم در حلال اتانولی و ۲۲/۴۰ میلی‌گرم در حلال متانولی بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک نمونه به دست آمد. معین شد که استخراج در حضور متانول نسبت به حلال‌های دیگر از راندمان بالاتری برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: انواع حلال‌ها، ترکیبات فنولی، متابولیت ثانویه، میوه قره‌گیله

مقدمه

گیاه قره‌گیله (*Vaccinium* sp.) از جنس *Vaccinium* و خانواده اریکاسه (Ericaceae) شامل گونه‌های متعددی است، که عموما با نام انگلیسی Bilberry شناخته می‌شود. اغلب گیاهان درختچه‌های چند ساله وحشی هستند و در اقلیم مرطوب، کوهستانی، خاک‌های اسیدی در سراسر اروپا، جنوب شرقی و مرکزی آفریقا، آسیا و شمال و آمریکا مرکزی رشد می‌کنند. تیره اریکاسه یک خانواده بزرگ از گیاهان آنژیوسپرم که شامل تقریبا ۴۲۵۰گونه، ۱۲۴ جنس و ۹ زیر تیره است. گیاه قره‌گیله درختچه‌هایی برگ‌ریز، ایستاده، با گل‌هایی سفید، برگ‌هایی به رنگ سبز تیره، بدون کرک، نوک تیز با حاشیه‌هایی دندانه دار است. این گونه در ماه‌های اواخر اردیبهشت تا خرداد به گل می‌نشیند و میوه‌های آن از اواخر شهریور تا اوایل مهر قابل برداشت هستند. میوه‌های رسیده به رنگ سیاه با گوشتی بنفش رنگ با دانه‌های کوچک در مرکز متمرکز هستند. این گیاه در ارتفاعات و جنگل‌های شمال ایران از جمله ارتفاعات کوه‌های تالش در گیلان یافت می‌شود. این گیاه دارای اثرات دارویی و درمانی مانند ضد فشار خون، ضد دیابت، اثر شفا بخش بر بیماری‌های قلبی عروقی، التهاب و سرطان و عفونت‌های دستگاه ادراری دارد. همچنین در تصلب شریان و روماتیسم مفصلی و اختلالات روده‌ای موثر است (Martău et al., 2023).

ترکیبات فنولی، مواد شیمیایی گیاهی شناخته شده در گیاهان هستند که فراوان‌ترین و مهم‌ترین متابولیت‌های ثانویه گیاهی محسوب می‌شوند. ویژگی اساسی ترکیبات فنولی، یک ساختارشیمیایی مشترک که شامل یه حلقه آروماتیک و یک یا چند گروه هیدروکسیل می‌باشند. آن‌ها شامل فنل‌های ساده، کومارین‌ها، تانن‌ها، لیگنین‌ها، لیگنان‌ها و فلاونوئیدها هستند. غذاهای گیاهی منابع غنی از فنول‌ها هستند، که مولکول‌هایی که می‌توانند به عنوان آنتی‌اکسیدان برای جلوگیری از بیماری‌های قلبی، کاهش التهاب، کاهش بروز سرطان‌ها و دیابت و همچنین کاهش میزان جهش‌زایی در سلول‌های انسانی عمل میکنند. ترکیبات فنولی تا حدودی به عنوان پاسخی به فشارهای اکولوژیکی و فیزیولوژیکی مانند حمله پاتوژن و حشرات، اشعه ماوراء بنفش و زخم سنتز می‌شود(Vukic and Vujasinovic, 2023).

طبق گزارش‌های انجام شده در خصوص این میوه اثر محافظتی در برابر سرطان روده در داخل بدن دارد زیرا نقش ضد تکثیری و پیش آپوپتوتیک را در شرایط آزمایشگاهی نشان داده است. همچنین اثرات فشار خون و دیابت دارد که از طریق مهار آنزیم الفا آمیلاز پانکراس و کاهش خون اعمال اثر می‌کند (Mohtashami, R, et al .2019).

هدف از انجام تحقیق ابتدا تشخیص وجود ترکیبات فنولی کل در عصاره‌های آبی، اتانولی و متانولی میوه قره‌گیله و در نهایت محاسبه‌ی مقدار ترکیبات فنولی کل در میوه قره‌گیله در عصاره‌های آبی، اتانولی و متانولی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه آزمایشگاهی به روش زیر انجام شد:

تهیه عصاره: میوه‌های قره‌گیله از جمعیت کوه‌های تالش (استان گیلان، ایران) در پاییز سال ۱۴۰۳ جمع‌آوری و پس از انتقال به آزمایشگاه بلافاصله در سایه خشک شدند. عصاره این گیاه از میوه‌های قره‌گیله با روش خیساندن تهیه شد. بدین ترتیب که از ۰/۵ گرم پودر خشک در۵۰ میلی‌لیتر حلال با روش خیساندن عصاره‌گیری شد. حلال‌های مورد استفاده یکی از محلول‌های رایج برای استخراج ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی شامل آب، متانول ۸۰٪ و اتانول ۸۰٪ است که در مقالات متعدد به آن‌ها اشاره شده است. در روش خیساندن، مخلوط نمونه و حلال به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق روی شیکر خیسانده شد. سپس تمام عصاره‌ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۱، صاف و به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانترفیوژ شدند. مایع رویی جهت سنجش‌های بعدی استفاده گردید (Lin et al., 1999).

تست‌های کیفی

تست ترکیبات فنولی

۱ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده را در لوله آزمایش ریختیم و به آن چند قطره آهن کلرید ۵٪ اضافه کردیم. ظهور رنگ سبز تیره نشان دهنده وجود ترکیبات فنولی در عصاره تهیه شده در میوه قره‌گیله است (Dróżdż et al., 2017).

تست‌های کمی

سنجش محتوای ترکیبات فنولی کل

سنجش فنول کل با روش Folin-ciocalteu انجام گرفت. ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره را برداشته و ۰/۱ میلی‌لیتر معرف FC (با نسبت ۱به ۹ با آب مقطر تهیه گردید) و ۰/۹ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. بعد از ۵ دقیقه، ۱ میلی‌لیتر سدیم کربنات ۷٪ و ۰/۴ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه نموده و در نهایت به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار داده و جذب آن در طول موج۷۶۵ نانومترتوسط دستگاه اسپکتوفتومتری قرائت گردید. از اسیدگالیک با غلظت ۰-۰/۱ میلی‌گرم بر

میلی‌لیتر برای رسم نمودار کالیبراسیون استفاده ونتایج به صورت میلی‌گرم گالیک اسید بر وزن خشک نمونه گزارش گردید (Dróżdż et al., 2017).

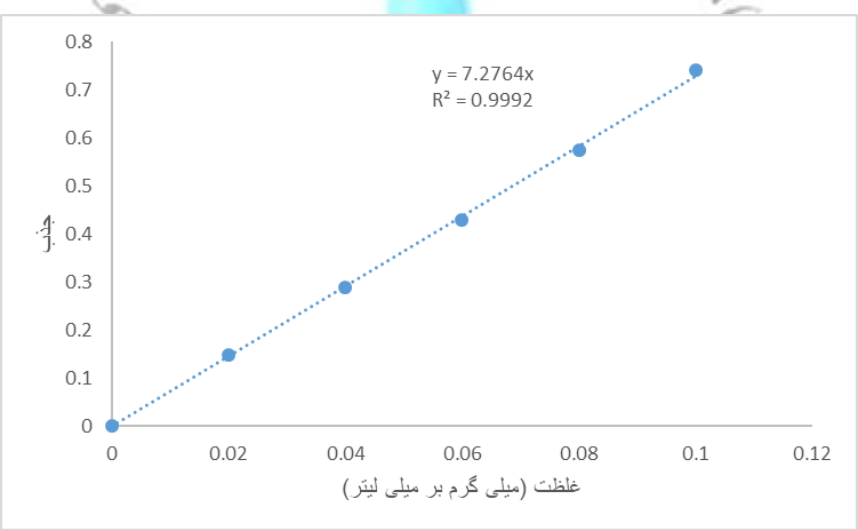
نتایج

آزمون کیفی بر روی سه عصاره آبی، اتانولی و متانولی میوه قره‌گیله به صورت جداگانه صورت گرفت. با این آزمون‌ها حضور ترکیبات فنلی اثبات شد (جدول ۱).

جدول ۱. آزمون‌های کیفی عصاره‌های آبی، اتانولی و متانولی میوه قره‌گیله

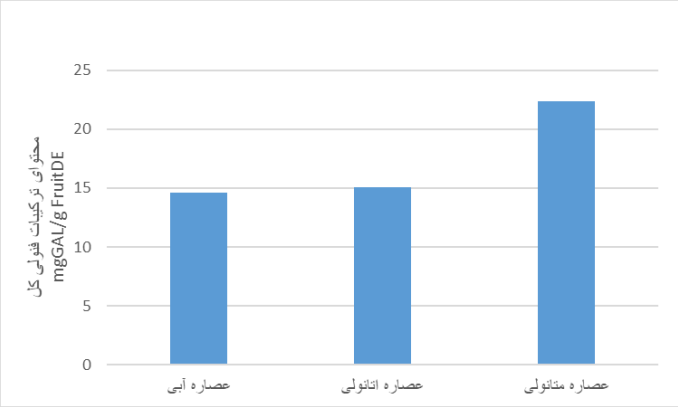
تست فیتوشیمیایی	عصاره آبی میوه	عصاره اتانولی میوه	عصاره متانولی میوه
ترکیبات فنولی	+	+	+

مقدار کل ترکیبات فنولی: میزان کل ترکیبات فنولی عصاره آبی، اتانولی و متانولی عصاره میوه قره‌گیله بر مبنای مقادیر جذب ناشی از واکنش عصاره با معرف فولین سیوکالتو و بر اساس مقایسه آن با محلول‌های استاندارد گالیک اسید و بر طبق معادله خط به دست آمده از منحنی استاندارد گالیک اسید(r^2 =0.9992 ،y =7.2764x) محاسبه گردید (نمودار ۱).



نمودار ۱. منحنی استاندارد گالیک اسید جهت اندازه‌گیری ترکیبات فنولی‌کل عصاره میوه قره‌گیله

مقادیر فنول‌کل استخراج شده از عصاره‌های آبی، اتانولی و متانولی میوه قره‌گیله در دمای اتاق و در مدت زمان ۲۴ ساعت استخراج گردید. نتایج نشان داد که میزان ترکیبات فنولی میوه قره‌گیله با مقدار۱۴/۶۲ میلی‌گرم در حلال آبی، ۱۵/۰۵ میلی‌گرم در حلال اتانولی و ۲۲/۴۰ میلی‌گرم در حلال متانولی بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک نمونه به دست آمد (نمودار ۲).



نمودار ۲. محتوای ترکیبات فنولی کل عصاره آبی، اتانولی و متانولی میوه قره‌گیله

بحث

عوامل متعددی می‌توانند بر میزان استخراج ترکیبات فنولی کل تاثیر گذار باشد مانند، مراحل آماده‌سازی گیاه (نحوی خشک کردن، زمان و دمای عصاره‌گیری)، نمونه گیاهی (نوع گونه، جمعیت، اندام مورد استفاده مرحله نمو)، شرایط محیطی گیاه (ساختار خاک، شرایط اقلیمی، تنش‌ها) (Mores de souza et al., 2008) نتایج به دست آمده در این پژوهش نیز بیانگر نقش موثر حلال‌ها روی استخراج محتوای ترکیبات فنولی کل بود. عصاره به دست آمده با حلال متانول بیشترین استخراج محتوای فنولی کل را داشت.

نتیجه‌گیری کلی

در بررسی کیفی ترکیبات فنولی در حلال‌های آبی، اتانولی و متانولی ظاهر شدند و نتیجه‌ی مثبت را نشان دادند. حلال‌های هیدروالکلی اتانول و متانول نسبت به حلال آبی مقدار بیشتری از ترکیبات فنولی از بافت میوه را استخراج کرده بودند. حلال متانول نسبت به اتانول مقدار بیشتری ترکیبات فنولی از بافت میوه قره‌گیله استخراج کرده بودند.

منابع

Martău, G. A., Bernadette-Emőke, T., Odocheanu, R., Soporan, D. A., Bochiş, M., Simon, E., and Vodnar, D. C. (2023). Vaccinium species (Ericaceae): Phytochemistry and biological properties of medicinal plants. *Molecules*, *28(4)*, 1533.

Moraes-de-Souza, R. A., et al. (2008) "Antioxidant activity and phenolic composition of herbal infusions consumed in brazil actividad antioxidante y compuestos fenólicos en infusiones herbarias consumid as en Brasil." CYTA-*Journal of Food*, 6, 41-47.

Mohtashami, R, et al. (2019) "Effects of standardized hydro-alcoholic extract of Vaccinium arctostaphylos leaf on hypertension and biochemical parameters in hypertensive hyperlipidemic type 2 diabetic patients: a randomized, double-blind and placebo-controlled clinical trial." Avicenna journal of phytomedicine, 19, 44.

Vukic, M., and Vujasinovic, V. (2023). Minor bioactive compounds of cold-pressed oils and their biomedical functions: A brief review. *International Journal on Biomedicine and Healthcare*, *11*, 364-370.

Lin, M. C., Tsai, M. J., and Wen, K. C. (1999). Supercritical fluid extraction of flavonoids from Scutellariae Radix. *Journal of Chromatography* A, 830(2), 387-395.

Dróżdż, P., Šėžienė, V., and Pyrzynska, K. (2017). Phytochemical properties and antioxidant activities of extracts from wild blueberries and lingonberries. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72, 360-364.

Evaluation of Total Phenolic Compounds Qualitatively and Quantitatively in the Aqueous, Ethanolic and Methanolic Extracts of the Bilberry Fruit (*Vaccinium* sp.)

Fateme Alinezhad[1]*, Nader Chaparzadeh[2], Leila Zarandi-Miandoab[3]

1. Master Student Biochemistry (Department of Biology, Faculty of Sciences, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran)
2. Professor of Plant biology (Department of Biology, Faculty of Sciences, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran)
3. Associate Prof of Plant Physiology (Department of Biology, Faculty of Sciences, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran)

Corresponding Author: fatemealinezhad.7714@gmail.com

Abstract

The bilberry plant (*Vaccinium* sp.) is one of the important species of the Ericaceae family and bilberry to the genus *Vaccinium.* This plant has a wide distribution in the forested areas of northern Iran. In this study, the total phenolic compounds of the aqueous, ethanolic and methanolic extracts of bilberry fruit were evaluated qualitatively and quantitatively. In this research, the extraction of bilberry fruit extract was performed using the soaking method with three solvents: water, 80% ethanol, and 80% methanol. First, a qualitative test for total phenolic compounds was conducted. Then, the amount of total phenolic compounds in the extract was determined using the Folin-Ciocalteu method and a spectrophotometer. The results showed that the amount of phenolic compounds in the fruit of the bilberry was 14.62 mg in aqueous solvent, 15.05 mg in ethanol solvent, and 22.40 mg in methanol, in mg GAE / g dra weight of the sample. It was determined that extraction with methanol had a higher efficiency to the other solvents.

Keywords: Fruit bilberry, Phenolic content, Secondary metabolite, Types solvents

بررسی میزان حلالیت، کدورت و خواص آنتی‌اکسیدانی فیلم‌های زیست‌تخریب-پذیر فعال بر پایه نشاسته و عصاره بنه زعفران

پروین شرایعی*[۱]، راضیه نیازمند[۲]، سودابه عین‌افشار[۱]

۱- دانشیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۲- استاد،گروه شیمی مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

*نویسنده مسئول: parvin_sharayei@yahoo.com

چکیده

پژوهش حاضر با هدف استفاده بهینه از پسماند بنه زعفران و تولید فیلم زیست تخریب‌پذیر فعال انجام شد. بدین منظور ابتدا نشاسته و عصاره اتانولی از بنه زعفران استخراج شدند. سپس فیلم‌های مختلف از ترکیب نشاسته بنه زعفران با پلی‌وینیل‌الکل (۵، ۱۲/۵ و ۲۰ درصد وزن نشاسته) حاوی عصاره بنه زعفران با مقادیر مختلف (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) تهیه شدند. طراحی آزمایش‌ها با استفاده از نرم‌افزار سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی محوری انجام شد. سپس ویژگی‌های فیلم‌های تهیه شده شامل میزان عبور نور و شفافیت، حلالیت در آب، درجه تورم، پایداری در محلول‌های اسیدی و قلیایی، مولفه‌های رنگی، میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد غلظت بهینه پلی‌وینیل‌الکل و عصاره بنه زعفران برای تهیه فیلم نشاسته-پلی‌وینیل‌الکل حاوی عصاره بنه زعفران به ترتیب ۱۹/۹۴ و ۰/۲۹۴ درصد بود. در این تحقیق، بهینه‌سازی ترکیب فیلم‌ها به‌منظور بهبود ویژگی‌های عملکردی آن‌ها و ارزیابی کارایی عصاره بنه زعفران در بهبود خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و زیست تخریب‌پذیری فیلم‌های حاصل انجام شد. این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از پسماند بنه زعفران می‌تواند به‌عنوان یک منبع ارزشمند در تولید مواد بسته‌بندی طبیعی و پایدار مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، بنه زعفران، فیلم زیست تخریب‌پذیر، نشاسته.

مقدمه

در سال‌های اخیر، توسعه مواد زیست‌تخریب‌پذیر به‌عنوان جایگزینی مؤثر برای پلاستیک‌های سنتی، به‌ویژه در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی، با توجه به مزایای محیط‌زیستی آن‌ها توجه گسترده‌ای را به خود جلب کرده است. پلیمرهای طبیعی مانند نشاسته به‌واسطه فراوانی، تجدیدپذیری، زیست‌سازگاری و خواص عملکردی قابل‌قبول خود، در این حوزه نقش حیاتی ایفا می‌کنند. یکی از منابع غنی و در دسترس نشاسته، بنه زعفران است که حدود ۷۹ درصد از ترکیبات آن را نشاسته تشکیل می‌دهد و علاوه بر آن حاوی مقادیر بالایی پروتئین و ترکیبات فنلی است. تحقیقات نشان داده‌اند که نشاسته استخراج‌شده از بنه زعفران دارای گرانول‌های با اندازه متعادل و ویژگی‌های تورم و ژل‌دهی مناسبی است که این ویژگی‌ها آن را برای استفاده در تولید فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر به‌ویژه در صنعت بسته‌بندی مناسب می‌سازد (Esmaeelian et al., 2020).

در کنار پلیمرهای طبیعی، پلیمرهای سنتزی زیست‌سازگار مانند پلی‌وینیل‌الکل نیز برای تولید فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر به‌کار می‌روند. این پلیمر نیمه‌بلوری، محلول در آب و سازگار با محیط زیست است که خواص مطلوبی چون تشکیل فیلم‌های یکنواخت، پایداری شیمیایی، خواص مکانیکی مناسب و زیست‌تخریب‌پذیری را دارا می‌باشد (Naduparambath et al., 2018; Rouhi et al., 2017).

علاوه بر این، عصاره بنه زعفران به‌عنوان یک ترکیب زیست‌فعال با خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی قوی، می‌تواند ویژگی‌های عملکردی فیلم‌های زیست‌پایه را ارتقا دهد. گزارش‌ها حاکی از آن است که عصاره بنه زعفران استخراج‌شده با حلال اتانول، حاوی غلظت بالایی از ترکیبات فنلی است و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی بالایی را از خود نشان می‌دهد که این خواص در فرایندهای فراصوت به‌طور محسوسی بهبود می‌یابد (Einafshar, 2019).

ترکیب نشاسته بنه زعفران، پلی‌وینیل‌الکل و عصاره بنه زعفران، زمینه‌ای مناسب برای تولید فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر فعال فراهم می‌آورد. این ترکیبات می‌توانند عملکرد فیلم‌ها را به‌طور قابل‌توجهی بهبود بخشیده و آن‌ها را برای کاربرد در بسته‌بندی‌های هوشمند و حفاظت از مواد غذایی کارآمدتر سازند. ارزیابی ویژگی‌هایی چون میزان حلالیت، کدورت، و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی این فیلم‌ها اطلاعات مهمی برای بهینه‌سازی و توسعه کاربرد آن‌ها در صنایع مختلف ارائه خواهد داد.

مواد و روش‌ها

عصاره‌گیری از بنه زعفران

بنه‌های زعفران از مزارع زاوه در استان خراسان رضوی جمع‌آوری و پس از خشک‌سازی در دمای ۵۰ درجه سلسیوس، آسیاب شدند. سپس پودر حاصل از الک با مش ۳۵ عبور داده شد. عصاره‌گیری با غوطه‌وری پودر بنه در اتانول ۸۰ درصد به مدت ۴۸ ساعت انجام شد. بعد از این مرحله، عصاره استخراج‌شده با استفاده از تبخیرکننده دوار و خشک‌کن انجمادی تغلیظ و خشک گردید (Sharayei et al., 2025).

تهیه فیلم نشاسته – پلی‌وینیل‌الکل حاوی عصاره بنه زعفران

برای تولید فیلم، پس از ژلاتینه شدن نشاسته، محلول پلی‌وینیل‌الکل با غلظت‌های مختلف (۵، ۱۲/۵ و ۲۰ درصد وزنی نسبت به وزن نشاسته) در آب مقطر در دمای ۹۰ درجه سلسیوس حل شد. سپس گلیسرول به میزان ۳۰ درصد وزنی/وزنی (نسبت به وزن نشاسته) به آن افزوده گردید. پس از مخلوط کردن کامل محلول‌ها، عصاره بنه زعفران به مقادیر مختلف (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد به نسبت ماده خشک فیلم) به محلول اضافه شده و ترکیب‌ها به‌طور یکنواخت همزده شدند. سپس ۲۱/۵ میلی‌لیتر از محلول حاصل روی ظروف پلی‌استایرنی لبه‌دار به قطر ۸ سانتی‌متر پخش و در دمای محیط به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. پس از خشک شدن، فیلم‌ها از سطح ظروف جدا شده و در دمای محیط (۲۵ درجه سلسیوس) و رطوبت نسبی ۵۵ درصد تا زمان انجام آزمون‌ها نگهداری شدند.

ارزیابی ویژگی‌های فیلم‌ها

محتوای فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی فیلم‌ها با استخراج ۵۰۰ میلی‌گرم از فیلم‌ها در آب مقطر و انجام آزمون‌های فولین- سیوکالچو و DPPH طبق روش Sharayei و همکاران (۲۰۲۵) سنجیده شد. حلالیت در آب، اسید و قلیا با قراردادن تکه‌هایی از فیلم در محلول‌های مربوطه و اندازه‌گیری وزن خشک اولیه و نهایی محاسبه گردید (Hu et al., 2009).

ویژگی‌های نوری فیلم‌ها در طول‌موج‌های ۲۸۰ و ۶۶۰ نانومتر با استفاده از طیف‌سنجی UV-Vis اندازه‌گیری شد (Nouri et al., 2018).

طراحی آزمایش‌ها و تجزیه و تحلیل آماری

برای طراحی آزمایش‌ها و تحلیل داده‌ها از روش سطح پاسخ استفاده شد. این روش به‌منظور بهینه‌سازی فرایندها و متغیرهای مستقل برای دستیابی به پاسخ‌های بهینه به کار می‌رود. در این پژوهش، از طرح مرکب مرکزی (۱۳ آزمایش شامل ۸ آزمایش و ۵ نقطه مرکزی) برای بهینه‌سازی غلظت پلی‌وینیل‌الکل و عصاره بنه زعفران بر ویژگی‌های فیلم مانند حلالیت، میزان ترکیبات فنلی کل، مهار رادیکال DPPH و ویژگی‌های نوری استفاده شد. سپس مدل‌سازی نتایج انجام و نقاط بهینه استخراج گردید.

نتایج و بحث

حلالیت در آب

نتایج تجزیه واریانس گواه این مطلب بود که اثر غلظت پلی‌وینیل‌الکل و عصاره بنه زعفران بر حلالیت فیلم در آب اثر معنی‌دار داشتند ($p<۰/۰۵$). مدل برازش شده بر داده‌ها خطی و معنی‌دار بود در حالیکه پارامتر ضعف برازش برای مدل به دست آمده معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$) که نشانگر مناسب بودن مدل به دست آمده است. مدل خطی با متغیرهای حقیقی برای پیش‌بینی حلالیت فیلم در آب در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. مدل‌های تجربی برای پیش‌بینی پارامترهای مورد مطالعه فیلم نشاسته-پلی‌وینیل‌الکل حاوی عصاره بنه زعفران

پارامتر	معادله برای متغیرهای حقیقی
حلالیت در آب (درصد)	۴۴/۱۱۲۸A -۱۲/۵۳۸۸B -۰/۵۹۶۹۴
حلالیت در اسید (درصد)	۰/۰۵۰۳۹۵۴A^2+ ۲/۸۷۸۳۳AB+ -۹۸/۸۴۳۸B + ۱۱۸/۳۹۷A -۳/۳۵۸۷۷ ۷۲/۹۷۴۱B^2
حلالیت در قلیا (درصد)	۲/۸۳۴۷۴A^2+ ۲/۱۵۸۷۵ AB + -۳/۳۶۷۵B + ۷۴/۶۳۲۹ A -۱۱/۴۲۴۲ ۰/۷۲۹۷۴۱ B^2
نشر در ۲۸۰ نانومتر (درصد)	۰/۴۶۲۲۲۲ A-۸/۱۶۶۶۷B + ۹/۱۶۳۲۵
نشر در ۶۶۰ نانومتر (درصد)	۰/۶۱۸۸۸۹A- ۱۴/۰۳۳۳B + ۵۸/۳۴۱۳
میزان ترکیبات فنلی (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)	۰/۱۳۶۸۴A^2+ ۱/۱۲۳۳۳AB + ۲۸/۴۱۸۷B + ۳۱/۷۷۵۳A -۰/۴۰۸۷۷۴ ۵/۲۲۴۱۴B^2
مهارکنندگی رادیکال DPPH (درصد)	۰/۹۰۸۴۴۴A+ ۲۸/۵۳۳۳B + ۹/۵۳۷۷۸

A: غلظت پلی‌وینیل‌الکل (دامنه ۵ تا ۲۰ درصد)؛ B:غلظت عصارهٔ بنه زعفران (دامنه ۰/۱ تا ۰/۳ درصد)

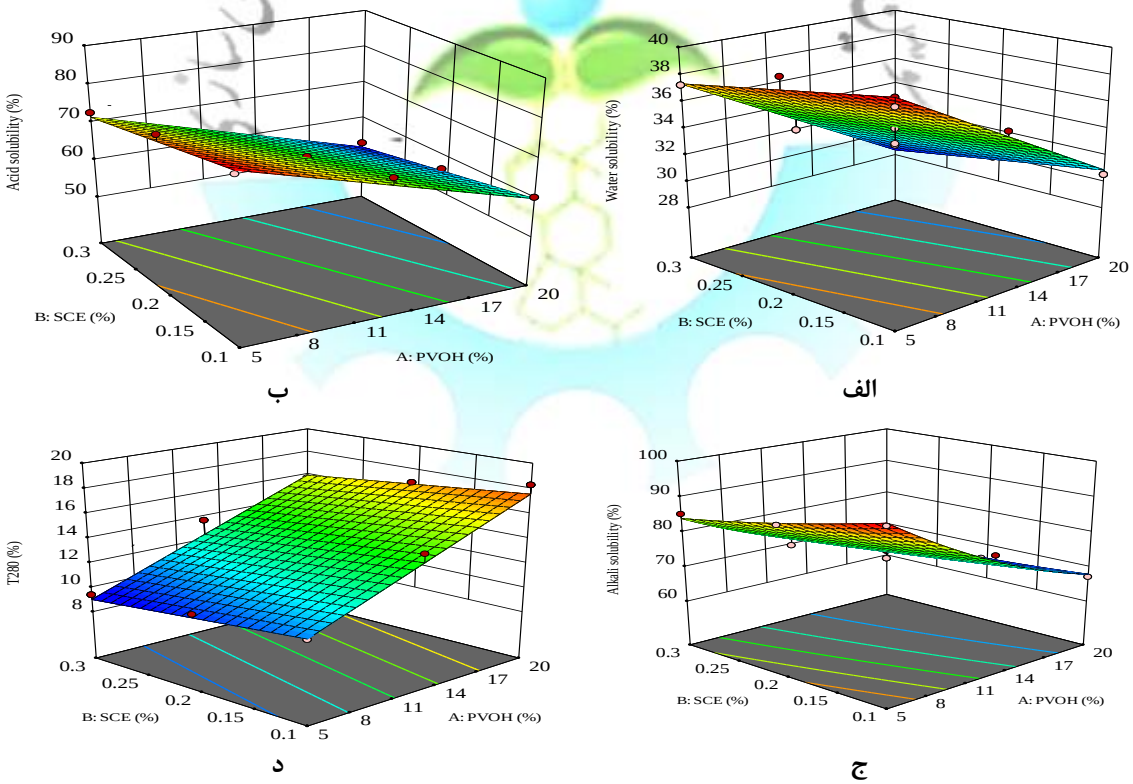
شکل۱ –الف نمودار سه بعدی اثر غلظت پلی‌وینیل‌الکل و عصاره بنه زعفران را بر حلالیت فیلم در آب نشان می‌دهد. با افزایش غلظت پلی‌وینیل‌الکل و ترکیبت فعال حلالیت فیلم در آب به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<۰/۰۵$). حلالیت فیلم در آب، پارامتر مهمی است که میزان ترکیب بین اجزای تشکیل دهنده فیلم‌های کامپوزیت مانند مقاومت در برابر آب را نشان می‌دهد (Yurong and Dapeng, 2022). درصد حلالیت فیلم در فاز آبی یک ویژگی

ضروری برای بررسی زیست تخریب‌پذیری فیلم‌ها می‌باشد. مقاومت بیشتر در برابر آب سبب حلالیت کمتر می‌شود و بالعکس. مواد غنی از گروه‌های هیدروکسیل برهمکنش خود را از طریق پیوندهای هیدروژنی با آب و متعاقباً حلالیت در آب افزایش می‌دهند (Hiremani et al., 2020).

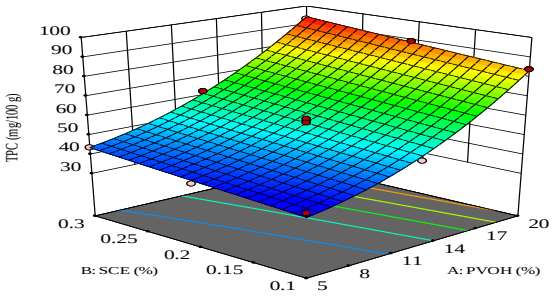
حلالیت در اسید و قلیا

نتایج بررسی آماری نشان داد که مدل‌های خطی و درجه دوم برازش شده برای حلالیت در اسید و باز معنی‌دار بودند ($p<۰/۰۵$). در حالیکه پارامتر ضعف برازش برای مدل‌های به دست آمده معنی‌دار نبودند ($p>۰/۰۵$) که نشانگر مناسب بودن مدل‌های به دست آمده است. نتایج تجزیه واریانس گواه این مطلب بود که اثر مستقل غلظت پلی‌وینیل‌الکل و عصاره، اثر متقابل متغیرها و مجذور غلظت پلی‌وینیل الکل بر میزان حلالیت فیلم حاوی عصاره بنه در قلیا معنی‌دار بود. هم‌چنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر پلی‌وینیل‌الکل و ترکیبت فعال عصاره بنه زعفران در مدل خطی برازش یافته بر حلالیت فیلم‌ها در اسید و قلیا معنی‌دار بودند ($p<۰/۰۵$). ضعف برازش برای مدل‌های به دست آمده معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$) که نشانگر مناسب بودن مدل به دست آمده است. مقدار ضریب تبیین پیش‌بینی شده در تمامی مدل‌های به دست آمده برای حلالیت در اسید و قلیا با ضریب تبیین تعدیل شده آنها مطابقت مناسبی داشت و تفاوت کمتر از ۰/۲ را نشان دادند. نسبت به دست آمده برای مقادیر کفایت دقت بزرگ‌تر از ۴ و مطلوب بود که نشان‌دهنده سیگنال کافی بوده و اعتبار کافی برای بررسی حلالیت فیلم‌ها در اسید و باز را نشان می‌دهد.

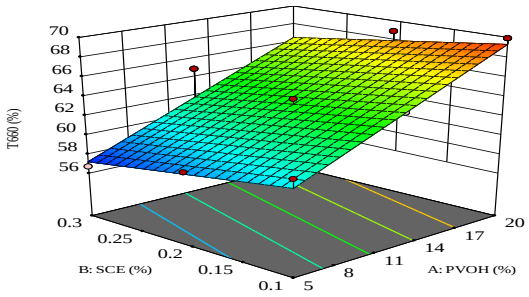
مدل‌های خطی و درجه دوم با متغیرهای حقیقی برای پیش‌بینی حلالیت فیلم در اسید و قلیا در جدول ۱ آمده است.



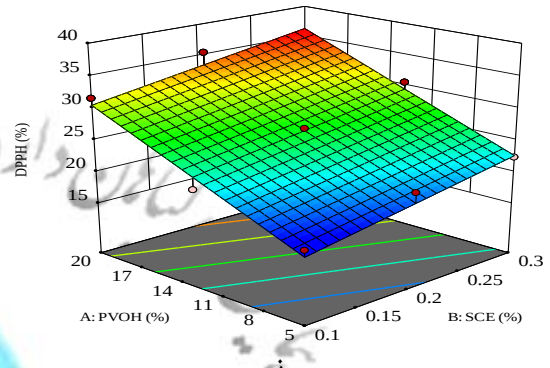
شکل ۱. نمودار سه بعدی اثر غلظت پلی‌وینیل‌الکل و عصارهٔ بنه زعفران برالف) حلالیت فیلم در آب، ب) حلالیت در اسید، ج) حلالیت در قلیا، د) نشر در ۲۸۰ نانومتر، ه) نشر در ۶۶۰ نانومتر، و) میزان ترکیبات فنلی ز) فعالیت آنتی‌اکسیدانی.



و



ه



ز

ادامه شکل ۱

شکل ۱- ب و ج نمودارهای سه بعدی اثر غلظت پلی‌وینیل‌الکل، لیگنین و عصارهٔ بنه زعفران بر حلالیت فیلم در اسید و قلیا را نشان می‌دهند. همانطور که از نمودارها قابل مشاهده است با افزایش غلظت پلی‌وینیل‌الکل و ترکیبات فعال حلالیت فیلم در اسید و قلیا کاهش یافت ($p<۰/۰۵$). نتایج گواه این مطلب بود که با افزایش غلظت پلی‌وینیل‌الکل حلالیت در اسید ۲۷/۳۷ درصد و در قلیا ۲۵/۶۱ درصدکاهش یافت. هم‌چنین، میزان حلالیت فیلم حاوی عصاره بنه زعفران در اسید از ۰/۱ به ۰/۳ درصد میزان حلالیت در اسید ۱۵/۷۳ درصد و در قلیا ۱۳/۱۴ کاهش یافت.

ویژگی‌های نوری

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر مستقل و مجذور غلظت پلی‌وینیل‌الکل بر نشر فیلم حاوی ترکیب فعال عصارهٔ بنه زعفران در ۲۸۰ نانومتر معنی‌دار بودند ($p<۰/۰۵$). پارامتر ضعف برازش برای تمامی مدل‌های به دست آمده معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$) که نشانگر مناسب بودن مدل‌های به دست آمده است. مقدار ضرایب تبیین پیش‌بینی شده برای مدل‌ها بالای ۰/۸۵ است و با ضرایب تبیین تعدیل شده مطابقت مناسبی داشتند و تفاوت کمتر از ۰/۲ را نشان می‌دهند. نسبت به دست آمده برای مقادیر کفایت دقت بزرگ‌تر از ۱۶ بود که حاکی از مطلوب بودن مدل و کافی بودن سیگنال است و نمایانگر این است که مدل‌های برازش شده از اعتبارکافی برای بررسی ویژگی ممانعت‌کنندگی فیلم برخوردار هستند. مدل‌های درجه دوم با متغیرهای حقیقی برای پیش‌بینی ممانعت‌کنندگی در مقابل اشعه فرابنفش در جدول ۱ آورده شده است.

شکل ۱-د نمودار سه بعدی اثر غلظت پلی‌وینیل‌الکل و عصارهٔ بنه زعفران را بر میزان عبور نور در طول موج ۲۸۰ نانومتر نشان می‌دهند. هر چقدر میزان عبور نور در این طول موج کمتر باشد بیانگر ممانعت‌کنندگی بیشتر فیلم در

مقابل اشعه فرابنفش است. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت پلی‌وینیل‌الکل نشر نور به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت یا به عبارتی ویژگی ممانعت‌کنندگی در مقابل اشعه فرابنفش به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). نتایج مشابهی برای عصاره بنه زعفران مشاهده شد.

نتایج تجزیه واریانس گواه این مطلب بود که هم مقدار پلی‌وینیل‌الکل مورد استفاده برای تهیه فیلم و هم مقدار ترکیبات فعال بر شفافیت فیلم اثر معنی‌داری داشتند ($p<۰/۰۵$) اما اثر پلی‌وینیل‌الکل بیشتر بود. آزمون ضعف برازش مدل‌های به دست آمده معنی‌دار نبود که نشانگر مناسب بودن مدل‌های برازش یافته می‌باشد. مقدار ضرایب تبیین بیش از ۰/۸۵ بود که حاکی از مطلوب بودن مدل‌ها می‌باشد. همچنین مقدار ضرایب تبیین پیش‌بینی شده با ضریب تبیین تعدیل شده مطابقت بالایی دارد. هم‌چنین مقدار کفایت دقت بزرگ‌تر از ۴ بود که حاکی از مطلوبیت نسبت سیگنال به نویز و اعتبار کافی مدل می‌باشد. مدل‌های براش شده با متغیرهای مستقل کدگذاری شده و حقیقی برای پیش‌بینی شفافیت در جدول ۱ نشان داده شده است.

نمودار سه بعدی اثر غلظت پلی‌وینیل‌الکل و عصاره بنه زعفران بر شفافیت در شکل ۱- ه نشان داده شده است با افزایش غلظت پلی‌وینیل‌الکل از ۵ به ۲۰ درصد، میزان نشر در ۶۶۰ نانومتر به ترتیب ۱۷/۱۸ درصد کاهش یافت. با افزایش غلظت عصاره بنه زعفران از ۰/۱ به ۰/۳ میزان نشر در ۶۶۰ نانومتر ۰/۳ درصد افزایش یافت.

ترکیبات فنلی و ویژگی آنتی‌اکسیدانی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر مستقل غلظت پلی‌وینیل‌الکل و عصاره بنه زعفران و مجذور غلظت پلی‌وینیل‌الکل بر میزان ترکیبات فنلی فیلم‌های حاوی ترکیبات فعال معنی‌دار بودند ($p<۰/۰۵$)، در حالیکه پارامتر ضعف برازش معنی‌دار نبودند که نشانگر مناسب بودن مدل‌های به دست آمده است ($p>۰/۰۵$). مقدار ضرایب تبیین پیش‌بینی شده برای مدل‌ها بالای ۰/۹۵ بود و با ضرایب تبیین تعدیل شده مطابقت مناسبی داشتند و تفاوت کمتر از ۰/۲ را نشان می‌دهند. نسبت به دست آمده برای مقادیر کفایت دقت بزرگ‌تر از ۶۰ بود که حاکی از مطلوب بودن مدل و کافی بودن سیگنال است و نمایانگر این است که مدل‌های برازش شده از اعتبارکافی برای بررسی ویژگی میزان ترکیبات فنلی فیلم برخوردار هستند. مدل درجه دوم با متغیرهای حقیقی برای پیش‌بینی میزان ترکیبات فنلی در جدول ۱ آورده شده است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر مستقل غلظت پلی‌وینیل‌الکل و عصاره بنه زعفران بر فعالیت‌آنتی‌اکسیدانی فیلم‌های حاوی ترکیبات فعال معنی‌دار بودند ($p<۰/۰۵$)، در حالیکه پارامتر ضعف برازش معنی‌دار نبودند که نشانگر مناسب بودن مدل‌های به دست آمده است ($p>۰/۰۵$). مقدار ضرایب تبیین پیش‌بینی شده برای مدل‌ها بالای ۰/۹۴ بود و با ضرایب تبیین تعدیل شده مطابقت مناسبی داشتند و تفاوت کمتر از ۰/۲ را نشان می‌دهند. نسبت به دست آمده برای مقادیر کفایت دقت بزرگ‌تر از ۲۸ بود که حاکی از مطلوب بودن مدل و کافی بودن سیگنال است و نمایانگر این است که مدل‌های برازش شده از اعتبارکافی برای بررسی ویژگی میزان ترکیبات فنلی فیلم برخوردار هستند. مدل خطی با متغیرهای مستقل کدگذاری شده و حقیقی برای پیش‌بینی فعالیت آنتی‌اکسیدانی در جدول‌های ۱ آورده شده است.

نمودارهای سه بعدی اثر غلظت پلی‌وینیل‌الکل و عصاره بنه زعفران بر ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب در شکل ۱ نشان داده شده است. با افزایش غلظت پلی‌وینیل‌الکل و عصاره بنه زعفران محتوای ترکیبات فنلی و به دنبال آن خاصیت آنتی‌اکسیدانی به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). با افزایش غلظت پلی‌وینیل‌الکل از ۵ به ۲۰ درصد به طور میانگین ۱۳۲/۴۳ درصدی ترکیبات فنلی و ۶۵/۵۸ درصدی فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت. در حالیکه افزایش غلظت عصاره بنه زعفران از ۰/۱ به ۰/۳ درصد، سبب افزایش ۴۷/۸۵ درصدی ترکیبات فنلی و ۴۰/۰۵ درصدی فعالیت آنتی‌اکسیدانی شد.

بهینه‌یابی تولید فیلم

جهت بهینه‌یابی محدوده غلظت پلی‌وینیل‌الکل و عصاره بنه زعفران در دامنه عددی مورد مطالعه در نظر گرفته شد. بهینه‌یابی جهت رسیدن به بیشینه میزان ترکیبات فنلی با درجه اهمیت ۵ و وزن ۱۰، بیشینه مقاومت کششی با درجه اهمیت ۴ و وزن ۸ و کمینه نفوذپذیری با درجه اهمیت ۳ و وزن ۷ انجام شد. شرایط بهینه غلظت پلی‌وینیل‌الکل و عصاره بنه زعفران برای تهیه فیلم نشاسته- پلی‌وینیل‌الکل حاوی عصاره بنه زعفران به ترتیب ۱۹/۹۴ و ۰/۲۹۴ درصد با درصد مطلوبیت ۱ حاصل شد. برای بررسی صحت مدل، آزمون عملی در شرایط بهینه پیش‌بینی شده انجام شد. نتایج نشان داد داده‌های پیش‌بینی شده و داده‌های آزمایشگاهی با یکدیگر بسیار نزدیک بودند که مؤید صحت مدل‌های به دست آمده است.

نتیجه‌گیری نهایی

در این پژوهش، با بهره‌گیری از نشاسته و عصاره بنه زعفران، فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر فعال با خواص عملکردی بهبود یافته تولید شدند. نتایج نشان داد که ترکیب بهینه‌ای از پلی‌وینیل‌الکل و عصاره بنه زعفران، می‌تواند ویژگی‌هایی چون کاهش حلالیت در آب، اسید و قلیا، افزایش خاصیت ممانعت‌کنندگی نوری، افزایش ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را به همراه داشته باشد. این یافته‌ها نشان‌دهنده پتانسیل بالای استفاده از پسماندهای کشاورزی مانند بنه زعفران در تولید بسته‌بندی‌های طبیعی، فعال و پایدار برای صنایع غذایی است. در مجموع، این تحقیق راهکاری مؤثر و سازگار با محیط زیست برای توسعه مواد بسته‌بندی نوین ارائه می‌دهد.

منابع

Einafshar, S. (2019). Investigation of the effect of extraction method (solvent, solvent-ultrasound) on the antioxidant and antimicrobial activity of saffron corm extract. Agricultural Engineering Research Institute, Technical Publication No. 56037.

Esmaeelian, M., Jahani, M., Einafshar, S., & Feizy, J. (2020). Optimization of experimental parameters in subcritical water extraction of bioactive constituents from the saffron (Crocus sativus L.) corm based on response surface methodology. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *14*(4), 1822-1832.

Hiremani, V. D., Sataraddi, S., Bayannavar, P. K., Gasti, T., Masti, S. P., Kamble, R. R., & Chougale, R. B. (2020). Mechanical, optical and antioxidant properties of 7-hydroxy-4-methyl coumarin doped polyvinyl alcohol/oxidized maize starch blend films. *SN Applied Sciences*, *2*, 1-18.

Hu, G., Chen, J., & Gao, J. (2009). Preparation and characteristics of oxidized potato starch films. *Carbohydrate Polymers*, *76*(2), 291-298.

Naduparambath, S., Sreejith, M. P., Jinitha, T. V., Shaniba, V., Aparna, K. B., & Purushothaman, E. (2018). Development of green composites of poly (vinyl alcohol) reinforced with microcrystalline cellulose derived from sago seed shells. *Polymer Composites*, *39*(9), 3033-3039.

Nouri, A., Yaraki, M. T., Ghorbanpour, M., Agarwal, S., & Gupta, V. K. (2018). Enhanced Antibacterial effect of chitosan film using Montmorillonite/CuO nanocomposite. *International Journal of Biological Macromolecules*, *109*, 1219-1231.

Rouhi, M., Razavi, S. H., & Mousavi, S. M. (2017). Optimization of crosslinked poly (vinyl alcohol) nanocomposite films for mechanical properties. *Materials Science and Engineering: C*, *71*, 1052-1063.

Sharayei, P., Niazmand, R., & Sabeghi, Y. (2025a). Development of Biodegradable Films Based on Natural Extract From the Waste: Corn-Husk Derived Materials and Saffron Corm Starch. *Starch-Stärke*, e202400211.

Yurong, G., & Dapeng, L. (2020). Preparation and characterization of corn starch/PVA/glycerol composite films incorporated with ε-polylysine as a novel antimicrobial packaging material. *e-Polymers*, *20*(1), 154-161.

Evaluation of solubility, turbidity, and antioxidant properties of active biodegradable films based on starch and saffron corm extract

Parvin Sharayei[1*], Razieh Niazmand[2], Soodabeh Einafshar[1]
1. Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO Mashhad, Iran
2. Research Institute of Food Science and Technology (RIFST) Mashhad, Iran
[*]*Corresponding Author: parvin_sharayei@yahoo.com*

Abstract

This study aimed to optimize the use of saffron waste (corm) and produce an active biodegradable film. To this end, starch and ethanol extract from saffron corm were first extracted. Then, various films were prepared by combining saffron corm starch with polyvinyl alcohol (5, 12.5, and 20% by weight of starch) containing different amounts of saffron corm extract (0.1%, 0.2%, and 0.3%). The experimental design was carried out using response surface methodology and a central composite design. Subsequently, the properties of the prepared films, including light transmission and transparency, water solubility, swelling degree, stability in acidic and alkaline solutions, color components, phenolic content, and antioxidant activity, were evaluated. The results showed that the optimal concentrations of polyvinyl alcohol and saffron corm extract for preparing the saffron corm starch-polyvinyl alcohol film were 19.94% and 0.294%, respectively. In this study, the optimization of film composition was conducted to improve its functional properties, and the efficacy of saffron corm extract in enhancing antioxidant properties and biodegradability of the films was assessed. This research demonstrates that the use of saffron corm waste can be a valuable source for producing natural and sustainable packaging materials.

Keywords: Antioxidant, Biodegradable Film, Saffron corm, Starch

سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

انکپسوله کردن اسانس گیاه کلپوره بومی خراسان جنوبی در حضور صمغ و پلی‌ساکارید

قدسیه باقرزاده*[۱]، زهرا مافی[۲]، زهرا مودی[۳]

۱- گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند

۲-دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند

۳- دانش آموخته دکتری گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند

*نویسنده مسئول: Bagherzade@birjand.ac.ir

چکیده

اسانس‌ها ترکیبات فعال بیولوژیکی هستند که از اندام‌های گیاهی نظیر برگ، ساقه، گل و یا ریشه استحصال می‌گردند. این ترکیبات فرار بوده و در مقابل نور و اکسیژن به مرور تجزیه می‌گردند. با استفاده از فرآیند کپسوله‌کردن اسانس‌ها می‌توان طول عمر آن‌ها را افزایش داده و دسترسی آن‌ها را بالا برد. در این پژوهش به معرفی راهکاری برای کپسوله‌کردن اسانس گیاه کلپوره در حضور بعضی از پلیمرهای طبیعی پرداخته می‌شود.

گیاه کلپوره از خانواده *Lamiaceae* بوده و در بسیاری از نقاط خاورمیانه از جمله ایران یافت می‌گردد.در این بررسی از گیاه بومی منطقه خراسان جنوبی استفاده شده است. اسانس گیاه کلپوره *(Teucrium polium)* با استفاده از دستگاه کلونجر تهیه و ترکیبات شیمیایی آن با روش **کروماتوگرافی گازی** مورد بررسی و شناسایی قرارگرفت. در مرحله بعد با استفاده از مالتودکسترین و نشاسته ذرت همراه با صمغ عربی اسانس گیاه کلپوره انکپسوله شد. سپس برای بررسی خصوصیات اسانس انکپسوله شده از روش طیف سنجی میکروسکوپی الکترونی روبشی میدانی (FE-SEM) استفاده گردید. نتایج آنالیز حضور عناصر کربن(٪۴۶/۱)، اکسیژن(٪۵۲/۸۸)، کلر(٪۰/۲۵)، پتاسیم(٪۰/۲۲)، کلسیم (٪۰/۴۰) و مس (٪۰/۲۳) را ثابت کرد. تصاویر آنالیز SEM، ذرات کروی و نامنظم و برخی متخلخل را نشان داد که نشان‌دهنده مخلوط ناهمگن و پتانسیل برای آزادسازی کنترل شده است که در آن اسانس کپسوله شده می‌تواند به تدریج آزاد شود.

واژه‌های کلیدی: انکپسوله کردن، اسانس، گیاه کلپوره، پلی‌ساکارید، صمغ

مقدمه

خواص درمانی و اثرات بیولوژیکی اسانس‌ها

اسانس‌ها (EOs) مایعات فراری هستند که از اندام‌های مختلف گیاهان استخراج می‌شوند. گیاهان از دیرباز به طور گسترده در پزشکی، کشاورزی و صنعت عطرسازی استفاده می‌شوند. اما توجه به اسانس‌ها در سال‌های اخیر به شدت افزایش یافته است. اجزای اصلی اسانس‌ها شامل ترپن‌ها (مونوترپن‌ها و سسکوی ترپن‌ها) و ترپنوئیدها (مونوترپنوئیدها) هستند، در حالی‌که سایر ترکیبات معطر و آلیفاتیک مانند آلدئیدها، فنل‌ها و مشتقات متوکسی دارای فراوانی کمتری هستند. گیاه کلپوره با نام علمی *Teucrium polium L.* از خانواده‌ی Lamiaceae است. بیشتر در منطقه مدیترانه و خاورمیانه یافت می‌شود (Fattollah Gol et al, 2024). گزارش‌ها حاکی از آن است که عصاره آبی کلپوره با تست tail flick دارای فعالیت ضددردی است (Bahmani et al, 2015). گیاه کلپوره دارای خواص متعددی

می‌باشد که از مهمترین آن‌ها می‌توان از فعالیت آنتی‌اکسیدانی، اثرات ضدسرطانی، اثرات مفید بر حافظه، اثرات ضد باکتریایی، اثرات قلبی عروقی و نقش محافظت کننده کبد را یاد کرد. همچنین این گیاه دارای اثرات ضددرد قابل توجهی می‌باشد (Amini et al, 2024; Asadi and Farahmandfar, 2020; Milutinović and Cvetković, 2020).

کپسوله‌کردن

ریزپوشانی یا کپسوله کردن عبارت است از محافظت از ذرات کوچک جامد، مایع یا گازی از طریق یک سیستم پوشش (۱ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر) است. ماده محصور شده هسته نامیده می‌شود و ماده‌ای که پوشش ذرات را تشکیل می‌دهد دیوار یا عامل محصور کننده است. مواد دیوار می‌تواند یک پوشش پلیمری طبیعی، مصنوعی یا نیمه مصنوعی باشد. در این فناوری، ریزذراتی تشکیل می‌شوند که می‌توان آن‌ها را بر اساس اندازه و مورفولوژی آن‌ها با توجه به عامل کپسوله‌سازی و روش ریزپوشانی مورد استفاده طبقه‌بندی کرد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی میکروکپسول توسط عامل کپسوله کننده و عامل فعال تعریف می‌شود (Mehta et al, 2022; Sousa et al, 2022).

مواد و روش‌ها

۱- جمع‌آوری و آماده‌سازی گیاه

گیاه کلپوره از عطاری واقع در شهر بیرجند (خراسان جنوبی) خریداری و با آب مقطر جهت زدودن آلودگی‌ها در چند نوبت شستشو داده شد .سپس در معرض جریان هوا و دور از آفتاب خشک گردید و جهت انجام آزمایشات در مکان خنک و بدون رطوبت و نور نگهداری شد.

۲- اسانس گیری با استفاده از دستگاه کلونجر

گیاه کلپوره با آب مقطر به مدت ۳۰ دقیقه خیسانده شد و به مدت ۶ ساعت دردستگاه کلونجر قرار گرفت. بدین طریق روغن (اسانس) کلپوره گرفته شد. سپس این روغن به وسیله‌ی سدیم سولفات رطوبت‌زدایی گردیده و در یخچال نگهداری شد(دور از نور و دمای پایین)

۳- آنالیز ترکیبات شیمیایی اسانس کلپوره

با استفاده از دستگاه GC-Mass این آنالیز انجام گردید. نتایج مواد تشکیل دهنده اسانس در جدول ۱ آورده شده است.

۴- کپسوله کردن اسانس گیاه کلپوره

آماده‌سازی محلول کپسوله سازی با استفاده از مالتودکسترین و صمغ عربی

بدین منظور نمونه‌هایی با نسبت‌های مختلف از صمغ عربی و مالتودکسترین آماده‌سازی گردید. سپس محلول مخلوط کپسوله شده به مدت پنج دقیقه هم زده شد. محلول کپسوله شده با ۲/۵ سی‌سی روغن کلپوره با استفاده از هموژنایزر به مدت پنج دقیقه مخلوط شد. سوسپانسیون تشکیل شده خشک شد. فرآیند خشک کردن در دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۰ ساعت انجام شد. سپس در فریزر در دمای ۴- درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و برای آنالیز SEM و تست ظرفیت بارگذاری از آن استفاده شد.

آماده‌سازی محلول کپسوله سازی با استفاده از نشاسته ذرت و صمغ عربی

در مرحله اول یک محلول کپسوله‌سازی تهیه شد. سپس محلول کپسوله شده با چگالی چرخشی ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه هم زده شد. محلول کپسوله شده با ۱/۵ سی‌سی روغن کلپوره با استفاده از هموژنایزر مدل AVA-UH1000 در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به مدت پنج دقیقه مخلوط شد. سوسپانسیون تشکیل شده خشک گردید. و برای آنالیز SEM و تست ظرفیت بارگذاری از آن استفاده شد.

نتایج و بحث

در این پژوهش ابتدا اسانس گیاه کلپوره بومی خراسان جنوبی با استفاده از دستگاه کلونجر (شکل ۱) و در حضور آب مقطرو به مدت ۶ ساعت استخراج گردید.سپس از آنجا که اسانس در این مرحله محتوی مقادیر کمی آب می‌باشد با یک ماده خشک کننده اسانس خشک گردید و سپس به شیشه دودی منتقل و در دمای ۴- درجه تا آزمایش‌های بعدی نگهداری گردید.

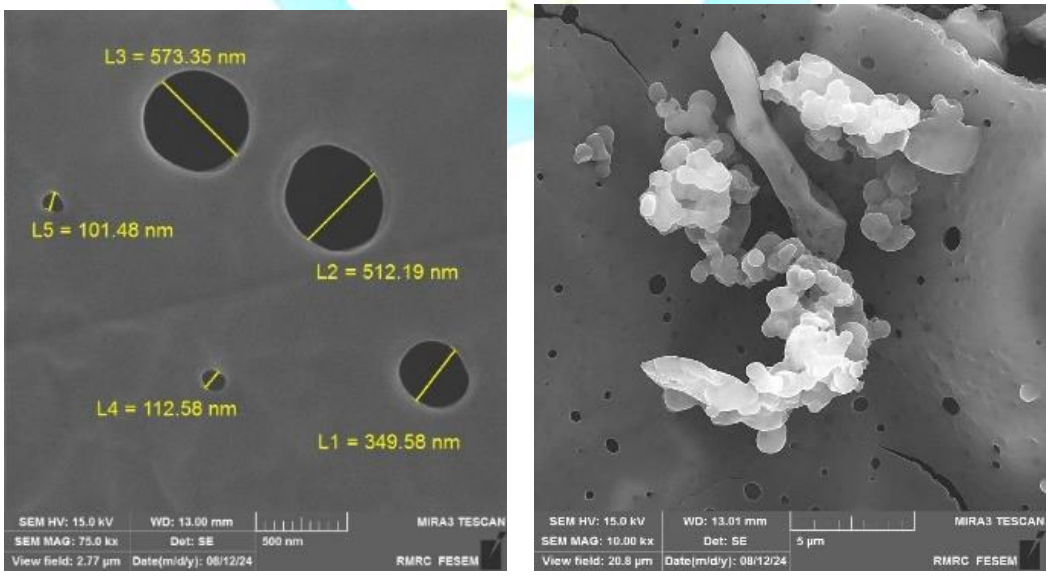
شکل ۱. استخراج اسانس با دستگاه کلونجر

سپس اسانس تهیه شده مورد شناسایی قرار گرفت .بدین منظور با استفاده از دستگاه GC-Mass اجزای تشکیل دهنده اسانس تعیین شد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که ساختار وترکیبات شیمیایی اسانس‌ها و از جمله اسانس کلپوره به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی مانند آب و هوا، خاک و ارتفاع از سطح دریا قرار دارد. به طوری‌که کلپوره مناطق خشک از نظر ساختار اسانس با کلپوره مناطق مرطوب دارای تفاوت‌هایی می‌باشد. این تفاوت‌ها نشان می‌دهد که شرایط محیطی از قبیل رطوبت و دما می‌تواند به طور قابل توجهی بر خواص درمانی گیاه کلپوره تأثیر بگذارد. جدول ۱ ترپن‌ها و سایر ترکیبات تشکیل دهنده اسانس را نشان می‌دهد.

جدول ۱. آنالیز ترکیبات شیمیایی حاصل از اسانس کلپوره

	نام ترپن	درصد
1	1,3,6-Heptatriene, 2,5,5-trimethyl-	1.28
2	α.-Pinene	1.59
3	Camphene	3.74
4	Verbenene	0.36
5	β -Pinene	0.69
6	3,6-Heptadien-2-ol, 2,5,5-trimethyl	26.35
7	Eucalyptol	4.53
8	Heptadien-4-one, 3,3,6-trimethyl	2.98
9	1,5-Heptadien-4-ol, 3,3,6-trimethyl	7.63
10	Camphor	43.13
11	(S)-3,3,6-Trimethylhepta-1,5-diethyl	2.41
12	Pinocarvone	0.29
13	endo-Borneol	4.7
14	Bornyl acetate	0.33

فرآیند کپسوله‌سازی اسانس کلپوره با استفاده از مالتودکسترین و صمغ عربی موفقیت‌آمیز بوده و ذراتی با اشکال کروی، نامنظم و متخلخل تولید شده‌اند. کلپوره با توجه به ترکیبات شیمیایی متنوع و خواص ضدالتهابی، ضدباکتریایی و ضدقارچی، می‌تواند در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی-بهداشتی استفاده شود. کپسوله‌سازی با مالتودکسترین و صمغ عربی به دلیل کارایی بالا در محبوس‌کردن اسانس، برای تولید محصولات با رهایش کنترل‌شده مناسب است. استفاده از روش کپسوله کردن کمک به بالارفتن زمان نگهداری اسانس و رهایش بهتر آن می‌گردد. سپس درمرحله بعد با استفاده از روش تصویر برداری SEM اندازه ذرات معین گردید. بر اساس نتایج بدست آمده ذرات با اشکال کروی، نامنظم و متخلخل تولید شده‌اند. این ذرات با اندازه‌های متنوع (۵۰۰ نانومتر تا ۲۰ میکرومتر) برای آزادسازی آهسته و کنترل‌شده ترکیبات فعال مناسب هستند. شکل شماره (۲) تصویر SEMذرات انکپسوله شده را نشان می‌دهد.



شکل ۲. تصویر SEM

ترکیبات اسانس کلپوره بسته به شرایط محیطی (گرم/خشک یا مرطوب) متفاوت است و بر خواص درمانی آن تأثیر می‌گذارد. کپسوله‌سازی موفقیت‌آمیز با مالتودکسترین و صمغ عربی انجام شد و ذرات ۵۰ نانومتر تا ۵ میکرومتر تولید گردید.در خاتمه با توجه به ارزش اقتصادی روغن‌های اسانسی و اهمیت آن‌ها در سلامت جوامع بشری روش به‌کارگرفته‌شده به عنوان یک روش کارآمد و سودمند برای استفاده بهینه از روغن‌های اسانسی معرفی می‌گردد. از طریق این روش استفاده ایمن و درست از روغن‌های اسانسی صورت گرفته و ارزش واقعی گیاهان دارویی در مسیر توسعه پایدار محقق می‌گردد.

منابع

Amini, S., Keshavarzi, M., Nadaf, M., & Mosaferi, S. (2024). Ethnobotanical study of medicinal plants of Mamljeh and Tatar villages (Bojnord, North Khorasan). *Research in Ethnobiology and Conservation*, *2*(1), 16-38.

Asadi, Y., & Farahmandfar, R. (2020). Frying stability of canola oil supplemented with ultrasound-assisted extraction of Teucrium polium. Food science & nutrition, 8(2), 1187-1196.

Bahmani, M., Saki, K., Shahsavari, S., Rafieian-Kopaei, M., Sepahvand, R., & Adineh, A. (2015). Identification of medicinal plants effective in infectious diseases in Urmia, northwest of Iran. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 5(10), 858-864.

Fattollah Gol, P., Asgarpanah, J., & Mousavi, Z. (2024). Anti-inflammatory and Anti-nociceptive Effects of Teucrium orientale L. Ethanolic Extract in Experimental Animals. *Journal of Medicinal plants and By-Products*, *13*(2), 429-437.

Mehta, N., Kumar, P., Verma, A. K., Umaraw, P., Kumar, Y., Malav, O. P., ... & Lorenzo, J. M. (2022). Microencapsulation as a noble technique for the application of bioactive compounds in the food industry: A comprehensive review. Applied Sciences, 12(3), 1424.

Milutinović, M., & Cvetković, D. (2020). Anticancer activity of secondary metabolites of Teucrium species. *Teucrium Species: Biology and Applications*, 355-390.

Sousa, V. I., Parente, J. F., Marques, J. F., Forte, M. A., & Tavares, C. J. (2022). Microencapsulation of essential oils: A review. Polymers, 14(9), 1730.

Encapsulation of *Teucrium polium* L. essential oil using a blend of natural gums and polysaccharides

Ghodsieh Bagherzade[1]*, Zahra Mafi[2] , Zahra Moudi[3]
1. Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Birjand, Birjand, Iran
2. M.Sc. Graduate, Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Birjand, Birjand, Iran
3. Ph.D. Graduate, Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Birjand, Birjand, Iran
Corresponding Author: Bagherzade@birjand.ac.ir

Abstract:

The essential oil of the plant *Teucrium polium* was extracted using a Clevenger apparatus and its chemical composition was analyzed by gas chromatography. In the next step, the essential oil was encapsulated using maltodextrin and corn starch together with Arabic gum. To examine the properties of the encapsulated essential oil, energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDAX-EDS) and field emission scanning electron microscopy (FE-SEM) were used. The results confirmed the presence of the following elements: carbon (46.1%), oxygen (52.88%), chlorine (0.25%), potassium (0.22%), calcium (0.40%), and copper (0.23%). FE-SEM analysis images showed spherical, irregular, and some porous particles, indicating a heterogeneous mixture and potential for controlled release, where the encapsulated essential oil can be gradually released.

Keywords: chromatography , encapsulation, essential oil , gum, *Teucrium polium*

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

بررسی تأثیر سبک زندگی سالم و گیاهان دارویی موثر بر کاهش استرس: رویکردی مبتنی بر طب کل‌نگر

مهسا تقوی فردود*

دانشجوی دکتری گیاهان دارویی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: mahsa.t128@gmail.com

چکیده

استرس به عنوان یکی از چالش‌های اساسی سلامت روان در جهان امروز، نیازمند راهکارهای جامع و کم‌عارضه است. این مطالعه با رویکرد طب کل‌نگر به بررسی تأثیر ترکیبی سبک زندگی سالم و گیاهان دارویی در کاهش استرس می‌پردازد. روش تحقیق مبتنی بر مرور نظام‌مند منابع طب سنتی ایرانی (به ویژه آثار ابن‌سینا) و مطالعات بالینی معاصر است. یافته‌ها نشان می‌دهد که رعایت اصول شش‌گانه حفظ‌الصحه (هوا، تغذیه، خواب و بیداری، حرکت و سکون، احتباس و استفراغ، و حالات نفسانی) همراه با استفاده از گیاهان دارویی مؤثری مانند بابونه، اسطوخودوس، بادرنجبویه، نعناع و رزماری، می‌تواند تأثیر سینرژیستی در کاهش استرس داشته باشد. مکانیسم‌های اثر شامل تعدیل سیستم GABAergic، تنظیم محور HPA، کاهش استرس اکسیداتیو و بهبود عملکرد عصبی است. این مطالعه پروتکل یکپارچه‌ای پیشنهاد می‌دهد که ترکیبی از توصیه‌های طب سنتی و کاربرد علمی گیاهان دارویی را در قالب برنامه‌های روزانه ادغام می‌کند. نتایج حاکی از آن است که این رویکرد تلفیقی می‌تواند گزینه‌ای مؤثر، طبیعی و به سبب تلفیقی از روش‌ها، روشی مجرب و نوین نیز در جهت مدیریت استرس باشد.

واژه‌های کلیدی: استرس، سبک زندگی سالم، طب سنتی ایرانی، طب کل‌نگر، گیاهان دارویی

مقدمه

استرس یکی از مشکلات شایع زندگی مدرن است که می‌تواند به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم بر سلامت جسم، روان و عملکرد اجتماعی افراد اثرگذار باشد. استرس مزمن با اختلالاتی نظیر اضطراب، بی‌خوابی، ضعف سیستم ایمنی، اختلالات گوارشی، بیماری‌های قلبی و حتی اختلالات پوستی مرتبط دانسته شده است (Schneiderman et al., 2005). در حالی که درمان‌های دارویی رایج مانند داروهای ضد اضطراب و ضد افسردگی اثربخشی قابل قبولی دارند، ولی به دلیل عوارض جانبی و احتمال وابستگی، توجه به روش‌های طبیعی و مکمل در سال‌های اخیر افزایش یافته است (Sarris et al., 2013).

طب کل‌نگر (Holistic Medicine) به‌عنوان یک رویکرد جامع‌نگر به انسان، نقش اساسی در کنترل و پیشگیری از بسیاری از بیماری‌ها از جمله استرس دارد. این طب به ارتباط متقابل جسم، روان، تغذیه و سبک زندگی توجه می‌کند و بهره‌گیری از گیاهان دارویی آرام‌بخش در کنار اصلاح سبک زندگی سالم را یکی از اصول کلیدی در حفظ تعادل سیستم عصبی می‌داند و به‌جای تمرکز صرف بر نشانه‌ها، به ریشه‌های ناهماهنگی در بدن توجه می‌کند. در این چارچوب، گیاهان دارویی و اصلاح الگوهای زندگی از ابزارهای مؤثر در پیشگیری و کاهش تنش‌های عصبی به شمار می‌روند (Otieno, 2019; Tindle et al., 2005).

در سال‌های اخیر، مطالعات متعددی اثرات گیاهانی مانند بابونه، اسطوخودوس، رزماری، بادرنجبویه و نعناع را بر بهبود وضعیت روانی، کاهش اضطراب و بهبود خواب بررسی کرده‌اند. برای مثال، در مطالعه‌ای دوسویه‌کور در سال ۲۰۱۹، عصاره بابونه منجر به کاهش چشم‌گیر علائم اضطراب در بیماران دچار GAD (اختلال اضطراب فراگیر) شد. همچنین استفاده از روغن اسطوخودوس در رایحه‌درمانی، به‌طور معناداری سطح استرس پرستاران بخش مراقبت‌های ویژه را کاهش داد (Amsterdam et al., 2009).

در سوی دیگر، مداخلات سبک زندگی سالم مانند خواب منظم، رژیم غذایی غنی از مواد ضد التهاب، فعالیت بدنی سبک و مراقبه نیز در کاهش سطح کورتیزول، بهبود پاسخ به استرس و افزایش حس آرامش، مؤثر شناخته شده‌اند (Chaudhary et al., 2020).

با توجه به اثربخشی هم‌زمان گیاهان دارویی و رویکردهای رفتاری، بررسی علمی این دو عامل در کنار یکدیگر می‌تواند در ارائه راهکاری کل‌نگر برای کنترل استرس مفید واقع شود.

هدف این مطالعه، بررسی تأثیر گیاهان دارویی منتخب به‌همراه سبک زندگی سالم در کاهش استرس از منظر طب کل‌نگر و تحلیل یافته‌های علمی موجود پیرامون این موضوع است.

مواد و روش‌ها

این مقاله به‌صورت یک مرور روایی تدوین شده و تمرکز آن بر بررسی علمی و مقایسه‌ای گیاهان دارویی منتخب و شاخص‌های سبک زندگی در کاهش استرس با رویکرد طب کل‌نگر است.

در این راستا، ابتدا گیاهانی که در طب سنتی و منابع علمی معتبر، خاصیت آرام‌بخش و تنظیم‌کننده سیستم عصبی داشته‌اند شناسایی و بررسی شدند. معیار انتخاب این گیاهان، حضور آن‌ها در منابع حکمای قدیم مانند ابن‌سینا، زکریای رازی، و همچنین تأیید آن‌ها در مطالعات مدرن فیتوشیمی و فارماکولوژی بوده است.

مطالعات بالینی و تحلیلی مرتبط، از نظر تأثیرات روانی، زیستی و رفتاری در مورد هر گیاه مورد ارزیابی قرار گرفتند. شاخص‌هایی همچون: کاهش علائم اضطراب و تنش عصبی، بهبود خواب و خلق‌وخو، تعادل هورمونی (به‌ویژه محور HPA)، و شواهد مبتنی بر آزمون‌های روان‌سنجی (مانند DASS، BAI، PSQI) برای مقایسه و تحلیل انتخاب شدند (Bystritsky et al., 2012).

در کنار بررسی اثرات دارویی، عناصر سبک زندگی سالم همچون: خواب متعادل و ریتم شبانه‌روزی منظم، تغذیه حاوی غذاهای آرام‌بخش و تنظیم‌کننده خلق، تنفس عمیق، یوگا، مراقبه و عبادت (از منظر روان‌تنی)، و فعالیت بدنی منظم و متعادل نیز به عنوان عوامل مکمل و هم‌افزا در کنترل استرس بررسی شدند (Chaudhary et al., 2020).

در تحلیل نهایی، تأکید بر هم‌افزایی بین گیاهان آرام‌بخش و اصلاح رفتارهای روزمره به‌عنوان بنیان اصلی دیدگاه کل‌نگر در سلامت روان مطرح شد. تعامل فیزیولوژیک بین اثرات گیاهان (مانند تحریک گیرنده‌های GABA، سروتونین، یا اثرات ضد التهابی) با تغییرات رفتاری حاصل از سبک زندگی، در قالب مدل پیشنهادی مقاله مورد تحلیل قرار گرفته است.

نتایج و بحث

۱. تأثیر سبک زندگی سالم بر کاهش استرس از منظر طب سنتی (حکیم بوعلی سینا)

از نگاه حکمای طب سنتی ایران، از جمله شیخ‌الرئیس ابوعلی سینا، حفظ سلامت (حفظ‌الصحة) پایه‌ای‌ترین اصل در پیشگیری از بیماری‌هاست. وی در کتاب القانون فی الطب، به شش اصل بنیادین برای زندگی سالم اشاره می‌کند که امروزه با اصول طب کل‌نگر مدرن نیز هم‌راستا هستند. این اصول شامل: ۱) کیفیت و اعتدال هوای پیرامون، ۲) تغذیه صحیح و متعادل متناسب با مزاج، ۳) خواب و بیداری منظم و کافی، ۴) تعادل در حرکت و استراحت، ۵) دفع منظم مواد زائد بدن، و ۶) مدیریت حالات روانی مانند خشم، ترس یا اندوه و تعدیل روحیه می‌باشند. بر اساس این دیدگاه، عدم تعادل در هر یک از این عوامل می‌تواند زمینه‌ساز اختلال در مزاج، عملکرد ارگان‌ها و بروز بیماری‌های جسمی و روانی گردد. توجه هم‌زمان به این اصول، به‌ویژه مدیریت حالات روانی، تغذیه معتدل، و خواب منظم، می‌تواند در کاهش استرس و ارتقاء کیفیت زندگی نقش مهمی ایفا کند (Ibn Sina., 2007).

بر اساس اصول حفظ‌الصحه در طب سنتی ایرانی، استرس ناشی از اختلال در اخلاط چهارگانه (سودا، بلغم، صفرا، دم)، سوء مزاج و عدم تعادل در سیستم عصبی است. ابن‌سینا در القانون فی الطب تأکید می‌کند که تغذیه متعادل و سالم، ورزش ملایم، خواب منظم و مدیریت عواطف پایه‌های اصلی کاهش استرس هستند. مطالعات امروزی نیز نشان می‌دهند که رژیم‌های گرم و تر مانند مصرف عسل، بادام و انجیر، با تعدیل انتقال‌دهنده‌های عصبی، استرس را کاهش می‌دهند (Zarshenas et al., 2020).

۲. بررسی گیاهان دارویی مؤثر بر کاهش استرس

الف) بابونه (*Matricaria chamomilla*)

- مکانیسم اثر: فلاونوئید آپیژنین موجود در عصاره تهیه شده با بابونه خشک با اتصال به گیرنده‌های بنزودیازپینی در سیستم GABAergic، اثرات آرام‌بخشی مشابه دیازپام دارند (Srivastava et al., 2018).
- مطالعات بالینی: مصرف روزانه چای بابونه ۱۵۰۰-۲۰۰۰ میلی‌گرم عصاره به مدت ۸ هفته، سطح کورتیزول را تا ۲۵٪ کاهش داده است (Keefe et al., 2022).

ب) اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia*)

- مکانیسم اثر: ترکیبات لینالول و لینالیل استات در اسانس اسطوخودوس با مهار کانال‌های کلسیمی، فعالیت نورون‌های هیپرتانسیو را کاهش می‌دهند (Koulivand et al., 2020).
- یافته‌های نوین: استنشاق رایحه اسانس اسطوخودوس (عطردرمانی) طی ۱۵ دقیقه، امواج آلفا در الکتروانسفالوگرافی (ثبت فعالیت الکتریکی مغز) را افزایش می‌دهد که نشان‌دهنده آرامش عمیق است (Perry et al., 2021).

ج) وارنگ بو (بادرنجبویه) (*Melissa officinalis*)

- مکانیسم اثر: ترکیبات ترپنوییدی (سیترال، ژرانیال) موجود در اسانس گیاه وارنگ بو(بادرنجبویه) با تعدیل آنزیم GABA ترانس آمیناز، سطح GABA مغز را افزایش می‌دهند، همچنین با اثر بر گیرنده‌های GABA، فعالیت هیپوتالاموس را کاهش می دهد (Scholey et al., 2020).

- کاربرد بالینی: مصرف ۳۰۰ میلی‌گرم عصاره بادرنجبویه در روز، اضطراب را در بیماران مبتلا به اختلالات خواب تا ۴۲٪ کاهش داده است (Cases et al., 2021).

د) نعناع فلفلی (*Mentha piperita*)

- مکانیسم اثر: منتول موجود در اسانس نعناع فلفلی با فعال کردن گیرنده‌های TRPM8 در دستگاه عصبی، اثر خنک‌کنندگی و آرامش‌بخشی دارد (McKay et al., 2018).

- توصیه طب سنتی: ابن‌سینا در کتاب الادویهٔ القلبیه از نعناع (Mentha spicata)به‌عنوان مفرح القلب (شادی‌آور قلب) یاد می‌کند که برای درمان سودای سیاه (افسردگی-اضطراب) مفید است.

ه) رزماری (*Rosmarinus officinalis*)

- مکانیسم اثر: کارنوسیک اسید و رزمارینیک اسید در عصاره رزماری با مهار استرس اکسیداتیو در هیپوکامپ، از تخریب نورونی جلوگیری می‌کنند (Habtemariam, 2023).

- یافته‌های جدید: ترکیب رزماری با روغن زیتون (مطابق توصیه‌های طب سنتی) و استفاده موضعی آن، جذب ترکیبات فعال را تا ۳۰٪ افزایش می‌دهد (Lopez et al., 2022).

۳. تلفیق سبک زندگی سالم با گیاهان دارویی: رویکردی نوین

تلفیق سبک زندگی سالم با رعایت اصول شش گانه سالم زیستی همراه با گیاهان دارویی به معنای استفاده و بهره مندی از اصول شش‌گانه حفظ‌الصحه ابن‌سینا (ستّه ضروریه) و گیاهان دارویی برای پیشگیری و درمان بیماری‌ها، به‌ویژه استرس و اختلالات روان‌تنی است. این رویکرد بر پایه تعادل اخلاط (سودا، بلغم، صفرا، دم) و تقویت روح حیوانی (نفس) استوار است. همچنین حکیم بوعلی سینا بر تنفس عمیق (هوا درمانی)، حمام گرم با عصاره گیاهان (بابونه (Matricaria chamomilla)، اسطوخودوس(Lavandula angostifolia)) و ماساژ با روغن‌های معطر تأکید دارد. مطالعات امروزی نشان می‌دهند که این روش‌ها با تحریک عصب واگ، پاسخ HPA Axis را تنظیم می‌کنند (Jerath et al., 2019).

مبانی علمی و سنتی این تلفیق

الف) از دیدگاه حکیم ابن‌سینا

- در القانون فی‌الطب، حکیم ابن‌سینا تأکید می‌کند که درمان کامل نیازمند ترکیب تدابیر سبک زندگی (حفظ‌الصحه) با داروهای گیاهی است.

- مثال: برای درمان سودای مفرط (عامل استرس و افسردگی)، ابتدا باید اصول شش گانه رعایت گردد و هوا، خواب، و تغذیه را اصلاح کرد، سپس در صورت لزوم از گیاهان دارویی نیز بهره جست.

ب) از دیدگاه علم مدرن

- مطالعات نشان می‌دهند که ترکیب رژیم غذایی مدیترانه‌ای (مشابه توصیه‌های حکیم بوعلی سینا) با گیاهان آداپتوژن (مثل اسطوخودوس و بابونه) اثر سینرژیستیک در کاهش کورتیزول دارد (Zarshenas et al., 2020).

مثال: - افزایش کیفیت خواب: پرهیز از پرخوری شبانه، اصلاح خواب، ماساژ با روغن بنفشه، تغذیه متناسب مزاج، مصرف چای بابونه قبل از خواب

- مدیریت استرس: تنفس عمیق در هوای پاک، خواب زودهنگام (قبل از نیمه‌شب)، تغذیه متناسب مزاج، گیاهان دارویی مکمل، مصرف دم‌کرده بادرنجبویه + عسل (مفرح القلب)، استنشاق اسانس نعناع برای تقویت روح حیوانی.

مزایای این تلفیق

- پیشگیری محور: جلوگیری از ایجاد بیماری‌ها و درمان آن به‌جای تسکین موقت.
- کاهش عوارض دارویی: استفاده از گیاهان با حداقل سمیت (برخلاف داروهای شیمیایی).
- هماهنگی با طبیعت: تطابق با ریتم‌های زیستی (Circadian Rhythm).

نتیجه‌گیری

استرس تأثیرات گسترده‌ای بر سلامت جسم، روان و عملکرد اجتماعی انسان امروزی دارد و راهکارهایی در این زمینه موثرند که بتوانند هم سبک زندگی فرد را پوشش دهند و هم تاثیر فیزیولوژیک مناسبی بدون عارضه شیمیایی بر فرد داشته باشند. اختلال در محور HPA (Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis) عامل اصلی بسیاری از بیماری‌های مرتبط با استرس است. ترکیب گیاهان دارویی (مانند اسطوخودوس و بابونه) با اصلاح سبک زندگی (خواب منظم، ورزش ملایم) می‌تواند به تعادل قابل توجه این محور و کاهش اثرات منفی استرس کمک کند. تلفیق سبک زندگی سالم با گیاهان دارویی، یک سیستم جامعِ مبتنی بر طبیعت است که هم‌اکنون در کلینیک‌های طب سنتی ایران و مراکز تحقیقاتی اروپا (مثل دانشگاه اکسفورد) نیز مورد مطالعه و اجرا قرار گرفته است و دارای اثرات قابل توجه و موثری است.

منابع

Amsterdam, J. D., Li, Y., Soeller, I., Rockwell, K., Mao, J. J., & Shults, J. (2009). A randomized, double-blind, placebo-controlled trial of oral *Matricaria recutita* (*chamomile*) extract therapy for generalized anxiety disorder. Journal of Clinical Psychopharmacology, 29(4), 378–382.

Bystritsky, A., et al. (2012). Clinical trials on herbal treatment of anxiety. The Journal of Clinical Psychiatry.

Cases, J., Ibarra, A., Feuillère, N., Roller, M., & Sukkar, S. G. (2021). Pilot trial of Melissa officinalis L. leaf extract in the treatment of volunteers suffering from mild-to-moderate anxiety disorders and sleep disturbances. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 14(3), 403-413.

Chaudhary, S., et al. (2020). Lifestyle interventions for stress management. Journal of Ayurveda and Integrative Medicine.

Habtemariam, S. (2023). *Rosemary (Rosmarinus officinalis)* diterpenes and biological activities. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1406, 299-326.

Ibn Sina (Avicenna). (2007). Al-Qanun fi al-Tibb [The Canon of Medicine] (H. Shirazi, Ed.). Dar Ihya al-Turath al-Arabi. (Original work published 11th century)

Jerath, R., Beveridge, C., & Barnes, V. A. (2019). Self-regulation of breathing as an adjunctive treatment of insomnia. Frontiers in Psychiatry, 9, 780.

Keefe, J. R., Mao, J. J., Soeller, I., Li, Q. S., & Amsterdam, J. D. (2022). Short-term open-label chamomile therapy of moderate-to-severe generalized anxiety disorder. Phytomedicine, 93, 153773.

Koulivand, P. H., Khaleghi Ghadiri, M., & Gorji, A. (2020). *Lavender* and the nervous system: A clinical review. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2020, 1-10.

López, V., Martín, S., Gómez-Serranillos, M. P., et al. (2022). Neuroprotective and neurological properties of Melissa officinalis. Phytotherapy Research, 36(2), 764-778.

McKay, D. L., & Blumberg, J. B. (2018). A review of the bioactivity and potential health benefits of peppermint tea. Phytotherapy Research, 22(1), 34-38.

Otieno, A. (2019). Holistic Approaches to Stress Management. Eman Research.

Perry, N. S., Menzies, R., Hodgson, F., et al. (2021). A randomized double-blind placebo-controlled pilot trial of combined lavender and lemon balm for chronic agitation. Frontiers in Aging Neuroscience, 13, 702908.

Sarris, J., et al. (2013). Herbal medicines in the treatment of psychiatric disorders: A systematic review. Phytotherapy Research.

Scholey, A., Gibbs, A., Neale, C., et al. (2020). Anti-stress effects of lemon balm-containing foods. Nutrients, 12(11), 3572.

Schneiderman, N., Ironson, G., & Siegel, S. D. (2005). Stress and health: Psychological, behavioral, and biological determinants. Annual Review of Clinical Psychology, 1, 607–628.

Srivastava, J. K., Shankar, E., & Gupta, S. (2018). Chamomile: A herbal medicine of the past with bright future. Molecular Medicine Reports, 3(6), 895-901.

Tindle, H. A., Davis, R. B., Phillips, R. S., & Eisenberg, D. M. (2005). Trends in use of complementary and alternative medicine by US adults: 1997–2002. Alternative Therapies in Health and Medicine, 11(1), 42–49.

Zarshenas, M. M., Jamshidi, S., & Petramfar, P. (2020). Avicenna's pharmacopeia for neuropsychiatric disorders: A systematic review. Journal of Integrative Medicine, 18(3), 201-210.

Investigating the effect of a healthy lifestyle and effective medicinal plants on stress reduction: An approach based on holistic medicine

Mahsa Taghavi Fardoud*
PhD student of Medicinal Plants, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
* *Corresponding author: mahsa.t128@gmail.com*

Abstract

Stress, as one of the fundamental challenges in mental health today, requires comprehensive and low-risk interventions. This study examines the combined effects of healthy lifestyle and medicinal plants on stress reduction through a holistic medicine approach. The research methodology is based on a systematic review of traditional Persian medicine sources (particularly Avicenna's works) and contemporary clinical studies. Findings indicate that adherence to the six essential health principles (air, nutrition, sleep/wake cycle, exercise/rest, waste elimination, and emotional states) along with the use of effective medicinal plants such as chamomile, lavender, lemon balm, peppermint, and rosemary can have synergistic effects on stress reduction. The mechanisms of action include GABAergic system modulation, HPA axis regulation, oxidative stress reduction, and neural function improvement. The study proposes an integrated protocol combining traditional medicine recommendations with scientific applications of medicinal plants in daily routines. Results suggest this combined approach could serve as an effective, natural, and innovative method for stress management, benefiting from both traditional wisdom and modern evidence.

Keywords: Stress, Persian traditional medicine, Medicinal plants, Healthy lifestyle, Holistic medicine

سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

تحلیل علم‌سنجی تحقیقات حوزه تجاری‌سازی گیاهان دارویی بر اساس داده‌های گوگل اسکالر

لیلا خلیلی*
دانشیار گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
*نویسنده مسئول: leylakhalili@gmail.com

چکیده

تجاری‌سازی گیاهان دارویی یک حوزه تحقیقاتی نسبتا نوظهور است و منابع موجود در این زمینه در وب‌آوساینس و اسکوپوس محدود بود. هدف پژوهش حاضر تحلیل علم‌سنجی مدارک نمایه‌شده در حوزه تجاری‌سازی گیاهان دارویی بر اساس داده‌های گوگل اسکالر بود. پژوهش کاربردی و کمی حاضر با رویکرد علم‌سنجی انجام شد. جامعه آماری پژوهش مدارک نمایه‌شده در خصوص تجاری‌سازی گیاهان دارویی در گوگل اسکالر بود. گردآوری داده با استفاده از نرم‌افزار Publish or Perish در گوگل اسکالر انجام شد. به منظور ترسیم شبکه هم‌تالیفی از نرم‌افزار VOSviewer و برای آمار توصیفی و استنباطی از نرم‌افزارSPSS استفاده شد. تعداد ۵۰۴ مدرک بازیابی شده تا زمان گردآوری داده پژوهش حاضر، ۸۶۶۵ استناد دریافت کرده بودند. مدارک در بین سالهای ۱۹۹۴ تا ۲۰۲۵ منتشر شده بودند. تعداد مدارک منتشر شده پژوهشگران بین یک تا چهار مدرک و بیشترین استناد دریافتی ۵۳۸ مورد بود. آزمون همبستگی اسپیرمن ($r = 0.357$, p-value = 0.001) رابطه مثبت و معنی‌داری بین میزان استناد به مدارک و سن مدارک نشان داد. نیز رابطه معنی‌داری بین میزان استناد دریافتی و سال نشر ($r = -0.360$, p-value = 0.001) وجود داشت اما جهت رابطه معکوس و منفی بود. ضریب خوشه‌بندی بالا و میانگین طول مسیر کوتاه در شبکه هم‌تالیفی نویسندگان هم‌راستا با پدیده جهان کوچک بود.

واژه‌های کلیدی: تجاری‌سازی گیاهان دارویی، تحلیل علم‌سنجی، گوگل اسکالر، نرم‌افزار پابلیش اور پریش، پدیده جهان کوچک

مقدمه

گیاهان دارویی شامل تمام گیاهانی هستند که از زمان‌های قدیم به دلیل اثرات درمانی اثبات‌شده‌شان که در داروهای رایج یافت می‌شوند، منبع دارویی برای انسان و حیوانات بوده‌اند (Ahn, 2017 as cited in Jimoh et al., 2023). گیاهان دارویی و معطر بومی باید به طور جامع مورد تحقیق قرار گیرند و اطلاعات مربوط به استفاده از آن‌ها از نسلی به نسل دیگر منتقل شود و کارآفرینی زیستی تشویق گردد. این گیاهان نه تنها درمانی برای درمان بیماری‌ها هستند، بلکه منبعی تجدیدپذیر برای داروهای جدید به شمار می‌روند (Kurnaz & Kurnaz, 2021).

امروزه، تجارت گیاهان دارویی و محصولات گیاهی در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته و بازاری چند میلیارد دلاری ایجاد کرده است که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ حتی از هفت تریلیون دلار نیز فراتر رود. صنایع داروسازی پیشرو با تولید و فروش محصولات گیاهی با استفاده از علائم تجاری و کانال‌های خرده‌فروشی خود، محصولات خود را

متنوع می‌کنند تا از این بازار سهم بیشتری ببرند (Jimoh et al., 2023). ارزش صنعتی گیاهان دارویی در بازار دارو برجسته است. این گیاهان سنتی نه تنها ماده کلیدی برای توسعه دارو، بلکه منبع اصلی در بازار محصولات دارویی گیاهی نیز بوده‌اند، زیرا ۸۵ درصد از داروهای سنتی جهان از گیاهان مشتق می‌شوند. کره، چین، ژاپن، هند، آلمان، کشورهایی که مدت‌هاست طب سنتی و داروهای گیاهی را توسعه داده‌اند. استراتژی‌های خاص بین کشورها ممکن است متفاوت باشد، اما نکته مهم این است که همه آن‌ها اهمیت منابع گیاهی را تصدیق می‌کنند (Ahn, 2017). به گزارش مرکز تجارت جهانی در سال ۲۰۱۸ ارزش تجارت جهانی گیاهان دارویی از ۱۰۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۰ به ۱۲۴ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۸ رسیده است. همچنین سطح زیر کشت گیاهان دارویی در سال ۱۳۹۷ در ایران به ارزش ۴۴۰ میلیون دلار بود؛ ایران با سهم یک درصد ارزش صادرات گیاهان دارویی در رتبه ۱۶ و ۰/۴ واردات گیاهان دارویی در رتبه ۴۱ قرار دارد (راسخ جهرمی و نورانی آزاد، ۱۴۰۰). تجزیه و تحلیل کتاب‌سنجی دو دهه‌ای گیاهان دارویی که در سطح جهان تجارت می‌شوند، حاکی از افزایش پیوسته ارزش اقتصادی این گیاهان است. به نحوی که افزایش تقاضا برای گیاهان دارویی، به طور قابل‌توجهی وضعیت درآمد افرادی که به تجارت این گیاهان پرداخته‌اند، و اقتصاد برخی از کشورهای در حال توسعه را بهبود بخشیده است (Jimoh et al., 2023).

پژوهشگران متعددی به سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی، طرح قوانین و حمایت دولت‌ها از کشت و تجاری‌سازی گیاهان دارویی تاکید کرده‌اند. از نظر هرش-مارتینز (Hersch-Martinez, 1995) باید مقرراتی برای جمع‌آوری، جابجایی و نگهداری گیاهان دارویی وحشی برای همزیستی جمعیت‌های انسانی و گیاهی تنظیم شود. به گزارش ندلوو و همکاران (Ndhlovu et al., 2021) در آفریقای جنوبی اگرچه، قوانین زیادی برای حفظ و ترویج دانش بومی و گیاهان دارویی وجود دارد، اما تجاری‌سازی این گیاهان همچنان پایین است. همچنین جوامع محلی و سایر ذینفعانی که در بخش گیاهان دارویی کار می‌کنند باید به درستی ثبت و رسماً به رسمیت شناخته شوند تا مقررات و هنجارهای قوی برای محافظت از دانش سنتی مبتنی بر جامعه و حقوق مالکیت معنوی اتخاذ شود و اشتراک‌گذاری عادلانه منافع تضمین شود. نتایج پژوهش نوگروهو و همکاران (Nugroho et al., 2016) در خصوص گیاهان دارویی وحشی در اندونزی (جاوا) نشان داد تجاری‌سازی گیاهان دارویی ذینفعان زیادی را درگیر کرده بود و هر ذینفع درک و انگیزه متفاوتی برای استفاده از این گیاهان داشت. درک و انگیزه ذینفعان تولیدی و صنعتی بر منافع اقتصادی متمرکز بود. دولت باید امکانات و اقدامات لازم برای افزایش منابع گیاهان دارویی برای مراقبت‌های بهداشتی عمومی را فراهم نماید. از نظر کورناز و کورناز (Kurnaz & Kurnaz, 2021) تولید صنعتی مواد دارویی از گیاهان دارویی نه تنها تنوع زیستی فرهنگ‌های بومی و همچنین تأثیر چشمگیر تغییرات اقلیمی بر پایداری این منابع اقتصاد زیستی را به خطر می‌اندازد، بلکه باعث عدم تعادل اقتصادی نیز می‌شود؛ ارزش افزوده این منابع برای کشورهای مبدا هنوز ناچیز است. با توجه به تخریب اکوسیستم توسط بشر و موانع ناشی از مقررات قانونی برای تجاری‌سازی گیاهان دارویی و معطر، و افزایش استرس ناشی از تغییرات اقلیمی، بازار منابع زیستی ممکن است با تهدید جدی مواجه شود. کشت پایدار گیاهان دارویی و معطر و توانایی تامین مواد اولیه برای داروها و محصولات آرایشی موجود و بالقوه، و ثبات بازار با حجم بالا، نیاز به مدیریت پایدار با در نظر گرفتن جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی دارد.

پژوهش‌های منتشرشده در منابع فارسی در خصوص تجاری‌سازی گیاهان دارویی نیز ابعاد متفاوتی را در این زمینه بررسی کرده‌اند. میرزایی‌اصل و علی‌وردی (۱۴۰۲) به مطالعه تولید و تجاری‌سازی گیاهان زراعی تراریخت که به علف‌کش‌ها مقاوم هستند، پرداختند. با توجه به دستاورد مهم مهندسی ژنتیک در حوزه کشاورزی برای تولید گیاهان مقاوم به علف‌کش‌ها، تجاری‌سازی این نوع گیاهان سودمند خواهد بود. دهقانی مشکانی (۱۳۸۹) در پژوهشی بازاریابی

محصولات کشاورزی شامل مراحلی چون نیازسنجی بازار و در صورت نیاز ترویج، ارائه مشاوره علمی و مالی، تضمین خرید، ذخیره‌سازی محصول، فرآوری و حمل و نقل ذکر می‌کند. با توجه به قابلیت‌های بالقوه گیاهان دارویی، بر اساس استانداردهای موردنظر بازار مصرف و بر اساس اصول علمی و با استفاده از اصول بازاریابی باید به طریقی عمل نمود که بتوان به بازاری مشخص و پایدار دست یافت. راسخ جهرمی و نورانی آزاد (۱۴۰۰) در ارزیابی ساختار بازار و مزیت نسبی صادرات گیاهان دارویی و شرکای عمده‌ی تجاری در بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۸ نشان دادند که با وجود مزیت نسبی صادرات گیاهان دارویی، فاقد ثبات لازم است. با توجه به ظرفیت ایران برای گسترش صادرات گیاهان دارویی، اقداماتی چون تمرکززدایی بازار، بهبود کیفیت بسته‌بندی مطابق با ذائقه مصرف‌کنندگان بازارهای جهانی، و حمایتهای دولت از صادرکنندگان ضروری است.

مرور پیشینه پژوهش نشان داد که مطالعات انجام شده در خصوص تجاری‌سازی گیاهان داروی در سطح کشور و حتی سطح بین‌المللی محدود است. به نحوی که در جستجوی انجام‌شده در نمایه‌های استنادی وب‌آوساینس و اسکوپوس در دوم جولای ۲۰۲۵ منابع محدودی در این خصوص بازیابی شد. با توجه به اینکه استانداردهای گوگل اسکالر در نمایه مدارک آسان‌تر از نمایه‌های استنادی وب‌آوساینس و اسکوپوس است، لذا منابع بیشتری در خصوص گیاهان دارویی در این پایگاه بازیابی شد. لازم به ذکر است که استفاده از داده‌های گوگل اسکالر برای انجام مطالعات علم‌سنجی و کتابسنجی رایج است. نظر به اهمیت زیاد تجاری‌سازی گیاهان دارویی، منابع نسبتا محدود و نوظهور بودن این حوزه تحقیقاتی لذا ارائه یک تصویر کلی از پژوهش‌های منتشرشده با سطوح کیفی متفاوت می‌تواند برای پژوهشگران علاقمند این حوزه و سیاست‌گذاران مربوطه مفید باشد. پژوهش حاضر درصدد است که به تحلیل علم‌سنجی مدارک نمایه شده در خصوص تجاری‌سازی گیاهان دارویی بر اساس داده‌های استخراج‌شده از گوگل اسکالر بپردازد. به منظور تحقق هدف پژوهش حاضر، اهداف فرعی زیر طرح شد:

- ✓ بررسی میزان استناد، نوع و سال نشر مدارک مورد بررسی
- ✓ بررسی و ترسیم شبکه هم‌تالیفی نویسندگان در تحقیقات تجاری‌سازی گیاهان دارویی
- ✓ شناسایی نویسندگان پراستناد در حوزه تجاری‌سازی گیاهان دارویی
- ✓ بررسی همبستگی بین سن مدارک و میزان استناد دریافتی

مواد و روش‌ها

پژوهش کاربردی و کمی حاضر با رویکرد علم‌سنجی انجام شد. جامعه آماری پژوهش مدارک نمایه شده در خصوص تجاری‌سازی گیاهان دارویی در گوگل اسکالر بود. پس از بررسی‌های اولیه، گردآوری و استخراج داده در دوم جولای ۲۰۲۵ با استفاده از نرم‌افزار Publish or Perish در گوگل اسکالر انجام شد. به این منظور استراتژی جستجوی زیر در قسمت کلیدواژه‌ها وارد شد و تعداد ۵۰۴ مدرک (بدون استنادها) بازیابی و در فرمت txt برای استفاده در نرم‌افزارهای مربوطه ذخیره شد. لازم به ذکر است که در استراتژی جستجو با اضافه کردن * به انتهای کلمات، برای جستجوی شکل جمع و مفرد اصلاح موردنظر، نرم‌افزار Publish or Perish هیچ خروجی ارائه نداد؛ لذا شکل جمع کلمات پایانی داخل گیومه برای جستجو انتخاب شد.

"Commercialization of medicinal plants" OR "Commercialization of herbal plants" OR
"Commercialization of healing herbs" OR "Commercialization of botanical medicine" OR
"Commercialization of medicinal herbs"

با وجود سطح پوشش موضوعی و زبانی گسترده در گوگل اسکالر، عدم وجود ابردادههای استاندارد، ویرایشهای مختلف از یک مدرک و فقدان کنترل کیفی در دادههای استخراجشده از نکات ضعف گوگل اسکالر میتواند باشد؛ در پژوهش حاضر برای کاهش برخی از این اثرات به صورت محدود در مواردی چون ذکر اسامی تمامی نویسندگان پراستناد برتر به صورت دستی اصلاح شد. علیرغم سطح کیفی متفاوت مدارک نمایهشده در گوگل اسکالر، استفاده از دادهای استخراجشده این پایگاه برای انجام پژوهش بسیار رایج است. به منظور ترسیم شبکه هم‌تالیفی از نرم‌افزار VOSviewer، محاسبه ضریب خوشه‌بندی و میانگین طول مسیر از نرم‌افزار Gephi و برای آمار توصیفی-استنباطی از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

در این بخش با استفاده از دادههای استخراجشده، پاسخ‌ها مربوطه در راستای اهداف فرعی پژوهش ارائه می‌شود.

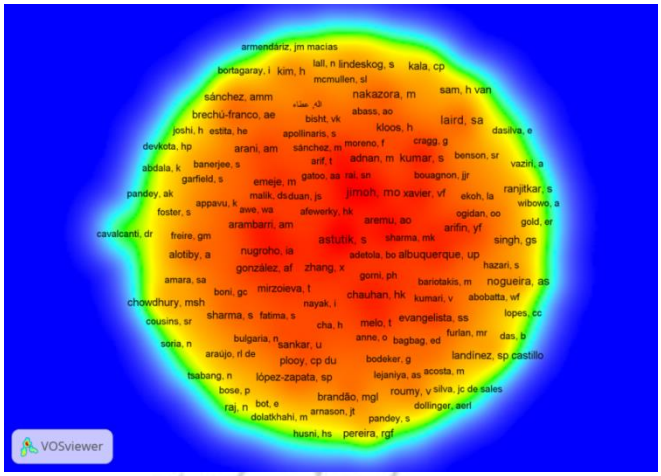
میزان استناد، نوع و سال نشر مدارک مورد بررسی

تعداد ۵۰۴ مدرک مورد بررسی تا زمان گردآوری داده پژوهش حاضر، ۸۶۶۵ استناد دریافت کرده بودند و میانگین استناد ۱۷/۱۹ بود. در خصوص نوع مدارک مورد بررسی، ۲۱ مورد (۴/۲ درصد) کتاب، ۶۱ مورد (۱۲/۱ درصد) html، ۱۵۵ (۳۰/۸ درصد) به صورت pdf بود. مدارک با فرمت‌های html و pdf قابل‌دسترس هستند؛ نیز بخش‌هایی از کتاب‌ها نیز از طریق گوگل در دسترس هستند. بر اساس دادهای استخراجشده فرمت ۲۶۷ مدرک (۵۳ درصد) مشخص نبود. مدارک در محدوده سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۲۵ منتشر شده بودند. بیشترین مدرک منتشر شده با ۴۰ مورد مربوط به سال ۲۰۲۴ است. در سال‌های اولیه تعداد مدارک کمتر بود اما به تدریج در سال‌های بعد این تعداد افزایش یافته است. لازم به ذکر است که حدود ۱۰/۱ درصد مدارک سال نشر نداشتند.

شبکه هم‌تالیفی نویسندگان در تحقیقات تجاری‌سازی گیاهان دارویی

این شبکه از ۱۰۱۷ نویسنده تشکیل شده است که در ۴۳۲ خوشه قرار دارند و از طریق ۱۰۱۶ لینک به هم پیوند دارند. مجموع قدرت پیوندها نیز ۱۰۴۶ بود. شکل یک، شبکه هم‌تالیفی را بر اساس تعداد مدارک به تصویر کشیده است. مدارک منتشر شده نویسندگان بین یک تا چهار مدرک بود، لذا همانگونه که در شکل یک مشاهده می‌شود تعداد زیادی از اسامی نویسندگان در ناحیه قرمز رنگ قرار دارد و سایز فونت تقریبا یکسان است.

در توپولوژی (ساختار فیزیکی و منطقی) شبکه، ضریب خوشه‌بندی عددی بین صفر و یک است. با استفاده از نرم‌افزار Gephi میانگین ضریب خوشه‌بندی در شبکه حاضر ۰/۹۷۷ به دست آمد که حاکی از خوشه‌بندی بسیار بالا است. همچنین میانگین طول مسیر ۱/۱۷ بود. با توجه به این داده‌ها، شبکه هم‌تالیفی حاضر ویژگی‌های پدیده جهان کوچک را دارد. پدیده جهان کوچک توسط (Watts & Strogatz,1998) طرح شده است. در شبکه‌های جهان کوچک، میانگین طول مسیر کوتاه (کمتر از ۶) و ضریب خوشه‌بندی بالا است. طول مسیرهای کوتاه در بین بازیگران شبکه، گسترش ایده‌های مختلفی را که در خوشه‌های جداگانه تولید می‌شوند، تسهیل می‌کند (Ebadi & Schiffauerova, 2015; Walsh, 1999). طول مسیر کوتاه در شبکه به این معنی است که دو پژوهشگر با تعداد پیوندهای نسبتا کمی به هم وصل هستند، لذا اطلاعات، ایده‌ها و همکاری‌ها به سرعت در شبکه پخش می‌شود. ضریب خوشه‌بندی بالا حاکی از آن است که پژوهشگران گروه‌های منسجم و کوچکی تشکیل داده‌اند و در خوشه‌های متمایز (مثلا آزمایشگاه‌ها، گروه‌های جغرافیایی در کشور مثلا استان‌های همجوار، یا همکاری با کشورهای همسایه) همکاری می‌کنند.



شکل ۱. شبکه هم‌تالیفی نویسندگان حوزه تجاری‌سازی گیاهان دارویی بر حسب تعداد مدارک

نویسندگان پراستناد در حوزه تجاری‌سازی گیاهان دارویی

جدول یک، ۱۰ نویسنده پراستناد حوزه تجاری‌سازی گیاهان دارویی را نشان می‌دهد. سه نویسنده اول جدول برای یک عنوان منتشر شده، تعداد ۵۳۸ استناد داشتند. پژوهشگری با نام کالا برای یک عنوان منتشر شده، ۴۲۲ استناد داشت. چهار پژوهشگر بعدی برای یک عنوان تعداد ۳۳۲ استناد دریافت کرده‌اند؛ در واقع گروه نویسندگانی که ۵۳۸ و ۳۳۲ استناد، اثر مشترک داشتند و بواسطه همان یک اثر، استناد مشابهی دریافت کرده‌اند. دو پژوهشگر ایرانی نیز (محمدصادق امیری و محمدرضا جوهرچی) برای یک اثر مشترک منتشر شده، تعداد ۳۱۵ استناد دریافت کرده‌اند. لازم به ذکر است که در داده استخراج شده از گوگل اسکالر مدارک با تعداد نویسندگان حدودا بیش از چهار نفر اسامی بعدی ذکر نشده بود. به عنوان مثال نویسندگان با ۳۲۲ استناد، همکاران دیگری نیز داشتند که در خروجی نرم‌افزار Publish or Perish ارائه نشده بود.

جدول ۱. نویسندگان پراستناد در تجاری‌سازی گیاهان دارویی

Author	N. of Doc	Citation
García, E	1	538
Macía, MJ	1	538
Vidaurre, PJ	1	538
Kala, CP	2	422
Fokunang, CN	1	322
Jiofack, RB	1	322
Ndikum, V	1	322
Tabi, OY	1	322
Amiri, MS	1	315
Joharchi, MR	1	315

همبستگی بین میزان استناد دریافتی با سن مدارک و سال نشر

نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن ($r = 0.357$, p-value $= 0.001$) در رابطه بین میزان استناد به مدارک و سن مدارک در جدول دو ارائه شده است. ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار بین میزان استناد دریافتی و سن مدارک

حاکی از آن است که هر چه سن مدرک بیشتر می‌شود، تعداد استناد نیز افزایش می‌یابد. یعنی اسناد قدیمی‌تر نسبت به اسناد جدیدتر، استنادهای بیشتری دریافت کرده‌اند. علیرغم معنی‌داری آماری این همبستگی، قدرت این رابطه خیلی قوی نیست. با توجه به اینکه مدارک قدیمی‌تر فرصت بیشتری برای دریافت استناد داشتند، لذا این یافته قابل‌توجیه است. رابطه بین میزان استناد دریافتی و سال نشر (r = -0.360, p-value = 0.001) از نظر آماری معنی‌دار است اما جهت رابطه منفی است؛ یعنی با افزایش سال نشر، استناد دریافتی کمتر می‌شود. نتایج این دو آزمون به دلیل سنجش متغیرهای مشابه همسو است.

جدول ۲. ضریب همبستگی اسپیرمن بین میزان استناد با سن مدارک و سال نشر

متغیرها	ضریب/معنی‌داری	مقادیر
میزان استناد و سن مدرک	ضریب همبستگی	۰/۳۵۷**
	معنی‌داری	۰/۰۰۱
میزان استناد و سال نشر	ضریب همبستگی	-۰/۳۶۰**
	معنی‌داری	۰/۰۰۱

Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed), b. Listwise N = 453.**

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر یک تصویر کلی در حوزه تجاری‌سازی گیاهان بر اساس دادهای گوگل اسکالر ترسیم کرد. شبکه هم‌تالیفی نویسندگان، ویژگی‌های پدیده جهان کوچک (ضریب خوشه‌بندی بالا و میانگین طول مسیر کوتاه) را داشت. رابطه میزان استناد با سن مدارک و سال نشر، حاکی از استناد نسبتا بیشتر مدارک قدیمی‌تر بود. با توجه اهمیت تجاری‌سازی گیاهان دارویی و محدود بودن منابع این حوزه، انجام پژوهش‌های بیشتر در این حوزه مهم و نوظهور ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

راسخ جهرمی، ع. و نورانی آزاد، س. (۱۴۰۰). سنجش ناپارامتریک ساختار بازار و مزیت نسبی صادرات گیاهان دارویی ایران و شرکای عمدی تجاری. *پژوهش‌های اقتصاد صنعتی*، ۵ (۱۶)، ۳۵-۴۶.

میرزایی اصل، ا. و علی وردی، ا. (۱۴۰۲). *تولید و تجاری‌سازی گیاهان زراعی مقاوم به علف‌کش‌ها*. دهمین همایش ملی علوم علف‌های هرز ایران، ۵ و ۶ شهریور ۱۴۰۲، همدان، ایران. همایش علوم علف‌های هرز ایران.

دهقانی مشکانی، م. (۱۳۸۹). بازاریابی و بازرگانی گیاهان دارویی (اقتصاد گیاهان دارویی). همایش ملی گیاهان دارویی. https://civilica.com/doc/341586

Ahn, K. (2017). The worldwide trend of using botanical drugs and strategies for developing global drugs. *BMB Reports*, 50(3), 111. https://doi.org/10.5483/BMBRep.2017.50.3.221

Ebadi, A., & Schiffauerova, A. (2015). On the relation between the small world structure and scientific activities. *PloS one*, 10(3), e0121129.

Hersch-Martínez, P. (1995). Commercialization of wild medicinal plants from Southwest Puebla, Mexico. *Economic Botany*, 49, 197-206. https://doi.org/10.1007/BF02862925

Jimoh, M. A., Jimoh, M. O., Saheed, S. A., Bamigboye, S. O., Laubscher, C. P., & Kambizi, L. (2023). Commercialization of Medicinal Plants: Opportunities for Trade and Concerns for Biodiversity

Conservation. *Sustainable Uses and Prospects of Medicinal Plants*, 309-332. https://doi.org/10.1201/9781003206620

Kurnaz, M. L., & Kurnaz, I. A. (2021). Commercialization of medicinal bioeconomy resources and sustainability. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 22, 100484. https://doi.org/10.1016/j.scp.2021.100484

Ndhlovu, P.T.; Omotayo, A.O.; Otang-Mbeng,W.; Aremu, A.O. (2022). Commercialization Potential of Six Selected Medicinal Plants Commonly Used for Childhood Diseases in South Africa: A Review. *Sustainability*, 14, 177. https://doi.org/10.3390/su14010177

Nugroho, I. A., Nurrochmat, D. R., & Hardjanto, H. (2016). Commercialization of medicinal plants in Java Island, Indonesia. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 22(2), 114-114.

Walsh, T. (1999, July). Search in a small world. *In Ijcai*, 99, 1172-1177. https://www.ijcai.org/Proceedings/99-2/Papers/071.pdf

Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of 'small-world'networks. *nature*, 393(6684), 440-442.

Scientometric Analysis of Research in the field of Medicinal Plants Commercialization based on Google Scholar Data

Leila Khalili*
Associate Professor, Department of knowledge & Information Science
Azarbaijan Shahid Madani University
*Corresponding Author:leylakhalili@gmail.com

Abstract

Commercialization of medicinal plants is a relatively new research area and the available resources in this field in Web of Science and Scopus were limited. The aim of the present study was scientometric analysis of indexed documents in the field of medicinal plant commercialization based on Google Scholar data. The present applied and quantitative research was conducted with a scientometric approach. The statistical population of the study was indexed documents on commercialization of medicinal plants in Google Scholar. Data collection was carried out using the Publish or Perish software in Google Scholar. VOSviewer software was used to draw the co-authorship network and SPSS software was used for descriptive and inferential statistics. The 504 retrieved documents had received 8665 citations by the time of data collection for the present study. The documents were published between 1994 and 2025. The number of documents published by researchers ranged from one to four documents and the highest citation received was 538. Spearman's correlation test (r = 0.357, p-value = 0.001) showed a positive and significant relationship between the number of citations to documents and the age of documents. There was a significant relationship between the number of received citations and the year of publication (r = -0.360, p-value = 0.001), but the direction of the relationship was inverse and negative. The high clustering coefficient and short average path length in the authors' co-authorship network were consistent with the small world phenomenon.

Keywords: Commercialization of Medicinal Plants, Scientometric Analysis, Google Scholar, Publish or Perish Software, Small World Phenomenon

استفاده از ترکیبات گیاهی در مدیریت آفات

داود محمدی*[۱]، ناصر عیوضیان کاری[۱]
۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
*نویسنده مسئول: mohamadi@azaruniv.ac.ir

چکیده

گیاهان از پتانسیل بالایی برای استفاده در امر کنترل آفات گیاهی برخوردار هستند. در حقیقت، از نظر تکاملی چون گیاهان در معرض انواع استرس‌های زیستی و غیر زیستی قرار گرفته‌اند و موفق به غلبه به انواع مختلف این استرس‌ها شده‌اند، مکانیسم‌های دخیل در غلبه بر این استرس‌ها ابزاری نیرومند و کارآمد در غلبه بر آفات گیاهی به‌شمار می‌روند. متابولیت‌های ثانویه گیاهی که در انواع و سطوح مختلف در گونه‌های مختلف گیاهی وجود دارند، بخشی از سیستم ایمنی گیاهی هستند. جداسازی، شناسایی و بررسی اثرات مختلف زیستی و رفتاری این ترکیبات می‌تواند راهگشایی برای معرفی ترکیبات جدید در کنترل آفات باشد. با وجود تاثیر بسزای ترکیبات شیمیایی مصنوعی در کنترل آفات گیاهی، اثرات زیست‌محیطی، تاثیر بر سلامت انسان و مهمتر از همه کاهش کارایی آنها با افزایش مقاومت در آفات مختلف باعث شده است که کارایی آنها به‌عنوان موثرترین روش کنترل چندان پایدار نباشد. طی مطالعات مختلف در سال‌های اخیر ترکیبات گیاهی موثری علیه آفات مهم شناسایی و فرموله شده و به‌صورت تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. تاثیرات مختلف عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی بر آفات و بیماری‌های مختلف، مکانیسم عمل پیچیده، امنیت نسبی بالا، زیست تخریب بودن، قابلیت تلفیق با سایر روش‌های کنترل و در موارد متعددی تولید و فرمولاسیون راحت به‌عنوان مزایای این ترکیبات به‌شمار می‌روند. در بررسی حاضر کاربرد، مزایا و معایب متابولیت‌های گیاهی در کنترل آفات مرور شده است.

واژه‌های کلیدی: اسانس، عصاره، گیاهان دارویی، مکانیسم عمل

مقدمه

موضوع مدیریت آفات یکی از پرچالش‌ترین مرحله از مراحل داشت و انبارداری محصولات کشاورزی مختلف است. گیاهان زراعی، باغی، زینتی و سبزی و صیفی‌جات مختلف در مراحل مختلف رشدی خود در معرض آفات و بیماری‌های مختلفی قرار می‌گیرند. خسارت وارده توسط این عوامل به قدری بالا است که از دیدگاه کمی، در اصل انسان از بقایای گیاهی که آفات از بین نبرده‌اند استفاده می‌کند. روش‌های مختلف کنترل آفات چه غیر شیمیایی و چه شیمیایی کنترل محدودی بر آفات دارند و اغلب با پتانسیل سازگاری بالای حشرات، کارآیی خود را از دست می‌دهند. روش کنترل شیمیایی با استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی به‌دلیل سرعت اثر بالا نقش بسیار موثری در کاهش جمعیت آفات مختلف دارند. ولی مسائل مختلف پیش روی استفاده از این ترکیبات شیمیایی همانند؛ ظهور مقاومت تقاطعی و چندگانه کارایی مطلق این عوامل را تحت تاثیر قرار داده است (Agatz et al. 2020). معرفی آفت‌کش‌های با روش تاثیر متفاوت، استفاده از روش‌های مدیریتی مختلف مانند غلظت‌های زیرکشنده، تلفیق عوامل کنترلی مختلف و بخصوص استفاده از آفت‌کش‌های بر پایه ترکیبات گیاهی به‌عنوان راه‌کارهای موثر پیشنهاد شده است. ولی به‌دلیل تنوع بالای

آفات گیاهی و خسارات متنوعی که بوجود می‌آورند لزوم معرفی آفت‌کش‌های جدید بیش از پیش مشخص و ضروری است. در این بین متابولیت‌های گیاهان به‌عنوان کاندید مناسب پیشنهاد شده‌اند. تنوع بالای متابولیت‌های گیاهی در یک گیاه و تیره‌های مختلف گیاهی موجب شده است که در دهه‌های اخیر تمرکز اغلب مطالعات در حوزه حفظ نباتات بر شناسایی ترکیبات موثر از گیاهان در راستای کنترل آفات در شرایط مزرعه‌ای و انباری باشد (Pino et al. 2013). تنوع بسیار بالای متابولیت‌های گیاهی، اثرات مختلف کشندگی، زیرکشندگی، تدخینی و تاثیر بر رفتار حشرات، تلفیق‌پذیری با سایر روش‌های کنترل، امنیت نسبی بالا برای انسان و محیط زیست و زیست‌تخریب‌پذیری بالا مواردی هستند که جایگاه منابع گیاهی را در آینده کنترل آفات پایدارتر کرده است. با این وجود اگر برنامه تولید و فرمولاسیون این ترکیبات به‌صورت طبیعی مدنظر باشد، هزینه بالایی برای کاشت، استخراج، شناسایی، خالص‌سازی و فرمولاسیون ترکیبات موثر وجود دارد.

روش بررسی و گردآوری اطلاعات

در بررسی حاضر از منابع مختلف علمی معتبر چاپ شده در نشریه‌های مختلف در حوزه مدیریت آفات استفاده شده است. هر چند موضوع کنترل آفات با استفاده از متابولیت‌های گیاهی بسیار گسترده و متنوع است، در بررسی حاضر سعی شده است اهم موارد از نظر کاربرد عملی این ترکیبات مطرح و مورد بحث قرار گیرد.

متابولیت‌های ثانویه گیاهی

متابولیت‌های ثانویه گیاهی ترکیباتی هستند که اغلب در شرایط استرس توسط گیاهان تولید شده و نقش مستقیمی در نشو و نمای طبیعی گیاهان ندارند. این ترکیبات نقش بسزایی در بقای گیاهان و غلبه بر انواع استرس‌های محیطی دارند. این ترکیبات به‌عنوان سد دفاعی گیاهان علیه آفات و بیماری‌های مختلف عمل کرده و نقش موثری در جلب گرده افشان‌های مختلف و انتشار بذور گیاهان دارند. ساختمان شیمیایی این متابولیت‌ها در اغلب گیاهان شناسایی و مشخص شده است. عمده گروه‌های شیمیایی این ترکیبات شامل؛ ترپنوئیدها، فنل‌ها، آلکالوئیدها و ترکیبات متنوع دیگر است. بیش از ۵۰۰۰۰ نوع متابولیت از گیاهان مختلف شناسایی شده است و مطالعات بسیار گسترده‌ای در خصوص اثرات دارویی این ترکیبات در درمان بیماری‌های مختلف صورت گرفته و در حال انجام است (Kabera et al. 2014; Kortbeek et al., 2018). روغن‌های ضروری، ترکیبات طبیعی فراری هستند که در بافت‌های مختلف گیاهان معطر یافت می‌شوند. این ترکیبات به‌دلیل ماهیت آبگریز بودن، با روش‌های مختلف استخراج در فاز بخار انواع حلال‌ها از بافت‌های گیاهان جداسازی می‌شوند. تمرکز اغلب مطالعات صورت گرفته در امر مدیریت آفات، استفاده از این ترکیبات در بحث دورکنندگی علیه آفات مختلف بخصوص آفات انباری بوده است (Quintana et al. 2009). این ترکیبات در مواردی نقش بسیار موثری در دفع آفات با تاثیر بر رفتار حشرات دارند (Jyotsna et al. 2024). همچنین استفاده از عصاره‌های گیاهی نیز با استخراج انواع متابولیت‌های گیاهی بسته به نوع حلال مورد استفاده در فرآیند استخراج، مورد توجه محققین مختلف بوده‌اند (Hatami et al. 2022). این ترکیبات نیز با مکانیسم‌های مختلف در کنترل آفات موثر هستند.

اثرات مختلف متابولیت‌های گیاهی بر آفات

مطالعات مختلف نشان داده است که متابولیت‌های گیاهی در بستر اسانس و یا عصاره‌های گیاهی اثرات زیستی، فیزیولوژیکی و رفتاری مختلفی بر حشرات مختلف دارند. در ادامه تاثیرات مختلفی که این ترکیبات بر آفت دارند با ذکر مثال‌هایی ذکر می‌گردد.

اثرات دورکنندگی (Repellent): مطالعات متعددی در خصوص اثرات دورکنندگی اسانس و عصاره گیاهان مختلف بر آفات صورت گرفته است. دورکنندگی به‌عنوان ابزاری قدرتمند در مدیریت آفات مطرح است. بخصوص اثرات دورکنندگی علیه آفات بهداشتی بیشتر مورد توجه بوده است. با این وجود اثرات دورکنندگی اسانس‌های گیاهان مختلف بر آفات مختلف در شریط انباری نیز مورد توجه محققین مختلف بوده است (Divekar et al., 2022). ترکیبات موثر در بروز این رفتار در حشرات موجب دورشدن حشرات از منبع متابولیت به‌دلیل القای رفتار جهت‌گیری منفی (Negative orientation) بر سیستم عصبی حشرات می‌شوند. مطالعاتی که در این حوزه صورت می‌گیرد، با تکیه بر ابزارهای دقیقی مانند اولفکتومتر، الکتروانتنوگرام، و الکتروانتنوگرام متصل به GC صورت می‌گیرد. ترکیبات به‌صورت خام، تلفیقی از متابولیت‌هایی که در فرایند استخراج حاصل شده‌اند و یا ترکیبات خالص در مطالعات پیشرفته‌تر بررسی می‌شوند. موضوع خالص‌سازی متابولیت و استفاده در امر مدیریت آفات با روش دورکنندگی هزینه بالایی داشته و در مواردی بیوسنتز این ترکیبات با استفاده از باکتری‌ها و یا مخمرها انجام گرفته است. مطالعات مشخص کرده است که اثرات دورکنندگی علاوه بر گونه گیاهی به تیپ‌های زیستی گیاهان، گونه حشره، غلظت ترکیبات، مرحله زیستی حشره و شرایط آزمایشات نیز بستگی دارد. به عبارتی دستیابی به فرمولاسیون موثر مستلزم غربالگری منابع گیاهی مختلف است. همچنین فرمولاسیون این ترکیبات چه در فرم اسانس و یا عصاره نقش بسیار موثری در تاثیر این ترکیبات بر آفت مورد نظر دارد (Mohammadi et al. 2022).

اثرات کشندگی (Lethal toxicity): شاید مهم‌ترین انتظاری که از یک ترکیب شیمیایی آفت‌کش وجود دارد تاثیر سریع بر آفات هدف باشد. این اثر در سم شناسی به نام اثر کشندگی حاد موسوم بوده و هدف ،کنترل سریع جمعیت آفت است که طبیعتا به دوز آفت‌کش و تعداد دفعات استفاده بستگی دارد. عوامل متعددی در پذیرش یک عامل کنترلی به‌عنوان آفت‌کش موثر است. مسائل زیست محیطی، عدم تاثیر بر موجودات غیر هدف و دشمنان طبیعی، امکان فرمولاسیون، پایداری نسبی بالا، تلفیق‌پذیری با سایر روش‌های کنترل آفات و زیست‌تخریب‌پذیری مناسب، فاکتورهای مهم در راستای مقبولیت یک عامل کنترلی هستند. ترکیبات گیاهی به‌دلیل منشا زیستی که دارند از جنبه‌های مختلف کاندید مناسبی برای معرفی به‌عنوان یک آفت‌کش هستند. موارد متعددی از فرمولاسیون‌های تجاری ترکیبات گیاهی توسط شرکت‌های مطرح تولید کننده ترکیبات شیمیایی کشاورزی ارائه شده است. موضوع بسیار مهم، مکانیسم عمل این ترکیبات به‌عنوان یک آفت‌کش موثر و قاطع در مدیریت آفات است. ذاتا تاثیر بر مسیرهای بیوشیمیایی حیاتی در بدن حشرات مانند سیستم عصبی، سیستم ماهیچه‌ای، سیستم گوارشی، متابولیسم، سنتز لیپید و تاثیر بر هورمون‌ها مکانیسم‌هایی هستند که در آفت‌کش‌های سریع‌الاثر مدنظر قرار گرفته است و ترکیبات گیاهی با مکانیسم‌های عمل پیچیده و در مواردی چندجانبه (تاثیر بر بیش از یک سیستم زیستی) آفات را کنترل می‌کنند (Abdullah et al., 2024). مهار آنزیم استیل‌کولین استراز، مهار سنتز فنل اکسیداز و مهار آنزیم‌های گوارشی مختلف مانند آلفا-آمیلاز و پروتئاز مواردی بوده که در کشور مورد توجه محققین بوده است (Walkowiak-Nowicka et al., 2023; Chamani et al., 2025). اثرات ضد تغذیه‌ای متابولیت‌های مختلف گیاهی نیز در منابع مختلف علیه آفات مختلف گزارش شده است (Adeyemi 2011).

اثرات بیولوژیکی (Biological effects): اثرات مختلف بیولوژیکی و به نوعی اثرات زیرکشندگی آفت‌کش‌ها به‌عنوان ابزاری موثر در مدیریت آفات و کاهش سرعت مقاومت به آفت‌کش‌ها مطرح است. در واقع جمعیتی از آفت هدف که در اثر برخورد با دوزهای بالای آفت‌کش زنده می‌مانند، اثرات مزمنی از این آفت‌کش دریافت می‌کنند که در قالب اثرات زیستی مورد بررسی قرار می‌گیرد. اثرات زیستی شامل تاثیر بر مرگ و میر آفت در طی زمان طولانی‌تر (در

مقایسه با سمیت حاد)، تاثیر بر وزن مراحل مختلف رشدی که در نهایت باروزی و زادآوری را متاثر خواهد کرد، تاثیر بر طول دوره رشدی مراحل نابالغ، درصد ظهور شفیره و حشرات کامل (در حشرات با دگردیسی کامل)، باروری حشرات بالغ ظاهر شده، بدشکلی در حشرات کامل، دیاپوز، کاهش توان ایمنی حشرات و موارد متعدد دیگر است که به‌عنوان اثراتی با ارزش در مدیریت جمعیت آفات مورد استفاده قرار می‌گیرند. مشخص گردیده است که غلظت‌های زیرکشنده عصاره و اسانس گیاهان مختلف توان تاثیرگذاری بر بیولوژی آفات را دارند. موارد متعددی از اثرات ضد تغذیه‌ای و مهار آنزیم‌های گوارشی حشرات گزارش شده است که در ارتباط با سوء تغذیه و منتج به تغییر در بیولوژی نرمال حشره بوده است (Chamani et al., 2025). با توجه به اینکه غذا مهم‌ترین فاکتور در بیولوژی حشرات بوده و هر گونه کاهش کمیت و کیفیت آن، به شدت بر نشو و نمای حشرات تاثیر دارد و مواردی مانند تغییر در طول دوره رشدی لاروی، کاهش معنی‌دار در وزن لاروها، ظهور حشرات کامل و مرگ در طی دوره نشو و نما گزارش شده است (Gallon and Gobbo-Neto 2021). تاثیر متابولیت‌های گیاهی بر دشمنان طبیعی نیز اهمیت بسزایی دارد. شاید مهم‌ترین مزیت یک ترکیب شیمیایی که به‌صورت تجاری برای کنترل کاربردی آفات مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد، سازگاری با دشمنان طبیعی و عدم تاثیر سوء بر نشو و نمای شکارگرها و یا پارازیتوئیدهای آفات باشد. مطالعات مختلفی این موضوع را هدف قرار داده و اثرات مختلفی از تاثیر این عوامل گزارش شده است. با توجه به انتخاب آفات به‌عنوان میزبان برای پارازیت‌ها که تخصصی‌تر از شکارگرها هستند فاکتور دورکنندگی این عوامل مورد بررسی قرار گرفته است (Lemay et al., 2022). همچنین تاثیر فیزیولوژیکی میزبان‌های در معرض قرار گرفته، بر نشو و نما و در مجموع موفقیت عامل در غلبه بر سیستم ایمنی آفت اهمیت زیادی دارد که در تحقیقات مختلف نتایج متفاوتی حاصل شده است (Mohammadi et al. 2024).

تلفیق‌پذیری با سایر عوامل کنترل

تلفیق عوامل مختلف کنترل ابزاری برای هم‌افزایی عوامل در کاهش جمعیت آفت هدف و مدیریت مقاومت به آفت‌کش‌های مختلف است. همچنین به‌دلیل کاهش دوز مصرفی آفت‌کش‌های مورد استفاده در تلفیق، اثرات سوء از جمله تاثیر بر دشمنان طبیعی و اثرات زیست محیطی و بقایای سموم نیز کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند. متابولیت‌های موثر گیاهان می‌توانند به‌عنوان یک بازوی قدرتمند در مدیریت تلفیقی آفات مورد استفاده قرار گیرند. موارد متعددی از مطالعات مبنی بر اثرات سینرژیستی ترکیبات گیاهی در تلفیق با عوامل متعدد دیگر مانند؛ آفت‌کش‌های مصنوعی، خود ترکیبات گیاهی، عوامل کنترل میکروبی و حتی عوامل بیوکنترل ماکرو گزارش شده است. ترکیبات گیاهی با اختلال در سامانه‌های مختلف زیستی حشرات موجب تضعیف آفت شده و کارایی عامل دوم که با مکانیسم عمل متفاوتی موثر است را افزایش می‌دهد (Akbar et al., 2024). هر چند موارد متعددی اثرات آنتاگونیستی نیز در تلفیق ترکیبات گیاهی با روش‌ها و یا عوامل کنترلی دیگر نیز گزارش شده است. با توجه به توسعه فرمولاسیون‌های ترکیبی آفت‌کش‌های مختلف، واکنش‌های شیمیایی محتمل مواد موثر هر ترکیب بر دیگری، اسیدیته و مواد همراه برای فرمولاسیون می‌تواند در ارائه فرمولاسیونی موثرتر و پایدارتر موثر واقع شود (Dassanayake et al., 2021). به عبارتی تلفیق‌پذیری عوامل کنترلی بخصوص ترکیبات شیمیایی طبیعی و مصنوعی از نظر واکنش‌های شیمیایی ممکن و تاثیر سوء بر یکدیگر علاوه بر تاثیر مثبت تلفیق بر آفت اهمیت دارد که در فرمولاسیون‌های ترکیبی باید مورد توجه قرار گیرد (Mohammadi et al. 2024).

فرمولاسیون و کاربرد ترکیبات گیاهی در امر کنترل آفات

فرمولاسیون یک ترکیب موثر جهت تجاری‌سازی و کاربرد آن در شرایط مزرعه‌ای با اهداف مختلفی صورت می‌گیرد. افزایش پایداری، امکان استفاده در انواع سمپاش‌ها، افزایش چسبندگی و افزایش اثر با استفاده از ترکیبات سینرژیستی از اهم این موارد هستند. انواع مختلف فرمولاسیون‌ها برای آفت‌کش‌ها وجود دارد که با توجه به ماهیت شیمیایی ماده موثر، آفت هدف و شرایط استفاده عملی در مزرعه توسعه می‌یابند. اسانس گیاهان معطر ماهیت چربی دوستی داشته و طبیعتا به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور در فرمولاسیون مد نظر قرار می‌گیرند. ولی عصاره‌های گیاهان بسته به نوع حلال به‌کار رفته در فرایند استخراج می‌تواند طیف گسترده‌ای از قطبیت و حلالیت در حلال‌های مختلف را داشته باشد. بخصوص اسانس‌های مشتق شده از گیاهان به‌دلیل ماهیت فرار بودن به‌صورت میکرو و نانوکپسول فرموله می‌شوند. در صورتی که هدف فرمولاسیون، دورکنندگی این عوامل بر آفات باشد استفاده از فرمولاسیون آهسته‌رها (Slow release formulation) نقش بسزایی در افزایش کارایی آنها دارد. همچنین ماهیت زیست تخریب پذیری ترکیبات گیاهی که به‌عنوان یک مزیت تلقی می‌شود در فرمولاسیون آنها یک عیب بوده و با اعمال ترکیبات شیمیایی مختلف باید تا حدودی پایداری در محیط افزایش پیدا کند. دوام آفت‌کش تحت تاثیر فاکتورهای مختلف طبیعی زنده و غیر زنده مانند نور، دما، اشعه ماوراء بنفش خورشید، تجزیه میکروبی و میزان پایداری در سطح گیاه قرار دارد. به عبارتی فرمولاسیون یک ترکیب گیاهی در ارتباط مستقیم با حصول نتیجه قابل قبول از آن در کنترل آفت است. مایع غلیظ امولسیون شونده، میکرو و نانو امولسیون، مایع غلیظ قابل حل در آب، فرمولاسیون آهسته رها و انواع دیگر فرمولاسیون‌ها برای ترکیبات گیاهی مورد استفاده قرار گرفته است (Boate and Otayor 2020; Pant et al., 2021).

ویژگی‌های مثبت ترکیبات گیاهی در امر کنترل آفات

با توجه به موارد اشاره شده در بندهای مختلف، به نظر می‌رسد ترکیبات گیاهی اعم از عصاره‌ها و اسانس‌ها مزایای متعددی برای استفاده کاربردی در امر کنترل آفات داشته باشند. معرفی آفت‌کش‌های با مکانیسم عمل متفاوت، در دسترس بودن و تنوع بسیار بالای گیاهان دارویی در کشور، امکان کشت و کار به‌صورت دیم و سازگاری بالای گیاهان بومی بخصوص با شرایط کم‌آبی و انواع استرس‌های محیطی، تلفیق‌پذیری با سایر روش‌های کنترل آفات، اثرات زیستی و زیرکشندگی قابل قبول، زیست تخریب‌پذیری بالا، امکان فرمولاسیون و کاربرد تجاری، عدم تاثیر سوء بر انسان و محیط زیست، اثر سوء کمتر بقایای ترکیبات بر روی محصولات کشاورزی از مهم‌ترین مزایای ترکیبات گیاهی برای کاربرد به‌عنوان آفت‌کش محسوب می‌شوند (Boate and Otayor 2020; Divekar et al., 2022). موارد متعددی از تاثیر بر عوامل مختلف مانند حشرات، قارچ‌ها و باکتری‌ها گزارش شده است. یعنی شاید بتوان از تلفیق چند ترکیب گیاهی فرمولاسیونی با طیف اثر گسترده‌تر ارائه داد. با توجه به زیرساخت تکاملی و ارتباط تکاملی تنگاتنگ بین گیاه-خواران و گیاهان، احتمال دست‌یابی به ترکیبات شیمیایی اختصاصی و تولید ترکیبات انتخابی نیز وجود دارد. با توجه به تاثیر ترکیبات گیاهی بر انواع سیستم‌های فیزیولوژیکی آفات مختلف به نظر می‌رسد گیاهان با مطالعات گسترده و غربالگری با روش‌های استاندارد زیست‌سنجی کاندید بسیار مناسبی برای توسعه آفت‌کش‌های اختصاصی با منشا طبیعی باشند (Elshafie, et al., 2023).

معایب عمده ترکیبات گیاهی در کنترل آفات

ترکیبات گیاهی نیز مانند تمام عوامل کنترلی، مشکلات و معایبی می‌توانند داشته باشند که مانع توسعه گسترده آنها در امر کنترل آفات باشد. شاید مهم‌ترین عیبی که بتوان برای این ترکیبات ذکر کرد، دستیابی به منابع گیاهی و

گستردگی محدود مناطق رشدی گیاهان دارویی باشد. کشت و کار گیاهان دارویی موضوعی است که با توجه به سازگاری این عوامل با محل رشد طبیعی و ارتباط تنگاتنگ تجمیع متابولیت‌های موثر بر آفات با محل رشد و استرس‌های محیطی مختلف موجود محدودیت‌هایی را پیش روی محققین و تولیدکنندگان قرار داده است. کمبود منابع آبی کشور، اولویت محصولات کشاورزی برای کشت و کار و توسعه روزافزون ترکیبات شیمیایی مصنوعی موانع دیگری هستند که باعث محدود شدن توسعه روش‌های کنترل مبنتی بر ترکیبات گیاهی هستند. موضوع دیگر در خصوص ترکیبات گیاهی، ناشناخته بودن مکانیسم عمل این ترکیبات است که خود هر چند موجب کنترل موثر آفات می‌شوند ولی احتمال تاثیر سوء بر میکروبیوم، همزیست‌ها و موجودات غیر هدف را افزایش می‌دهد و این موضوع مستلزم صرف هزینه برای راستی آزمایی و اثبات امن بودن در این حوزه است (Boate and Otayor 2020). اثرات زیستی و زیرکشندگی ترکیبات گیاهی بسیار با ارزش است ولی پذیرش جامعه کشاورزی برای این نوع ترکیبات خود مسئله مهم دیگری است. چون کشاورز دنبال ترکیب شیمیایی است که اثرات حاد داشته و با سرعت آفات را حذف کنند، نه ترکیباتی که امن برای محیط زیست و دشمنان طبیعی و سایر مزایای دوزهای زیرکشنده باشد. شاید دلیل توسعه بسیار زیاد ترکیبات شیمیایی مصنوعی در مقایسه با ترکیبات شیمیایی طبیعی بازار فروش و بعد اقتصادی قضیه باشد. موضوع بعدی ناشناخته بودن مقاومت احتمالی آفات به این ترکیبات است. به‌دلیل ماهیت شیمیایی طبیعی این ترکیبات و ارتباط تکاملی آفات با طیف گسترده‌ای از گیاهان، احتمال بروز مقاومت در آفات نسبت به این فرمولاسیون‌ها دور از انتظار نیست. هر چند با فرمولاسیون، تلفیق با سایر ترکیبات شیمیایی، استفاده دوره‌ای از ترکیبات مختلف با مکانیسم عمل متفاوت و استفاده از دوزهای زیرکشنده، بتوان مقاومت را به تعویق انداخت (Lavecchia et al., 2013).

آینده استفاده از ترکیبات گیاهی در مدیریت آفات

با توجه به تنوع آفات، سازگاری بالای آفات با شرایط اقلیمی مختلف، تنوع کشت و کار محصولات کشاورزی چه در مزرعه و چه در گلخانه‌ها و گزارشات متعدد بروز مقاومت به آفت‌کش‌های متداول به نظر می‌رسد نیاز به ترکیبات شیمیایی و روش‌های کنترل جدید امری ضروری در آینده باشد. مکانیسم عمل پیچیده ترکیبات گیاهی، کنترل موثر این ترکیبات و امکان فرمولاسیون آنها برای استفاده کاربردی در مزرعه و انبارها مزایای اصلی این ترکیبات در راستای جایگزینی با ترکیبات شیمیایی متداول است. گسترش بیماری‌های انسانی موضوع بسیار مهم دیگری است که با کاربرد لجام گسیخته و سلیقه‌ای آفت‌کش‌های متداول شیمیایی مصنوعی سرعت بیشتری گرفته است (Boate and Otayor 2020). با توجه به امنیت نسبی ترکیبات گیاهی، امید برای جایگزینی با روش‌های کنترل متداول که اغلب شیمیایی مصنوعی است را افزایش داده است. شناسایی ترکیبات شیمیایی و مسیرهای بیوشیمیایی دخیل در تاثیر این ترکیبات بر آفات می‌تواند ارائه ترکیبات شیمیایی مصنوعی بر پایه ترکیبات گیاهی را تسریع بخشد. از نظر تاریخی پایه شیمیایی ترکیبات مختلف موثر معمول کنونی گیاهان، باکتری‌ها و قارچ‌ها هستند. مثلا پایریتروئیدها از گل داوودی، ترکیبات کاربامات از گیاهان تیره لگوم و ترکیبات نیکوتینی از تنباکو استحصال شده‌اند. گیاهان مختلف بخصوص گیاهان دارویی پتانسیل بالایی برای شناسایی و معرفی آفت‌کش‌های طبیعی با مکانیسم عمل متفاوت و جدید برای غلبه بر مقاومت آفات به آفت‌کش‌ها دارند (Adeyemi 2011; Zhang et al., 2025).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به مطالب مطرح شده در بررسی حاضر، پتانسیل بالای ترکیبات گیاهی در مدیریت آفات مختلف مشخص می‌گردد. تنوع بالای این ترکیبات، مکانیسم عمل متفاوت و همچنین اثرات زیستی متعددی که بر آفات

مختلف دارند موجب شده است بتوان از آنها به‌عنوان جایگزین ترکیبات شیمیایی مصنوعی متداول و یا همراه آنها در مدیریت آفات مختلف استفاده کرد. با توجه به لزوم معرفی ترکیبات موثر جدید بر آفات مختلف به‌دلیل بروز مقاومت به آفت‌کش‌های متداول و تنوع بسیار بالای گیاهان و اقلیم‌های رشد گیاهان در کشور، تحقیق و توسعه آفت‌کش‌های بر پایه متابولیت‌های گیاهی می‌تواند در نیل به امنیت و ایمنی غذایی موثر واقع شود.

منابع

Abdullah, R.R.H., Abd El-Wahab, A.H. and Abd El-Salam, S.A. (2024). Insecticidal activity and possible modes of action of secondary metabolites of some fungal strains and wild plants as natural pesticides against *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Basic Applied Sciences*, 13,9 https://doi.org/10.1186/s43088-024-00467-z

Adeyemi, M.M.H. (2010). The potential of secondary metabolites in plant material as deterents against insect pests: A review. *African Journal of Pure and Applied Chemistry* 4(11): 243-246.

Agatz, A., Ashauer, R., Sweeney, P. and Brown, C.D. (2020). A knowledge-based approach to designing control strategies for agricultural pests. *Agricultural Systems*, 183, 102865, https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102865.

Akbar, R., Afzal, S., Sun, J., Faheem, B., Bibi, R., Azad, R., Farid, A., Ahmad, H.I., Ataya, F.S., Khan, M.A., Khan, I.A., Usman, A., Alkenani, N.A. (2024). Efficacy of various plant extracts and synergism against domestic species of rice weevil *Sitophilous Oryzae* (Curculionidae: Coleoptera). *Polish Journal of Environmental Studies* 33 (3): 3033-3044.

Boate, U.R., and Otayor, R.A. (2020). Review on the bio-insecticidal properties of some plant secondary metabolites: types, formulations, modes of action, advantages and limitations. *Asian Journal of Research in Zoology* 3 (4):27-60. https://doi.org/10.9734/ajriz/2020/v3i430099.

Chamani, M., Dadpour, M., Dehghanian, Z., Panahirad, S., Chenari Bouket, A., Oszako, T., and Kumar, S. (2025). From digestion to detoxification: exploring plant metabolite impacts on insect enzyme systems for enhanced pest control. *Insects*, 16(4), 392. https://doi.org/10.3390/insects16040392.

Dassanayake, M.K., Chong, C.H., Khoo, T.-J., Figiel, A., Szumny, A., and Choo, C. M. (2021). Synergistic field crop pest management properties of plant-derived essential oils in combination with synthetic pesticides and bioactive molecules: A Review. *Foods*, 10(9), https://doi.org/10.3390/foods10092016

Divekar, P.A., Narayana, S., Divekar, B.A., Kumar, R., Gadratagi, B.G., Ray, A., Singh, A.K., Rani, V., Singh, V., Singh, A.K., Kumar, A., Singh, R.P., Meena, R.S. and Behera, T.K. (2022). Plant secondary metabolites as defense tools against herbivores for sustainable crop protection. *International Journal of Molecular Science*, 23(5):2690. doi: 10.3390/ijms23052690. PMID: 35269836; PMCID: PMC8910576

Elshafie, H. S., Camele, I., & Mohamed, A. A. (2023). A comprehensive review on the biological, agricultural and pharmaceutical properties of secondary metabolites based-plant origin. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(4), 3266. https://doi.org/10.3390/ijms24043266.

Gallon, M.E. and Gobbo-Neto, L. (2021). Plant metabolites involved in the differential development of a Heliantheae-specialist insect. *Metabolites* 11, 134. https:// doi.org/10.3390/metabo11030134

Hatami, A, Mohammadi, D. and Eivazian Kary, N. (2022). Comparing oral toxicity of *Apium graveolens* and *Falcaria vulgaris* extracts with Bt against *Phthorimaea operculella*. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, *11*(3), 17-32. doi: 10.22034/arpp.2022.15186.

Justin, N. Kabera, J.N. Semana, E. Mussa, A.R. and He X. (2014). Plant secondary metabolites: biosynthesis, classification, function and pharmacological properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2, 377-392.

Jyotsna, B Patil, S. Prakash, Y.S. Rathnagiri, P. Kavi Kishor, P.B. and Jalaja, N. (2024). Essential oils from plant resources as potent insecticides and repellents: Current status and future perspectives, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 61, 103395, https://doi.org/10.1016/j.bcab.2024.103395.

Kortbeek, R.W.J., van der Gragt, M., Bleeker, P.M. (2018). Endogenous plant metabolites against insects. European Journal of Plant Pathology, https://doi.org/10.1007/s10658-018-1540-6.

Lemay, J., Zheng, Y., and Scott-Dupree, C. (2022). Factors influencing the efficacy of biological control agents used to manage insect pests in indoor Cannabis (*Cannabis sativa*) cultivation. *Frontiers* 4:795989. doi: 10.3389/fagro.2022.79598

Lavecchia, T., Rea, G., Antonacci, A., Giardi, M.T. (2013). Healthy and adverse effects of plant-derived functional metabolites: the need of revealing their content and bioactivity in a complex food matrix. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53(2):198-213. doi: 10.1080/10408398.2010.520829. PMID: 23072533; PMCID: PMC3662084.

Mohammadi, D. Hatami, A. Eivazian Kary, N. and Farshbaf Pourabad, R. (2024). Studying the combination effect of Celery, *Apium graveolens* extracts with Bt, against potato tuber moth *Phthorimaea operculella*. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, 37(4), 363-379. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2023.81209.1137

Mohammadi, D. Rashki Hervan, F. and Farshbaf Pourabad, R. (2024). Effect of formulated essential oil of Ajwain, *Trachyspermum ammi* (L.) on some biological and physiological parameters of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. *Biological Control of Pests and Plant Diseases*, 11 (2), 95-113. DOI: https://doi.org/10.22059/jbioc.2024.370937.328

Mohammadi, D. Sharifi Azar, Z. and Farshbaf Pourabad, R. (2022). Evaluating repellent activity of *Ziziphora clinopodioides* essential oil on some important stored product pests. 8th International Entomopathogens and Microbial Control Congress, October 6-8. Antalya, Turkey.

Pant, P., Pandey, S., and S. Dall'Acqua. (2021). The influence of environmental conditions on secondary metabolites in medicinal plants: A literature review. *Chemistry & Biodiversity* 18(11): e2100345. https://doi.org/10.1002/cbdv.202100345

Pino, O., Sánchez, Y., Rojas, M.M. (2013). Plant secondary metabolites as an alternative in pest management. I: Background, research approaches and trends. *Revista de Protección Vegetal* 28 (2): 81-94

Quintana, L.S.N. Jesus, O.V. and Elena, S. (2009). Repellent activity of essential oils: A review. *Bioresource technology*. 101. 372-8. 10.1016/j.biortech.2009.07.048.

Walkowiak-Nowicka, K., Mirek, J., Chowański, S., Sobkowiak, R. and Słocińska, M. (2023). Plant secondary metabolites as potential bioinsecticides? Study of the effects of plant-derived volatile organic compounds on the reproduction and behaviour of the pest beetle *Tenebrio molitor*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 257,114951, https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114951.

Zhang, X., Xiao, J., Huang, Y. et al. (2025). Sustainable pest management using plant secondary metabolites regulated azadirachtin nano-assemblies. *Natural Communications* 16, 1721. https://doi.org/10.1038/s41467-025-57028-w

Plant Metabolites in Pest Management

Davoud mohammadi[1]*, Naser eivazian Kary[1]
1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: mohamadi@azaruniv.ac.ir

Abstract

Plants have high potential for use in pest control. In fact, from an evolutionary perspective, since plants have been exposed to various biotic and abiotic stresses and have successfully overcome different types of these stresses, the mechanisms involved in overcoming these stresses are considered powerful and efficient tools in overcoming plant pests. Plant secondary metabolites, which exist in various types and levels in different plant species, are part of the plant immune system against herbivores and pathogens. Isolating, identifying, and studying the various biological and behavioral effects of these compounds can pave the way for introducing new compounds in pest control. Despite the significant impact of synthetic chemical compounds in plant pest control, their adverse effects to environment, human health, and most importantly, their reduced efficacy with increasing resistance in various pests, have made their effectiveness as the most effective control method not very sustainable. Through various studies in recent years, effective plant compounds against important pests have been identified, formulated, and are being used commercially. The various effects of plant extracts and essential oils on different pests and diseases, complex mechanisms of action, relatively high safety, biodegradability, ability to integrate with other control methods, and in many cases, ability to production and formulation are considered advantages of these compounds. In the present study, the application, advantages, and disadvantages of plant metabolites in pest control have been reviewed.

Keywords: Essential oil, extraction, medicinal plants, mode of action

تاثیر نانو ذره منیزیم اکسید بر محتوای ترکیبات فنولی و فلاوونوئیدی در کشت‌های درون شیشه زرین گیاه (Boiss. *Dracocephalum kotschy*)

زهرا چکیده خون، عذرا صبورا*[1]، مریم کمالی پور آزاد[1]، سپیده خاکسار[1]
گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشکده، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: saboora@alzahra.ac.ir

چکیده

زرین گیاه (Boiss. *Dracocephalum kotschyi*)، یکی از گیاهان دارویی بومی ایران از تیره نعناعیان است. ریز ازدیادی درون شیشه ای مبتنی بر کشت بافت گیاهی روشی کارآمد جهت تکثیر این گیاه است. در این مطالعه، پس از بررسی پاسخ اندام زایی غیر مستقیم جداکشت میانگره حاصل از کشت بذر تحت تیمارهورمونی، تاثیر اسپری نانوذرات منیزیم اکسید بر تغییر پارامترهای بیوشیمیایی اندام هوایی گیاهچه‌ها ارزیابی شد. برای القای اندام زایی غیر مستقیم جداکشت میانگره در محیط کشت MS حاوی ۵ میلی‌گرم در لیتر BAP و ۰/۲۵ میلی‌گرم در لیتر NAA کشت شد. نانوذره منیزیم اکسید در غلظت‌های ۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر روی نوشاخه‌ها اسپری شد. نتایج نشان داد با افزایش غلظت نانوذره محتوای ترکیبات فنولی به تدریج نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. به طوری که بیشترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ mg/L منیزیم اکسید بود. بیشترین محتوای ترکیبات فلاوونوئیدی نوشاخه‌ها در تیمار ۵۰ mg/L منیزیم مشاهده گردید. محتوای ترکیبات فنولی تام از محتوای ترکیبات فلاوونوئیدی تام بیشتر بود. افزایش این متابولیت‌های ثانویه به عنوان بخشی از پاسخ سیستم دفاعی غیر آنزیمی نشان می‌دهد نانو ذرات منیزیم اکسید می‌تواند به عنوان محرکی مناسب در افزایش متابولیت‌های ثانویه این گیاه دارویی ارزشمند باشد.

واژه‌های کلیدی: الیسیتور، کشت بافت، محتوای ترکیبات فنولی، محتوای فلاوونوئید تام، نانوذرات منیزیم اکسید

مقدمه

زرین گیاه یا بادرنجبویه دنایی با نام علمی *Dracocephalum kotschy* Boiss یکی از گیاهان دارویی و معطر تیره نعناعیان می‌باشد. این گیاه دارویی بومی ایران بوده و دارای ترکیبات زیست فعال مناسب برای داروهای پاداکساینده است. امروزه جایگزینی ترکیبات شیمیایی با فرآورده‌های طبیعی و استفاده از فرآورده‌های طبیعی و دارویی گیاهان در صنایع پزشکی، غذایی و دارویی مورد توجه قرار گرفته است. از جمله این ترکیبات پاداکساینده می‌توان به ترکیبات فنولی و فلاوونوئیدی ارزشمند این گیاه اشاره کرد.

فلاوونوئیدها به دلیل توانایی آن‌ها در کاهش تشکیل رادیکال‌های آزاد و از بین بردن آن‌ها فعالیت پاداکسایندگی دارند. لوتئولین (Luteolin) به عنوان مولکول ضد تنش طبیعی و تعدیل کننده بیان ژن‌ها در شرایط تنش، اپی‌ژنین (Apigenin) کنترل کننده سطح کلسترول خون و گزانتومیکرول (Xanthomicrol) با خاصیت ضدتوموری در مهار DNA ایزومراز از جمله فلاونوئیدهای مهم یافت شده در *D. kotschyi* هستند. فلاون‌های متوکسیله نیز مسئول اثرات

ضد سرطانی هستند، در حالی که ترکیبات فنولی مانند کافئیک اسید (Caffeic acid)، کلروژنیک اسید (Chlorogenic acid) و فنیل پروپانوئیدها (Phenylpropanoid) احتمالا مسئول فعالیت پاداکسایندگی هستند (Sadraei et al., 2016).

القای تنش اکسیداتیو با استفاده از نانوذرات در غلظت‌های مناسب و تحریک سیستم دفاعی گیاه، یکی از راه‌های افزایش ترکیبات پاداکساینده و خنثی کردن رادیکال‌های آزاد است. در این میان نانوذرات منیزیم اکسید با توجه به نقش کلیدی این عنصر در فرایندهای متابولیسمی مختلف، با احتمال سمیت پایین گزینه مناسبی برای تحریک متابولیسم گیاه و افزایش متابولیت‌های ثانویه از جمله ترکیبات فنولی و فلاوونوئیدی است.

به دلیل پوشش سخت بذر و جوانه زنی نامنظم این گیاه، کشت بافت به عنوان روشی بهینه برای تکثیر تلقی می‌شود. از طرفی با توجه به خواص دارویی بی شمار این گیاه، افزایش ترکیبات فنولی و فلاوونوئیدی از طریق القای تنش با اسپری نانوذرات منیزیم اکسید بر اندام هوایی آن در این تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد. ضمنا دستیابی به روشی مناسب برای افزایش ترکیبات دارویی مهم این گیاه از طریق کشت بافت، در کارآفرینی و تجاری سازی آینده مثمر ثمر خواهد بود.

مواد و روش‌ها

بذرها با الکل ۷۰٪ و هیپوکلریت سدیم تجاری ۲۰٪ سترون و روی محیط MS جامد فاقد هورمون کشت شدند. کشت‌ها در اتاقک رشد با دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و در دمای ۲۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. میانگره‌های حاصل به منظور اندام زایی غیر مستقیم تحت تیمار هورمونی۵ میلی‌گرم در لیتر BAP و ۰/۲۵ میلی‌گرم درلیتر NAA قرار گرفتند و پس از گذشت ۳۰ روز و ایجاد نوشاخه، نانوذره اکسید منیزیم (MgO از شرکت نانو صدرا مشهد) در غلظت‌های ۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر روی اندام هوایی اسپری شد و پس از ۱۰ روز نمونه‌ها برداشت و سنجش‌ها انجام شد.

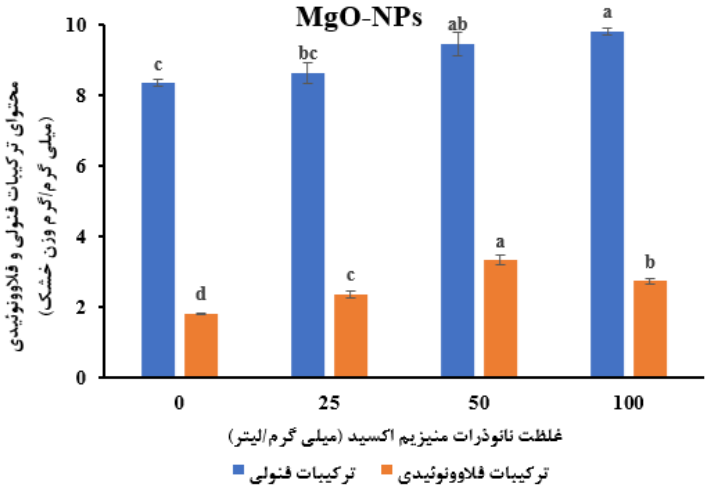
ترکیبات فنول و فلاوونوئیدی بر اساس روش Beketov و همکاران عصاره گیری شد. محتوای ترکیبات فنولی عصاره‌ها با استفاده از معرف فولین-سیوکالتیو (Tunc-Ozdemir et al., 2009) و محتوای فلاوونوئید کل با استفاده از معرف کلریدآمونیوم به روش رنگ‌سنجی اندازه‌گیری شد (Beketov et al.,2005).

آزمایش‌های انجام شده بر اساس طرح بلوک‌های کاملا تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. تجزیه واریانس یکطرفه داده‌ها (ANOVA) با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۷ در سطح $P<۰/۰۵$ تجزیه و تحلیل و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی (Tukey) استفاده شد.

نتایج و بحث

بر اساس شکل ۱ با افزایش غلظت نانوذرات منیزیم اکسید محتوای ترکیبات فنولی به تدریج نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. به طوری که بیشترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ mg/L منیزیم اکسید (۹/۸ mg/g DW) و کمترین مقدار آن در نمونه شاهد (۸/۳mg/g DW) بود.

بیشترین محتوای ترکیبات فلاوونوئیدی نوشاخه‌ها در تیمار ۵۰ mg/L منیزیم اکسید با مقدار ۳/۳mg/g DW و کمترین مقدار آن در نمونه شاهد با مقدار ۱/۸mg/g DW مشاهده گردید. ترکیبات فلاوونوئیدی زیر مجموعه ترکیبات فنولی هستند بنابراین محتوای ترکیبات فنولی تام از محتوای ترکیبات فلاوونوئیدی تام بیشتر بود.



شکل ۱. مقایسه تغییر محتوای ترکیبات فنولی و فلاوونوئیدی در نوشاخه *D. kotschyi* تحت تیمار نانوذرات منیزیم اکسید

شرایط کشت و همچنین استفاده از پیش سازها و الیسیتورها می‌تواند تولید متابولیت‌های ثانویه را در کشت‌های سلولی و اندام افزایش دهد. برخی از مطالعات گزارش کرده‌اند که نانوذرات عرضه شده به محیط کشت در شرایط آزمایشگاهی ممکن است به عنوان یک محرک عمل کنند.

در تنش غیرزیستی، مانند تنش فلزات سنگین، تجمع ROS به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد که به عنوان مولکول‌های پیام رسان، منجر به تجمع فیتوالکسین‌ها مانند ترکیبات فنولی در سلول‌ها و بافت‌های آسیب دیده می‌شود . همچنین در شرایط تنش سلول سیستم‌های تولید پاد اکسایده‌ها از جمله آنزیم‌ها و ترکیبات پاد اکساینده غیرآنزیمی مانند ترکیبات فنولی و فلاوونوئیدی را فعال می‌کند، که مستقیما این ROS را از طریق واکنش‌های ردوکس جفت به منظور جلوگیری از آسیب اکسیداتیو پاکسازی می‌کنند (Zahir et al., 2014). ترکیبات فنولی، با وزن مولکولی کم خود، به طور گسترده در گیاهان یافت می‌شوند. این ترکیبات با فعالیت‌های پاد اکساینده قوی خود، به طور مستقیم یا غیرمستقیم گونه‌های فعال اکسیژن تولید شده تحت تنش فلزات سنگین را از بین می‌برند.

افزایش غلظت ترکیبات فنولی کل در گونه‌های مختلف گیاهان در پاسخ به تنش‌های محیطی مختلف گزارش شده‌است. بر اساس مطالعات Hussain و همکاران (۲۰۱۹) تمام تیمارهای نانوذرت منیزیم اکسید در حضور TDZ که به طور جداگانه یا در ترکیب استفاده می‌شوند، محتوای ترکیبات فلاونوئیدی کل را به طور قابل توجهی افزایش دادند. دلیل افزایش مقدار ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی کل در *D. kotschyi* پس از تیمار با نانوذرات آهن، افزایش بیان ژن‌های دخیل در مسیر فنیل پروپانوئید بیان شد.

تاثیر نانو الیسیتورها بر اساس ماهیت شیمیایی نانوذرات، زمان درمان و همچنین غلظت نانوذرات متفاوت است. حداکثر تولید ترکیبات فنولی در ریشه مویین *D. kotschyi* در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و بعد از ۲۴ ساعت قرار گرفتن در معرض نانوذرات آهن گزارش شده است (Nourozi et al., 2019).

ترکیبات فلاوونوئیدی نیز با خواص مهار رادیکال آزاد، مسئول تشکیل کمپلکس فلزی هستند. پتانسیل پاد اکسایندگی این ترکیبات به گروه‌های هیدروکسیل آن‌ها مربوط می‌شود. این پاد اکساینده‌ها از تشکیل رادیکال‌های آزاد در تنش جلوگیری می‌کنند که ممکن است به مولکول‌های زیستی مختلف آسیب برساند. کاهش ترکیبات فلاوونوئیدی

در تیمار ۱۰۰ mg/L منیزیم اکسید نسبت به تیمار ۵۰mg/L را می‌توان به نقش این ترکیبات در تشکیل کمپلکس فلزی و کاهش تنش مربوط دانست.

نانوذرات منیزیم اکسید، اثر محرکی بر تولید ترکیبات فلاوونوئیدی در گیاهان تربچه (*Raphanus sativus* L.) در معرض تنش سرب نشان دادند (Hussain et al., 2019). تولید افزایش یافته این ترکیبات در *Artemisia absinthium* تحت تنش نانوذرات مس گزارش شده است. همه موارد گفته شده با نتایج مطالعه حاضر از نظر افزایش محتوای ترکیبات فلاوونوئیدی مطابقت دارد. نتایج این پژوهش نشان داد که اسپری نانوذرات منیزیم اکسید در اندام هوایی *D. kotschyi* در شرایط کشت بافت، منجر به افزایش معنی‌دار ترکیبات فنولی و فلاوونوئیدی در مقایسه با شاهد گردید و بیشترین مقدار آن به ترتیب در تیمار ۱۰۰mg/L و ۵۰mg/L حاصل شد. این افزایش می‌تواند به‌عنوان شاخصی از ارتقا خواص دارویی گیاه تلقی شود. با توجه به اینکه اندام هوایی گیاه فوق از جداکشت میانگره حاصل از کشت بذر سترون در آزمایشگاه به‌دست آمده، استفاده از کشت بافت و فناوری نانو به‌طور هم‌افزا می‌تواند بستری مناسب برای تولید پایدار و هدفمند ترکیبات دارویی با ارزش افزوده بالا فراهم آورد. این نتایج نه‌تنها از منظر علمی حائز اهمیت هستند، بلکه از نظر اقتصادی نیز می‌توانند به توسعه روش‌های نوین در تولید صنعتی ترکیبات گیاهی با کیفیت بالا کمک کنند. از این‌رو، بهره‌گیری از نانوفناوری در بهینه‌سازی تولید مواد موثره در گیاهان دارویی می‌تواند به‌عنوان راهکاری نوآورانه در مسیر تجاری‌سازی و توسعه کارآفرینی در این حوزه مطرح شود.

منابع

Beketov EV, Pakhomov VPP, Nesterova OV (2005) Improved method of flavonoids extraction from bird cherry fruits. J Pharm Chem 39:33–35.

Hussain, F., Hadi, F., and Akbar, F. (2019). Magnesium oxide nanoparticles and thidiazuron enhance lead phytoaccumulation and antioxidative response in *Raphanus sativus* L. Environmental Science and Pollution Research, 26, 30333-30347.

Nourozi, E., Hosseini, B., Maleki, R., and Abdollahi Mandoulakani, B. (2019). Iron oxide nanoparticles: a novel elicitor to enhance anticancer flavonoid production and gene expression in *Dracocephalum kotschyi* hairy-root cultures. Journal of the Science of Food and Agriculture, 99(14), 6418-6430.

Sadraei, H., Asghari, G., and Shahverdi, F. (2016). Antidiarrhoeal assessment of hydroalcoholic and hexane extracts of *Dracocephalum kotschyi* Boiss. and apigenin in mice. Research in Pharmaceutical Sciences, 11(3), 200.

Tunc- Ozdemir, M.; Miller, G.; Song, L.; Kim, J.; Sodek, A.; Koussevitzky, SH.; NarayanMISRA, A.; Mitter, R.; Shintani, D. Thiamin confers enhanced tolerance to oxidative stress in *Arabidipsis* Plant Physiology, v.151, p.421-432, 2009.

Zahir, A., Abbasi, B. H., Adil, M., Anjum, S., and Zia, M. (2014). Synergistic effects of drought stress and photoperiods on phenology and secondary metabolism of *Silybum marianum*. Applied biochemistry and biotechnology, 174, 693-707.

The Effect of Magnesium Oxide Nanoparticles on Phenolic and Flavonoid Contents in in vitro Cultures of *Dracocephalum kotschyi* Boiss.

Zahra Chekidehkhoun[1], Azra Saboura[1]*, Maryam Kamalipourazad[1], Sepideh Khaksar[1]
Department of Plant Sciences, Faculty of Biological Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran
Corresponding Author: saboora@alzahra.ac.ir

Abstract

Dracocephalum kotschyi Boiss. commonly known as Zarrin-Giah, is an indigenous medicinal plant of Iran belonging to the Lamiaceae family. In vitro micropropagation based on plant tissue culture is an efficient method for propagating this species. In this study, after evaluating the indirect organogenesis response of internode explants derived from seed culture under hormonal treatments, the effect of spraying magnesium oxide nanoparticles on the biochemical parameters of the aerial parts of plantlets was assessed. For inducing indirect organogenesis, internode explants were cultured on MS medium containing 5 mg/L BAP and 0.25 mg/L NAA. Magnesium oxide nanoparticles at concentrations of 0, 25, 50, and 100 mg/L were sprayed onto the shoots. The results showed that with increasing nanoparticle concentrations, the total phenolic content gradually increased compared to the control, with the highest amount observed in the treatment with 100 mg/L magnesium oxide. The highest flavonoid content of the shoots was recorded in the treatment with 50 mg/L magnesium oxide. Since flavonoid compounds are a subgroup of phenolic compounds, the total phenolic content was higher than the total flavonoids content. The increase in these secondary metabolites, as part of the plant's non-enzymatic defense response, indicates that magnesium oxide nanoparticles can serve as an effective elicitor to enhance the production of secondary metabolites in this valuable medicinal plant.

Keywords: Elicitor, Tissue culture, Total phenolic content, Total flavonoids content, Magnesium oxide nanoparticles

بررسی مروری کاربردهای دارویی، آرایشی- بهداشتی و غذایی میوه و دانه درخت شیا (*Vitellaria paradoxa*)

شهرزاد نصیری سمنانی*

استادیار، گروه میکروبیولوژی، دانشکده علوم پایه، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی زنجان، ایران.

*نویسنده مسئول: shahrzad1348@iau.ac.ir

چکیده

دانه و میوه درخت شیا(*Vitellaria paradoxa*) دارای مصارف گسترده درصنایع دارویی، آرایشی-بهداشتی و غذایی است. میوه شیا خوراکی، خوشمزه و طعمی مانند انجیر دارد. کره شیا، که از دانه‌های شیا تولید می‌شود دارای دو اسید چرب اصلی (اسید استئاریک و اسید اولئیک)، یک چربی طبیعی همه‌کاره که به دلیل طعم خاص و خواص تغذیه‌ای، بهعنوان روغن پخت و پز در تهیه انواع غذاها و باداشتن اسیدهای چرب ضروری و ویتامین‌های جایگزین مقرون به صرفه کره کاکائو در تولید شکلات و شیرینی‌جات با خواص مشابه است که موجب افزایش نرمی و رطوبت درمحصولاتی مانند بیسکویت، شیرینی و نان را می‌شود. کره شیا به دلیل داشتن خواص ضد التهابی و ضد میکروبی، مرطوب‌کنندگی و ترمیم‌کنندگی در درمان برخی بیماری‌های پوستی مانند اگزما و پسوریازیس، زخم‌ها، سوختگی‌ها و حتی به عنوان مسکن برای درد در محصولات دارویی، بهداشتی کاربرد دارد. کره شیا به عنوان یک مرطوب‌کننده قوی و با داشتن آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی از پوست و مو در برابر استرس اکسیداتیو، خشکی، آلودگی و اشعه UV محافظت می‌کنند به دلیل داشتن ویتامین‌های A و E و اسیدهای چرب ضروری، موثر درکاهش علائم پیری پوست و ترمیم بافت‌های آسیب‌دیده در بسیاری از کرم‌ها، لوسیون‌ها و محصولات مراقبت از مو استفاده می‌شود.. هدف این مقاله مروری ارائه یک گزارش در مورد روش استخراج کره و فواید دارویی و غذایی، ارایشی آن است.

واژه‌های کلیدی: پماد موضعی، صابون، کره شی تصفیه شده، کره شی تصفیه نشده.

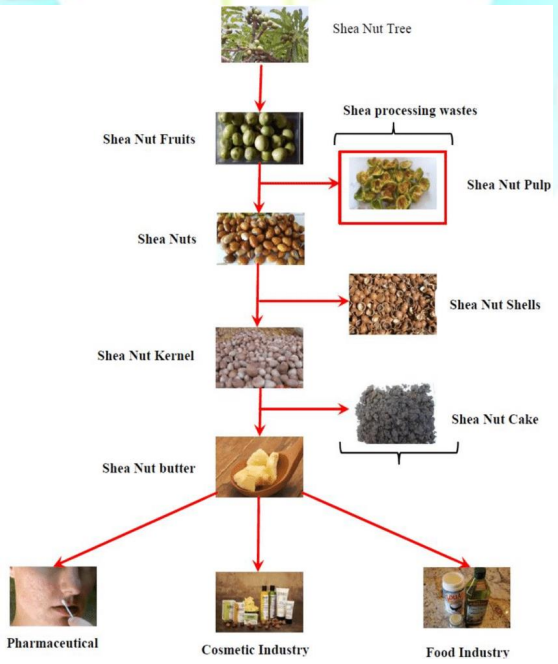
مقدمه

روغن کره شیا در ساخت لوازم آرایشی طبیعی، خمیر دندان، محصولات مراقبت از مو و پوست، امولسیون‌ها، مشروبات الکلی، پمادها و لوازم آرایشی دارویی استفاده شده است. کره شی با نقطه ذوب پایین،مایع،حاوی طیف گسترده‌ای از مواد شیمیایی استخراج شده از دانه درخت شیا (*Vitellaria paradoxa*) بدست می‌آید. این چربی با داشتن اسیدهای استئاریک و اولئیک به صورت محلی برای اهداف مختلفی از جمله سرخ کردن، پخت و پز، صابون‌سازی، کاربردهای دارویی و حتی درمراقبت‌های بهداشتی استفاده می‌شود. خواص درمانی این کره به دلیل وجود اسیدهای چرب و استرول‌های گیاهی مانند اسیدهای پالمیتیک، اولئیک، استریک و لینولئیک توانایی‌اش در مرطوب کردن پوست در روز و درمان آکنه و لکه‌ها از نظر اقتصادی اهمیت دارد. هم چنین به دلیل وجود اسید سینامیک که دارای خواص ضد التهابی است، به کاهش التهاب پوست کمک می‌کند (Israle MO.2014). افزایش قیمت کره کاکائو، افزایش تعداد کاربردهای آن در صنعت لوازم آرایشی، دسترسی آسان به محصولات در بازار و افزایش تعداد بیمارانی که

از بیماری‌های مختلف پوستی رنج می‌برند، و همچنین افزایش تعداد افرادی که به سلامت خود اهمیت می‌دهند و بر حفظ سلامت پوست خود تمرکز می‌کنند، از جمله عوامل اصلی هستند که شیا در صنایع و بازارهای مختلف در سراسر جهان تقاضای زیادی دارد.مروری حاضر با هدف نحوه استخراج، ساختار فیتو شیمیایی و اثرات و کاربردهای متفاوت روغن کره شیا با خواص چندوجهی شی باتر به عنوان منبع جایگزین مواد چرب در تهیه صابون دارویی و تعیین ویژگی‌های شیمیایی صابون تولید شده که ممکن است به انتقال ویژگی‌های دارویی آن کمک کند، پماد سازی و صنایع غذایی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

برای استخراج کره، در ابتدا میوه‌های کاملاً رسیده پس از جمع‌آوری و جدا نمودن پالپ از میوه را در حمام آب ۴۰ تا ۵۰ درجه سانتی گراد جوشانده و برای از پوست درآوردن هسته‌ها آن را در آفتاب خشک و با شکستن هسته‌ها، دانه‌های آن را برشته و له وخمیر می‌کنند تا چربی به امولسیون تبدیل گردد. مخلوط حاصل به آرامی جوشانده و چربی جدا شده با فرآیند خنک‌سازی تبدیل به کره شی می‌شود. در این حالت روغن با رنگ زردروشن)از زرد کم‌رنگ تا زرد(تا سفیدو داشتن ویژگی‌های ذاتی طبیعی دست نخورده و بوی ملایم‌تر است(Shahinuzzaman. 2016). کره‌ی شیا خام، بوی مشخصی دارد که برخی آن را ناخوشایند می‌دانند. با این حال، مورد دوم که برای کره‌ی شیا در غرب آفریقا در مقایسه با شرق آفریقا بیشتر مشهود است، می‌تواند با فرآیندهای مختلف بوزدایی و معطرسازی اصلاح شود (Sanogo R.2016). میزان مواد معدنی کره شی باتر با استفاده از طیف‌سنجی جذب اتمی و آنالیز فعال‌سازی نوترونی ارزیابی شده است. روش‌های سنتی و نیمه‌مکانیزه استخراج کره که کاملاً دستی هستند، حدود ۶۰٪ازکل کره خام تولید شده در منطقه فرعی غرب آفریقا را تشکیل می‌دهند. میزان استخراج روش سنتی تقریباً ۲۰٪ است.به طور کلی، ۱ کیلوگرم دانه شی باتر حدود ۰/۴ کیلوگرم کره شی باتر تولید می‌کند (شکل ۱).



شکل ۱. مراحل کلی فرآیند استخراج سنتی کره شیا

خواص فیزیکی و ساختار شیمیایی ترکیبات کره شی باتر

کره شی باتر محتوی رطوبت(۰/۱٪-۴/۹ ٪)، کربوهیدرات(۲۲,۳گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک)، چربی خام(۷۵,۰ گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک بود، خاکستر (۱/۳ تا۳/۲ گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) است. کره شیا دارای ویتامین A و E به همراه فیتواسترول‌ها و تری‌ترپن‌ها، بیش از ۷۰٪ از کل حاوی تری گلیسیرید ،۵۰٪ اسیدهای چرب شامل ۱(۳)-استئاروئیل-۲-اولئوئیل-۳(۱) پالمیتوئیل گلیسرول (SOP)، ۱،۳-دی‌استئاروئیل-۲-اولئوئیل گلیسرول (SOS) و ۱،۳-دی‌پالمیتوئیل-۲-اولئوئیل گلیسرول (POP) با اسید اولئیک در موقعیت sn-2 در اسکلت گلیسرول، اسیدهای استئاریک و اولئیک، این کره ۸٪مواد غیر صابونی شونده و ۷٪ استرهای مومی، حاوی β-توکوفرول با مقدار زیاد و پس از آن γ-توکوفرول و α-توکوفرول است که در دمای اتاق سخت، قالب‌پذیر و شکننده و در دمای دهان کاملاً ذوب می‌شود (جدول ۱) (Honfo et al., 2014).

جدول ۱. ترکیب مواد مغذی کره میوه شی باتر

کره	موادمعدنی	کره	درصد اسیدهای چرب		
۹/۶	کلسیم	۴	پالمیتیک	۲/۹۷ g/kg	صابون
۰/۸	مس	۴۱/۵	استارئیک	۴/۵ g/kg	تئوبرومین
۳/۶	آهن	۴۶/۴	اولئیک	۶/۲۸ -۶/۷۱DM%	تانن قابل هیدرولیز
۲/۲	پتاسیم	۶/۶	لینولوئیک	۶/۹۸ -۶/۷۳DM%	فنل کل
۴/۵	منیزیم	۱/۳	آراشیدیک	۴/۹۹mg/g	صابون
۰/۰۰۶	منگنز	درصد	ماکرو نوترینت	۲۴۲mg/g	تانن
	فسفر	۲۲/۳	کربوهیدرات	+	گلیکوزیدها، فنول‌ها
۴/۲	سدیم	۷۵	چربی خام	+	صابون‌ها، تانن‌ها
۲/۷	روی	۲/۳	خاکستر	+	ترپن‌ها، آلکالوئیدها

کاربردها

کره شی عمدتاً برای اهداف صنعتی مورد مصرف قرار می‌گیرد. ۹۰٪ از کره صادراتی به شکلات و شیرینی‌جات می‌رود، ۱۰٪ در لوازم آرایشی و دارویی استفاده می‌شود. روغن کره شیا تصفیه شده یا نشده دارای کاربردهای مختلفی در صنایع آرایشی، دارویی و غذایی زیادی می‌باشد (Sarasan, G.2014). کره شی تصفیه نشده درجه ۱ برای صنایع آرایشی و/یا دارویی و برای مصرف مستقیم در نظر گرفته شده است، دسته دوم (درجه ۲) برای صنایع غذایی (شیرینی‌پزی، کارخانه‌های شکلات، آشپزخانه و مارگارین در نظر گرفته شده است، در حالی که دسته سوم (درجه ۳) برای صابون و مصرف مستقیم پس از تصفیه است.

کاربردهای دارویی

این روغن موجب کاهش تومورها و سرطان‌هایی مانند لوسمی لنفوسیتی (Honfo, et al., 2014)، ترکیبات فنلی (کاتچین) موجود کاهش دهنده التهاب، درد و تورم ناشی از آرتروز (Badoussi, E. 2015) است، روغن کره شیا ضد عفونت‌های واژن و بیماری‌های مقاربتی (Shahinuzzaman, M.,2016) شپش، گال، کچلی، قارچ پای ورزشکار است (George,.2015) می‌شود. وجود اسیدهای چرب ضروری(EFA)، ویتامین E و کلسیم التیام بخش پوست‌های خشک

می‌باشد، ترکیبات مختلف کره شیا در بهداشت پوستموثر می‌باشد. اسید استئاریک و الکل‌های تری‌ترپن سلامت سد پوستی را تقویت و موجب کاهش التهاب می‌گردد. ترکیبات فنلی دارای خواص آنتی‌اکسیدانی هستند که از پوست در برابر استرس اکسیداتیو و آسیب‌های محیطی محافظت می‌کنند.استرهای اسید سینامیک کاهش دهنده جذب اشعه ماوراء بنفش (UV) و لوپئول، با مسدود نمودن عمل یا عملکرد آنزیم‌هایی تجزیه کننده پروتئین‌های پوست و تحریک تولید پروتئین‌های ساختاری مانع پیری پوست می‌شود. وجود اسیدهای چرب ضروری(EFA)، ویتامین E و کلسیم التیام بخش پوست‌های خشک می‌باشد. می‌توان از انواع مختلف کره شیا به عنوان یک ماده جانبی برای پماد استفاده نمود ولیاستفاده کره شی تصفیه شده از طریق استخراج شیمیایی به عنوان ماده جانبی پمادبا داشتن اینرسی و پایداری طولانی مدت، مناسب‌تر است(Thioune,2019).کره شی می‌تواند سطح کلسترول را در صورت استفاده کاهش دهد. محتوای بالای اسید استئاریک در کره شی اثرات ضد هیپرکلسترولمی دارد. تغذیه با کره شی موجب کاهش قابل توجهی در لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL)، کلسترول کل و لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL) مشاهده شد. گفته می‌شود وجود ساپونین‌ها در کره شی مسئول اثر ضد هیپرکلسترولمی است. گفته می‌شود ساپونین موجود در بخش غیر صابونی کره شیبا تشکیل میسل‌های مخلوط با کلسترول و اسیدهای صفراوی در روده، توانایی کاهش سطح کلسترول سرم را دارد. این فرآیند جذب کلسترول را مهار می‌کند و در نتیجه دفع آن را افزایش می‌دهد (Israle MO.2014). گزارش شده است که مصرف کره شیا منجر به کاهش غلظت کلی پروتئین در بافت‌های کبدی و کلیوی و همچنین در سرم می‌شود. این کاهش به وجود ساپونین نسبت داده شده است. گزارش شده است که ساپونین با تشکیل کمپلکس‌های ساپونین-پروتئین با قابلیت هضم کم در روده، باعث کاهش قابلیت هضم پروتئین می‌شود (Badoussi.,2015).

کاربردهای آرایشی-بهداشتی

صابون کره شی ضد میکروبی، التیام بخش بیماری‌های پوستی مانند آکنه، پسوریازیس و اگزما استفاده می‌شود (Israle,MO.2014). استفاده از کره شی باتر می‌تواند به طور قابل توجهی رطوبت پوست را افزایش داده و ظاهر چین و چروک و خطوط ریز را کاهش دهد. خواص ضد التهابی و التیام‌بخش خواص ضد التهابی کره شی باتر آن را در درمان بیماری‌های مختلف پوستی از جمله اگزما، پسوریازیس و درماتیت مؤثر می‌کند. توانایی آن در تسریع بهبود زخم و کاهش جای زخم در آزمایشات بالینی نشان داده شده است که پتانسیل آن را در کاربردهای پوستی برجسته می‌کند. ۳محافظت آنتی‌اکسیدانی کره شی باتر حاوی غلظت بالایی از آنتی‌اکسیدان‌ها است که از پوست در برابر رادیکال‌های آزاد و عوامل استرس‌زای محیطی محافظت می‌کند. این خاصیت به ویژه در جلوگیری از پیری زودرس و حفظ سلامت پوست مفید است. مراقبت از مو علاوه بر فوایدی که برای پوست دارد، کره شی به طور گسترده در محصولات مراقبت از مو استفاده می‌شود. این ماده نرم‌کننده عمیقی ایجاد می‌کند، سوزش پوست سر را تسکین می‌دهد و رشد مو را تقویت می‌کند. خواص نرم‌کنندگی آن به مدیریت موهای خشک و شکننده کمک می‌کند و آن را به یک ماده محبوب در فرمولاسیون‌های طبیعی مراقبت از مو تبدیل می‌کند. صنعت لوازم آرایشی کره شیا یک ماده کلیدی در بسیاری از محصولات آرایشی، از جمله لوسیون‌ها، کرم‌ها، بالم لب‌ها و صابون‌ها است. توانایی آن در ایجاد رطوبت عمیق و بهبود بافت پوست، آن را به یک جزء محبوب در فرمولاسیون‌های مراقبت از پوست تبدیل می‌کند. تقاضای روزافزون برای لوازم آرایشی طبیعی و ارگانیک، محبوبیت کره شیا را بیشتر کرده است(Catteau.N.T.2017). کره شی به طور گسترده برای درمان مو استفاده شده است. این ماده به عنوان منبع خوبی برای محافظت از مو در برابر رادیکال‌های آزاد مضر موجود در هوا و آب و شرایط آب و هوایی سخت عمل می‌کند. کره شی وقتی روی مو مالیده و جذب می‌شود، ساقه مو

را می‌پوشاند و از این رو از آن در برابر گرما محافظت می‌کند. این فعالیت محافظتی به ویژه برای موهایی که رنگ یا فرآوری شده‌اند مفید است. وقتی کره شی قبل از شنا روی مو مالیده شود، مو را در برابر نمک و کلر محافظت می‌کند. برای موهای آسیب دیده و شکننده، کره شی خاصیت نرم کنندگی و احیا کنندگی دارد. کره شی بافتی غیر چرب دارد، بنابراین می‌تواند چربی اضافی پوست سر را کنترل و پخش کند (Naaz. 2016). کره شیا حاوی ویتامین‌های A و E است، این امر آن را به یک مرطوب کننده خوب برای مو تبدیل می‌کند. همچنین کره شیا دارای ویژگی‌های نیمه جامد و قوام کره‌ای است، که آن را به یک نرم کننده و مرطوب کننده خوب برای پوست سر و همچنین پوست تبدیل می‌کند. هنگامی که کره شیا تجزیه می‌شود، به ویژه بخش اولئین آن می‌تواند در کرم‌ها یا محصولات مبتنی بر سورفکتانت مانند محصولات حمام و شامپو فرموله شود. این فرمولاسیون رطوبت بیشتری را برای پوست، پوست سر و مو فراهم می‌کند. این ماده به عنوان یک عامل "احیای چربی" عمل می‌کند. به راحتی در پوست جذب می‌شود و خواص اتصال آب خوبی دارد، از این رو برای مراقبت از پوست مفید است. کره شی باتر توانایی ترمیم پوست خشک و ملتهب ناشی از درماتیت را دارد و می‌تواند به عنوان مرطوب‌کننده شبانه برای دست‌ها و پاها استفاده شود. کره شی باتر در جلوگیری از از دست دادن آب از طریق اپیدرم (TEWL) نسبت به روغن معدنی برتری دارد. پوست پس از درمان با کره شی باتر، ظرف دو ساعت کاملاً از TEWL بهبود یافت. نیز کره شی باتر می‌تواند به عنوان یک نرم‌کننده برای اگزما عمل کند. کره شی باتر همچنین به دلیل خاصیت نرم‌کنندگی‌اش به طور گسترده برای درمان موهای فر استفاده می‌شود. کره شی باتر می‌تواند رطوبت از دست رفته مو را که به دلیل تعدادی از درمان‌های شیمیایی مانند صاف‌کننده‌ها، فرکننده‌های مو و فرکننده‌ها از دست رفته است، بازیابی کند. این درمان‌ها باعث از بین رفتن رطوبت طبیعی مو می‌شوند (Catteau,N.T.2017). در ارزیابی تولید، کیفیت و فروش پمادهای بدن کره کاکائو و کره شی نقش نهادهای نظارتی در ترویج این محصولات است. کیفیت محصولات توسط اداره استاندارد و اداره غذا و دارو به عنوان یک الزام قبل از عرضه محصولات برای فروش ارزیابی شد. تولید آزمایشی این دو محصول کاملاً سودآور بود و سرمایه‌گذاری انجام شده در این تجارت پس از هفت سال تولید، با نسبت سود به هزینه ۱,۰۱ و نرخ بازگشت داخلی ۱۴٪، قابل بازگشت است. تقاضا برای این محصولات نیز به دلیل خواص عملکردی خوب آنها بالا بود. ارزیابی کیفیت محصولات نشان داد که آنها حاوی هیچ ماده مضری مانند فلزات سنگین نبودند و بار میکروبی آنها کم است. نتایج نشان داد که تولید پماد بدن کره کاکائو و کره شی می‌تواند توسط کارآفرینان به عنوان یک کسب و کار کوچک در نظر گرفته شود.

کاربردهای غذایی

این روغن عمدتاً به عنوان روغن پخت و پز، خوراک دام، مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این به عنوان روغن جایگزین و معادل کره کاکائو در غذاهایی مانند شکلات، بستنی و اقلام نانوایی مانند کیک، بیسکویت و نان استفاده می‌شود. از هسته‌های بذر آن برای تولید چربی نمک (شوریا روبوستا) استفاده می‌شود (Hermans-Neumann, K.; 2016).

سوخت‌های زیستی از ضایعات کره شی

کیک شیا (SNC) باقیمانده جامدی است که پس از استخراج کره شیا از دانه فرآوری شده به دست می‌آید. این ماده عمدتاً از پروتئین، چربی و فیبر تشکیل شده است (جدول ۱). ضایعات یا پساب کره شیا عمدتاً برای تولید کیک شیا خشک می‌شود. در چنین مناطقی که کیک خشک می‌شود، موجودات زنده به ندرت یافت می‌شوند، به خصوص که معمولاً هیچ نشانه‌ای از رشد گیاه دیده نمی‌شود این ممکن است به دلیل وجود مقدار قابل توجهی از مواد شیمیایی گیاهی مانند تانن باشد که دارای خواص ضد میکروبی هستند و ممکن است مستقیماً مانع رشد شوند. از طرف دیگر،

ماهیت روغنی کیک ممکن است دسترسی به اکسیژن یا هوازی زنده موجودات زنده در مناطقی که کیک شیا خشک می‌شوند را محدود کند. این اثرات ضد باکتری، ضد قارچی و آنتی‌اکسیدانی کره خام شیا را تأیید می‌کند. مطالعات بسیار کمی در مورد تأثیر فاضلاب کره شیا بر زندگی و اکوسیستم وجود دارد. گزارش شده است که تخلیه فاضلاب کره شیا به داخل ناودان‌ها باعث ایجاد خطر برای ساکنان اطراف در چندین منطقه شهری می‌شود. ساکنان شهری و روستایی اغلب با بوی بد دست و پنجه نرم می‌کنند. علاوه بر این، حیوانات گاهی اوقات قربانی می‌شوند وقتی که به داخل گودال‌ها یا گودال‌های فاضلاب که عمق ۲ تا ۴ متر دارند، می‌افتند. این نشان می‌دهد که فاضلاب کره شیا برای زندگی آبزیان سمی است و تأثیر منفی بر شاخص‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی دارد و بنابراین با اهداف توسعه پایدار مطابقت ندارد. محققان آگاهی از لزوم استفاده مؤثر از ضایعات کره شیا را برای به حداقل رساندن سوء مدیریت که معمولاً با فرآیند تولید مرتبط است، افزایش داده‌اند. ضایعات کره شی را می‌توان از طریق فرآیندهای مختلفی مانند ترانس‌استریفیکاسیون و تخمیر به سوخت‌های زیستی مانند بیودیزل و بیواتانول تبدیل کرد. سوخت‌های فسیلی معمولاً با گرمایش جهانی مرتبط هستند و استفاده از بیودیزل را به یک جایگزین جذاب تبدیل می‌کنند. منابع روغن ارزان جایگزین مانند روغن پخت و پز ضایعاتی، چربی‌های حیوانی، جاتروفا و کره شی تصفیه نشده بسیار دلگرم‌کننده و اقتصادی است پودر شی به عنوان یک ماده زیستی برای سوخت در بریتانیا استفاده می‌شود و سالانه بیش از ۵۰۰۰ تن برای این منظور وارد می‌شود. سوخت حاصل، اکسیدهای نیتریک و سولفات کاهش یافته‌ای نسبت به روش مرسوم تولید کرد. باعتقاد بر این است که کره شی باتر غنی از اسیدهای چرب اشباع است که ۴۱,۱ درصد از کل تری گلیسیریدهای آن اسیدهای چرب اشباع هستند و عدد ستان بالایی دارند و پایداری خوبی دارند. وجود آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در کره شی باتر (فنول‌ها و توکوفرول) از اکسیداسیون آن جلوگیری می‌کند که یک مزیت است (Sudesh, K.,2025).

نتیجه‌گیری کلی

درخت شیا از نظر اجتماعی-اقتصادی درختی با کاربرد گسترده در صنایع آرایشی و شیرینی‌پزی، دارویی می‌باشد. اندام‌های رویشی و زایشی این درخت هم در طب سنتی و آیین‌ها و هم اشکال مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد کشور ایران با داشتن سطح بسیار وسیع نواحی بیابانی و نیمه بیابانی، می‌تواند با کشت این گیاه از نظر اکولوزیکی و اقتصادی بهره‌وری بسیار بالایی را به دست آورد.

منابع

Ayegnon, B P., Kayodé, A.P., Tchobo, F.P., Soumanou, M.M, Hounhouigan, D.J. (2015). "Profiling the quality characteristics of the butter of *Pentadesmabutyracea* with reference to shea butter".*J SciFood Agric*, *95*: 3137–43 3143.

Badoussi, E., Azokpota, P., Madodé, Y.E., Tchobo, F.P., A.P.P. Hounhouigan, D.J. (2015)."Cooking and drying processes optimization of Pentadesmabutyracea kernels during butter production," *African Journal of Biotechnology*, *14*. 39, pp. 2777–2785.

Israle MO. (2014). Effects of tropical and dietary use of shea butter in animals. Am J Life Sci. 2(5):303-307.

George, E.D., Raymond, D.J. (2015). Formulation of traditional soap cleansing systems. soap manufacturing technology, *2nd ed., Elsevier Ltd*., doi.org/10.1016/B978-1-63067-065-8.50003-7.

Honfo, F.G., Akissoe, N., Linnemann, A.R., Soumanou, M. and S., V.B.M.A.J. (2014). "Nutritional composition of shea products and chemical properties of shea butter: a review", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *54.5*, pp. 37–41.

Hermans-Neumann, K., Gerstner, K. M, Seppelt, R., Wunder, S. (2016). Why do forest products become less available? A Pan-Tropical Comparison of Drivers of Forest-Resource Degradation. *Environ. Res. Lett.* 11, 125010.

L.Catteau, N.T. Reichmann, J. Olson, M.G. Pinho, V. Nizet, F. Van Bambeke, J., Quetin-L. (2017). Synergy between ursolic and oleanolic acids from *Vitellaria paradoxa* leaf extract and β-lactams against methicillin resistant *Staphylococcus aureus*: *in vitro* and *in vivo* activity and underlying mechanisms. *Molecules*, *22*(12): 2245-2262.

Sanogo R. (2016). Beurre de karite en dermopharmacie. AFEPHAR 4ième JournéeScientifiqueJeudi02.

Sarasan, G., Rangwala, J.A. (2014). "Synthesis of soap from non-edible oils and a comparative study ofquality parameters". *Int. J. Chem. Sci.*, *12. 1*, pp. 306–314.

Shahinuzzaman, M., Yaakob, Z., Moniruzzaman, M. (2016). "Medicinal and cosmetics soap production from Jatropha oil".*Journal of Cosmetic Dermatology*, *15*, pp. 185–193.

Sudesh, K., Bamigboye, C.O., Ayantoyinbo, M.A. (2025). Shea butter waste for sustainable production off value-added biomaterials for circular bioeconomy: A review. *cleaner and Circular Bioeconomy 10*:1-12.

Thioune O, Bamba A., Fall K., Dieng S., Diop M. (2019). Focus on the use of shea butter as excipient for ointment. *Am. J. Pharm Tech Res.9(06):*254-266.

A Review of the Medicinal, Cosmetic, and Nutritional Uses of the Fruit of the Shea Tree (*Vitellaria paradoxa*)

Shahrzad Nassiri Semnani
Assistant Professor in Department of Microbiology, Factualty of Bacic Sciences -Engineering, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan.Iran.
*Corresponding Author: shahrzad1348@iau.ac.ir

Abstract

The seeds and fruits of the shea tree (*Vitellaria paradoxa*) have wide applications in the pharmaceutical, cosmetic, health and food industries. The shea fruit is edible, delicious and has a fig-like flavor. Shea butter, which is produced from shea seeds, contains two main fatty acids (stearic acid and oleic acid), a versatile natural fat that, due to its special taste and nutritional properties, is used as a cooking oil in the preparation of various foods and, due to its essential fatty acids and vitamins, is an affordable alternative to cocoa butter in the production of chocolate and confectionery with similar properties, which increases softness and moisture in products such as biscuits, sweets and bread. Shea butter is used in the treatment of some skin diseases such as eczema and psoriasis, wounds, burns and even as a pain reliever in pharmaceutical and health products due to its anti-inflammatory and antimicrobial properties. Shea butter is a powerful moisturizer and natural antioxidants that protect the skin and hair from oxidative stress, dryness, pollution and UV rays. Due to its vitamins A and E and essential fatty acids, it is effective in reducing the signs of skin aging and repairing damaged tissues. It is used in many creams, lotions and hair care products. The purpose of this review article is to provide a report on the method of extracting the butter and its medicinal, nutritional and cosmetic benefits.

Keywords: Topical Ointment, Soap, Refined Shea Butter, Unrefined Shea Butter.

نقش DNA بارکدینگ و فیلوژنتیک در شناسایی دقیق گیاهان دارویی: چالش‌ها و فرصت‌ها

مصطفی عبادی*[۱]، بهور اصغری [۲و۳]

۱- گروه علوم زیستی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

۲- گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

۳- گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: ebadi2023@gmail.com

چکیده

سیستماتیک مولکولی با معرفی تکنیک‌های پیشرفته‌ای مانند DNA بارکدینگ (با استفاده از مارکرهای استاندارد rbcl، matK و ITS) و تحلیل‌های فیلوژنتیکی، تحولی اساسی در شناسایی و طبقه‌بندی گیاهان دارویی ایجاد کرده است. این مطالعه مروری با بررسی جامع روش‌های مولکولی و تحلیل مطالعات موردی متعدد نشان می‌دهد که خطاهای طبقه‌بندی سنتی می‌تواند تا ۴۰٪ بر ترکیبات موثره گیاهان تأثیر منفی گذاشته و نه تنها موجب کاهش اثرات درمانی شود، بلکه عوارض ناخواسته دارویی نیز ایجاد کند. در مورد گونه‌های مهمی مانند آویشن، زرشک و جینسنگ، تفاوت‌های مولکولی کوچک می‌تواند تغییرات بزرگی در خواص دارویی ایجاد نماید. یافته‌ها حاکی از آن است که روش‌های مولکولی قادرند خطاهای شناسایی مورفولوژیک را تا ۹۵٪ کاهش دهند. با وجود مزایای چشمگیر این تکنیک‌ها از جمله دقت بالا و تکرارپذیری، چالش‌هایی مانند هزینه بالای تجهیزات و نیاز به بانک‌های اطلاعاتی جامع همچنان وجود دارد. این بررسی بر لزوم استانداردسازی و به‌کارگیری گسترده روش‌های مولکولی در صنایع دارویی گیاهی تأکید می‌کند، چرا که می‌تواند کیفیت، ایمنی و اثربخشی فرآورده‌های گیاهی را به میزان قابل توجهی ارتقا بخشد. این مسیر پژوهشی از نظریه تا عمل، گام‌های لازم برای تحول در صنعت داروهای گیاهی را ترسیم می‌کند.

واژه‌های کلیدی: تاکسونومی، توالی‌یابی، مارکر، ژنومیکس

مقدمه

شناسایی صحیح گیاهان دارویی همواره به عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در تحقیقات فارماکوگنوزی مطرح بوده است. روش‌های سنتی شناسایی که مبتنی بر ویژگی‌های ظاهری و مورفولوژیکی گیاهان هستند، به دلایل متعددی از جمله پلی‌مورفیسم درون‌گونه‌ای (تنوع ژنتیکی درون یک گونه)، تأثیر عوامل محیطی بر شکل و ساختار گیاهان و همچنین شباهت‌های زیاد بین گونه‌های مختلف، اغلب منجر به تشخیص نادرست و طبقه‌بندی اشتباه می‌شوند. این خطاهای شناسایی می‌توانند پیامدهای جدی در پی داشته باشند؛ از کاهش اثربخشی درمانی محصولات گیاهی گرفته تا ایجاد عوارض ناخواسته و حتی خطرات سلامتی برای مصرف‌کنندگان.

در سال‌های اخیر، ظهور و توسعه تکنیک‌های مولکولی، تحولی اساسی در زمینه شناسایی و طبقه‌بندی گیاهان دارویی ایجاد کرده است. روش‌هایی مانند DNA بارکدینگ که با استفاده از مارکرهای ژنتیکی استاندارد (مانند rbcl، matK و ITS) انجام می‌شود، همراه با تحلیل‌های پیشرفته فیلوژنتیکی، امکان شناسایی دقیق و تمایز گونه‌های گیاهی

را با دقت بی‌سابقه‌ای فراهم کرده‌اند (Hebert et al., 2003). این فناوری‌های نوین نه‌تنها قادر به تشخیص و اصلاح خطاهای رایج در شناسایی گونه‌های دارویی مهم مانند آویشن (*Thymus*)، زرشک (*Berberis*) و جینسنگ (*Panax*) هستند، بلکه با تضمین کیفیت و اصالت مواد اولیه گیاهی، نقش کلیدی در بهبود اثربخشی و ایمنی فرآورده‌های دارویی گیاهی ایفا می‌کنند. به این ترتیب، سیستماتیک مولکولی به عنوان راهکاری کارآمد و قابل اعتماد، آینده‌ای روشن را برای صنعت گیاهان دارویی ترسیم می‌کند.

روش‌های سیستماتیک مولکولی در شناسایی گیاهان دارویی

در حوزه شناسایی و طبقه‌بندی گیاهان دارویی، سیستماتیک مولکولی با به‌کارگیری تکنیک‌های پیشرفته، انقلابی در دقت و کارایی ایجاد کرده است. بارکدینگ DNA به عنوان یکی از مهم‌ترین روش‌ها، با استفاده از مارکرهای استانداردی مانند rbcl، matK و ITS امکان شناسایی دقیق گونه‌ها را فراهم می‌کند (Hollingsworth et al., 2016). مزایای برجسته این روش شامل دقت بالا در تمایز گونه‌های نزدیک به هم، تکرارپذیری نتایج در آزمایش‌های مختلف و سرعت مناسب در پردازش نمونه‌هاست. با این حال، این روش با محدودیت‌هایی همچون نیاز به بانک‌های اطلاعاتی جامع از توالی‌های مرجع و چالش‌های تشخیصی در مورد گونه‌های دورگ نیز مواجه است که استفاده از آن را در برخی موارد با دشواری همراه می‌سازد.

در کنار DNA بارکدینگ، روش‌های فیلوژنتیکی مبتنی بر توالی‌یابی نسل جدید (NGS) و تحلیل‌های بیوانفورماتیکی، افق‌های جدیدی را در مطالعه گیاهان دارویی گشوده‌اند (Kress et al., 2015). این روش‌ها نه‌تنها در شناسایی روابط تکاملی بین گونه‌های مختلف کاربرد دارند، بلکه با تحلیل ژنوم گیاهان، امکان پیش‌بینی خواص دارویی بالقوه را نیز فراهم می‌کنند. ترکیب این تکنیک‌های مولکولی با یکدیگر، سیستم قدرتمندی را ایجاد کرده که می‌تواند بسیاری از محدودیت‌های روش‌های سنتی شناسایی گیاهان را مرتفع سازد و دقت تحقیقات در حوزه فارماکوگنوزی را به میزان قابل‌توجهی افزایش دهد. این پیشرفت‌ها به ویژه در مواردی که شناسایی ظاهری گیاهان با چالش مواجه است، اهمیت دوچندان پیدا می‌کند.

بررسی مطالعات موردی در شناسایی نادرست گیاهان دارویی

مطالعات متعددی نشان داده‌اند که شناسایی نادرست گیاهان دارویی می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر کیفیت و اثربخشی فرآورده‌های گیاهی داشته باشد. در این میان، سه جنس مهم دارویی شامل *Thymus* (آویشن)، *Berberis* (زرشک) و *Panax* (جینسنگ) مورد بررسی قرار گرفته‌اند که نتایج حاکی از پیامدهای منفی ناشی از خطاهای طبقه‌بندی است (Mishra et al., 2013; Saez et al., 2018; Wallace et al., 2020).

مطالعه Sáez و همکاران (۲۰۱۸) بر روی جنس *Thymus* نشان داد که شناسایی نادرست گونه‌های این جنس می‌تواند منجر به کاهش ۴۰ درصدی ترکیبات فنلی مؤثر شود. این کاهش ترکیبات فعال، مستقیماً بر خاصیت آنتی‌اکسیدانی گیاه تأثیر گذاشته و موجب کاهش چشمگیر فعالیت درمانی آن می‌گردد. این پژوهش به خوبی نشان می‌دهد که چگونه یک اشتباه در تشخیص گونه می‌تواند ارزش دارویی محصول نهایی را به میزان قابل توجهی کاهش دهد.

در مورد جنس *Berberis*، تحقیق Mishra و همکاران (۲۰۱۶) نتایج هشداردهنده‌ای را ارائه کرده است. این مطالعه نشان داد که حدود ۳۰ درصد از نمونه‌های تجاری زرشک حاوی گونه‌های نادرست یا تقلبی هستند. این جایگزینی نه تنها موجب کاهش اثرات ضدباکتریایی محصولات شده، بلکه ممکن است در برخی موارد منجر به عوارض ناخواسته نیز گردد. این یافته‌ها اهمیت کنترل کیفیت دقیق در زنجیره تولید فرآورده‌های گیاهی را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

مطالعه Wallace و همکاران (۲۰۲۰) بر روی جنس *Panax* (جینسنگ) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده است. این پژوهش نشان داد که در بسیاری از موارد، گونه‌های ارزان‌تر و کم‌کیفیت‌تر به جای گونه‌های اصلی و با ارزش جینسنگ به بازار عرضه می‌شوند. این جایگزینی عمدی یا غیرعمدی موجب کاهش محسوس اثربخشی درمانی محصولات شده و در نهایت به اعتماد مصرف‌کنندگان به فرآورده‌های گیاهی لطمه می‌زند.

این مطالعات موردی به وضوح نشان می‌دهند که خطاهای شناسایی، چه به صورت تصادفی و چه عمدی، می‌تواند پیامدهای جدی برای صنعت گیاهان دارویی داشته باشد. از کاهش اثرات درمانی گرفته تا ایجاد عوارض ناخواسته و کاهش اعتماد عمومی به محصولات گیاهی، همگی از نتایج این گونه اشتباهات هستند. این یافته‌ها بر ضرورت به‌کارگیری روش‌های دقیق شناسایی مولکولی در سراسر زنجیره تولید، از مرحله جمع‌آوری مواد اولیه تا عرضه محصول نهایی، تأکید می‌کنند.

چالش‌ها و راهکارهای سیستماتیک مولکولی در گیاهان دارویی

صنعت گیاهان دارویی در به‌کارگیری روش‌های سیستماتیک مولکولی با چند چالش عمده مواجه است (Pang et al., 2020). نخستین و اساسی‌ترین مشکل، عدم استانداردسازی روش‌ها است که موجب ناهمگونی در نتایج تحقیقات بین آزمایشگاه‌های مختلف می‌شود. این عدم یکپارچگی به ویژه در انتخاب مارکرهای ژنتیکی و پروتکل‌های آزمایشگاهی مشهود است. چالش دوم مربوط به هزینه‌های نسبتاً بالای این تکنیک‌هاست که شامل هزینه‌های تجهیزات پیشرفته، مواد مصرفی و نیروی انسانی متخصص می‌شود و برای بسیاری از مراکز تحقیقاتی و تولیدی در کشورهای در حال توسعه سنگین است. سومین چالش عمده، نیاز به تجهیزات تخصصی و زیرساخت‌های پیشرفته است که دسترسی به آنها در بسیاری از مناطق محدود می‌باشد. این محدودیت‌ها باعث شده است که به‌رغم مزایای چشمگیر روش‌های مولکولی، گسترش استفاده از آنها با کندی مواجه شود.

راهکارهای پیشنهادی

برای غلبه بر این چالش‌ها، چند راهکار اساسی پیشنهاد می‌شود. اولین و مهم‌ترین راهکار، ایجاد بانک‌های اطلاعاتی جامع از توالی‌های ژنتیکی گونه‌های دارویی است که به صورت استانداردشده و در دسترس محققان سراسر جهان قرار گیرد. این بانک‌ها باید شامل اطلاعات کامل و به‌روز شده از مارکرهای ژنتیکی استاندارد برای گونه‌های مهم دارویی باشند. راهکار دوم، توسعه کیت‌های تشخیصی سریع بر پایه روش‌های مولکولی است که هزینه‌ها را کاهش داده و نیاز به تجهیزات پیچیده را مرتفع می‌سازد. این کیت‌ها می‌توانند به صورت میدانی و در محل جمع‌آوری گیاهان مورد استفاده قرار گیرند. سومین راهکار کلیدی، آموزش متخصصان در سطوح مختلف است که شامل آموزش نیروهای فنی برای انجام آزمایش‌های مولکولی، آموزش محققان برای تحلیل داده‌ها و آموزش تولیدکنندگان و کشاورزان برای اهمیت شناسایی دقیق گونه‌ها می‌شود (Li et al., 2015). اجرای این راهکارها به صورت هماهنگ می‌تواند موانع موجود را مرتفع ساخته و زمینه را برای استفاده گسترده از این تکنیک‌های پیشرفته در صنعت گیاهان دارویی فراهم آورد.

پیاده‌سازی راهکارها

برای عملی‌سازی این راهکارها، همکاری نهادهای علمی، صنعتی و دولتی ضروری است. دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی می‌توانند در توسعه استانداردها و آموزش نیروی انسانی نقش محوری ایفا کنند. شرکت‌های دارویی و تولیدکنندگان محصولات گیاهی باید در تأمین مالی پروژه‌های تحقیقاتی و تجاری‌سازی کیت‌های تشخیصی مشارکت

فعال داشته باشند. از سوی دیگر، دولت‌ها می‌توانند با تصویب قوانین و استانداردهای الزام‌آور، صنعت را به سمت استفاده از این روش‌های دقیق سوق دهند. این همگرایی بین بخش‌های مختلف می‌تواند ضمن رفع چالش‌های موجود، کیفیت و ایمنی محصولات گیاهی را به میزان قابل توجهی ارتقا بخشد.

نتیجه‌گیری

سیستماتیک مولکولی با ارائه راهکارهای علمی دقیق و قابل اعتماد، نقش بی‌بدیلی در تضمین کیفیت، اصالت و ایمنی گیاهان دارویی ایفا می‌نماید. این روش‌های پیشرفته با بهره‌گیری از تکنیک‌هایی مانند DNA بارکدینگ و تحلیل‌های فیلوژنتیکی، امکان شناسایی و طبقه‌بندی دقیق گونه‌های گیاهی را فراهم ساخته‌اند. با این حال، برای بهره‌برداری کامل از این پتانسیل ارزشمند و گسترش کاربرد آن در صنعت گیاهان دارویی، نیازمند تحقق چند شرط اساسی هستیم. نخست، ایجاد همکاری‌های بین‌رشته‌ای میان متخصصان ژنتیک، فارماکوگنوزی، بیوانفورماتیک و علوم دارویی ضروری است تا بتوان از تمامی جنبه‌های این فناوری بهره برد. دوم، سرمایه‌گذاری کلان در تحقیقات پایه و کاربردی مورد نیاز است تا هم روش‌ها ارتقا یابند و هم هزینه‌های اجرایی کاهش پیدا کند. سوم، توسعه زیرساخت‌های آزمایشگاهی و ایجاد مراکز تخصصی مجهز در مناطق مختلف به ویژه در کشورهای دارای تنوع زیستی بالا، از ملزومات اساسی است. این مقاله با تأکید بر اهمیت حیاتی به‌کارگیری گسترده‌تر این روش‌های مولکولی در صنعت گیاهان دارویی، بر این نکته پای می‌فشارد که تنها با تحقق این الزامات سه‌گانه می‌توان به استانداردهای مطلوب در تولید فرآورده‌های گیاهی با کیفیت و ایمن دست یافت.

منابع

Hebert, P. D., Cywinska, A., Ball, S. L., & deWaard, J. R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: *Biological Sciences*, *270(1512)*, 313-321.

Hollingsworth, P. M., Li, D. Z., van der Bank, M., & Twyford, A. D. (2016).Telling plant species apart with DNA: from barcodes to genomes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *371(1699)*, 20150338.

Kress, W. J., Garcia-Robledo, C., Uriarte, M., & Erickson, D. L. (2015). DNA barcodes for ecology, evolution, and conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, *30(1)*, 25-35.

Li, X., Yang, Y., Henry, R. J., Rossetto, M., Wang, Y., & Chen, S. (2015). Plant DNA barcoding: from gene to genome. *Biological Reviews*, *90(1)*, 157-166.

Mishra, P., Kumar, A., Nagireddy, A., Mani, D. N., Shukla, A. K., Tiwari, R., & Sundaresan, V. (2016). DNA barcoding reveals adulteration in *Berberis* herbal products. *Scientific Reports*, *6(1)*, 35587.

Pang, X., Song, J., Zhu, Y., Xie, C., & Chen, S. (2020). Applying DNA barcoding to Chinese medicinal materials: challenges and solutions. *Science China Life Sciences*, *63(5)*, 635-642.

Sáez, L., Sánchez, P., Pardo, C., Cubas, P., & Tahiri, H. (2018). Misidentification of medicinal *Thymus* species compromises drug efficacy and safety. *Frontiers in Pharmacology*, *9*, 679.

Wallace, E. D., Oberlies, N. H., Cech, N. B., & Kellogg, J. J. (2020). Phylogenetic analysis reveals mislabeling and substitution in *Panax* products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *68(32)*, 8478-8486.

The Role of DNA Barcoding and Phylogenetics in Accurate Identification of Medicinal Plants: Challenges and Opportunities

Mostafa Ebadi[1*], Behvar Asghari[2,3]
1. Department of Biology, Faculty of Science, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
2. Department of Horticultural science engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin Iran
3. Department of Chemistry, Faculty of Science, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
[*]*Corresponding Author: ebadi2023@gmail.com*

Abstract

Molecular systematics, through the introduction of advanced techniques such as DNA barcoding (using standard markers rbcl, matK, and ITS) and phylogenetic analyses, has brought a significant transformation in the identification and classification of medicinal plants. This review study, by comprehensively examining molecular methods and analyzing numerous case studies, demonstrates that traditional classification errors can negatively affect up to 40% of the active compounds in plants, potentially reducing therapeutic effects and causing undesirable drug-related side effects. In key species such as thyme, barberry, and ginseng, even small molecular differences can lead to major changes in medicinal properties. Findings indicate that molecular approaches can reduce morphological misidentification errors by up to 95%. Despite the remarkable advantages of these techniques, including high accuracy and reproducibility, challenges such as the high cost of equipment and the need for comprehensive databases still remain. This review emphasizes the necessity of standardizing and widely applying molecular methods in the herbal pharmaceutical industry, as they can significantly enhance the quality, safety, and efficacy of herbal products. This research pathway, bridging theory and practice, outlines the essential steps for transforming the herbal drug industry.

Keywords: Taxonomy, Sequencing, Marker, Genomics

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

تأثیر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر مقدار و ترکیبات اسانس گیاه دارویی بادرشبی

سودابه مفاخری*[۱]، بهور اصغری[۲و۱]، مصطفی عبادی[۳]

۱- گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

۲- گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.

۳- گروه علوم زیستی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: Mafakheri@ikiu.ac.ir

چکیده

بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*) گیاهی دارویی با اسانس غنی از ترکیبات ترپنوئیدی است که کاربردهای گسترده‌ای در صنایع دارویی و عطرسازی دارد. این مطالعه به بررسی تأثیر محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید در غلظت‌های ۰، ۴۰۰، ۸۰۰، و ۱۲۰۰ میکرومولار بر مقدار و ترکیبات اسانس بادرشبی پرداخته است. آزمایش در بهار و تابستان ۱۴۰۳ به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، انجام شد. نتایج نشان داد که درصد اسانس از ۰/۴۲ درصد در تیمار شاهد به حدود ۰/۶ درصد در تیمار ۱۲۰۰ میکرومولار و عملکرد اسانس از ۰/۶۲ به ۰/۸۷ گرم در بوته افزایش یافت. ترکیبات اصلی اسانس شامل ژرانیل استات، ژرانیول و ژرانیال بود که نسبت ژرانیل استات با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید از ۳۵/۲ درصد به ۴۳/۵ درصد ارتقا یافت. محلول پاشی با سالیسیلیک اسید تاثیر مثبتی بر افزایش درصد ژرانیال نیز داشت اما مقدار ژرانیول با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید روند کاهشی نشان داد. این یافته‌ها نشان‌دهنده نقش محرک سالیسیلیک اسید در بهبود کمیت و کیفیت اسانس بادرشبی است و می‌تواند به بهینه‌سازی کشت این گیاه کمک کند.

واژه‌های کلیدی: تنظیم کننده رشد، ژرانیل استات، متابولیت ثانویه

مقدمه

بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*) از خانواده نعناعان (Lamiaceae)، گیاهی علفی و یک‌ساله با خواص دارویی و عطر طبیعی است که به دلیل اسانس غنی از ترکیبات ترپنوئیدی نظیر ژرانیول، ژرانیال، و ژرانیل استات، در میان گیاهان دارویی و معطر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این گیاه بومی مناطق معتدل و کوهستانی اوراسیا بوده و به دلیل ترکیبات فرار موجود در اسانس خود، از جمله اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتریایی، و ضدالتهابی، در طب سنتی، صنایع دارویی، عطرسازی، و تولید محصولات طبیعی کاربرد گسترده‌ای دارد (Mafakheri et al., 2025). اسانس بادرشبی همچنین به دلیل تنوع شیمیایی و قابلیت انطباق با شرایط محیطی، پتانسیل بالایی برای تحقیقات کشاورزی و صنعتی نشان داده است. سالیسیلیک اسید، به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی و یک هورمون سیگنال‌دهنده، نقش مهمی در فعال‌سازی مسیرهای بیوسنتزی ثانویه ایفا می‌کند که منجر به افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه مانند ترپنوئیدها، فنول‌ها و اسانس‌ها می‌شود (Kahveci et al., 2021). این ترکیب با تنظیم بیان ژن‌های مرتبط با سنتز اسانس و کاهش استرس اکسیداتیو، می‌تواند کیفیت و کمیت اسانس را در گیاهان معطر بهبود بخشد. با وجود

تحقیقات گسترده در مورد اثرات مثبت سالیسیلیک اسید بر گونه‌های معطر مختلف مانند ریحان[1] (Kulak et al., 2021)، آویشن[2] و آویشن کوهی[3] (Mohammadi et al., 2019) تأثیر غلظت‌های این ترکیب بر بادرشبی، به‌ویژه در شرایط عادی رشد بدون تنش‌های محیطی مانند شوری، خشکی، یا دمای بالا، همچنان به‌طور جامع مورد بررسی قرار نگرفته است. این کمبود داده‌ها، ضرورت انجام مطالعاتی را برای درک بهتر پاسخ‌های بیوشیمیایی بادرشبی به سالیسیلیک اسید برجسته می‌کند. از این‌رو، این مطالعه با هدف ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید بر مقدار و ترکیبات اسانس بادرشبی در شرایط کشت کنترل‌شده انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار و تابستان ۱۴۰۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل مورد بررسی، چهار سطح محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (۰، ۴۰۰، ۸۰۰، و ۱۲۰۰ میکرومولار) بود. بذرهای بادرشبی از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری شد و در گلدان‌های حاوی خاک لومی شنی کشت شده و آبیاری منظم انجام شد. محلول‌پاشی SA در دو مرحله، شامل مرحله شاخه‌دهی و قبل از گلدهی، اعمال گردید. اسانس با روش تقطیر با بخار آب و توسط دستگاه کلونجر استخراج شد و درصد اسانس و عملکرد اسانس (گرم در بوته) اندازه‌گیری گردید. اسانس‌های استخراج شده با دستگاه GC-MS آنالیز شدند و ترکیبات اسانس شناسایی شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ و تحلیل واریانس (ANOVA) پردازش شده و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید تأثیر مثبتی بر درصد و عملکرد اسانس داشت. درصد اسانس در تیمار شاهد (میکرومولار) ۰/۴۲ درصد بود که با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید به حدود ۰/۶ درصد در تیمار ۱۲۰۰ میکرومولار رسید. عملکرد اسانس نیز با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید بهبود یافت و حداکثر مقدار (۰/۸۷ گرم در بوته) در تیمار ۱۲۰۰ میکرومولار ثبت شد. ترکیبات اصلی اسانس شامل ژرانیل استات (۳۵-۴۶ درصد)، ژرانیول (۲۰-۲۶ درصد)، و ژرانیال (۱۶-۲۵ درصد) بود که با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید، نسبت ژرانیل استات به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت.

جدول ۱. مقایسه میانگین تأثیر محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید بر درصد و عملکرد اسانس بادرشبی

سالیسیلیک اسید (میکرومولار)	عملکرد اسانس (گرم در بوته)	درصد اسانس
۰ (شاهد)	۰/۶۲d	۰/۴۲c
۴۰۰	۰/۷۳c	۰/۵۱b
۸۰۰	۰/۸۱b	۰/۵۴ab
۱۲۰۰	۰/۸۷a	۰/۵۹a

1. *Ocimum basilicum*
2. *Thymus vulgaris*
3. *Thymus kotschyanus*

جدول ۲. مقایسه میانگین درصد ترکیبات اصلی اسانس در غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید

سالیسیلیک اسید (میکرومولار)	ژرانیل استات (٪)	ژرانیول (٪)	ژرانیال (٪)
۰ (شاهد)	۳۵/۲d	۲۶/۶a	۱۶/۳c
۴۰۰	۳۸/۶c	۲۵/۴a	۱۸/۵b
۸۰۰	۴۳/۵b	۲۱/۷b	۱۹/۴b
۱۲۰۰	۴۶/۷a	۲۰/۸ b	۲۵/۶a

افزایش ژرانیل استات و ژرانیال با کاربرد سالیسیلیک اسید ممکن است به دلیل تحریک آنزیم ترپن سنتاز باشد، که با مطالعات قبلی بر روی گیاهان معطر سازگار است (Ghassemi-Golezani and Farhadi, 2022). سالیسیلیک اسید با بهبود متابولیسم ثانویه، سنتز اسانس را تقویت کرد (Mohammadi et al., 2019). افزایش عملکرد اسانس با اعمال سالیسیلیک اسید قبلا در گیاه مریم گلی دارویی نیز گزارش شده است که به افزایش قابل‌توجه چگالی غدد ترشح کننده اسانس در شرایط کاربرد سالیسیلیک اسید، نسبت داده شده است (Es-sbihi et al., 2020).

منابع

Es-sbihi, F. Z., Hazzoumi, Z., Benhima, R. and Amrani Joutei, K. (2020). Effects of salicylic acid on growth, mineral nutrition, glandular hairs distribution and essential oil composition in *Salvia officinalis* L. grown under copper stress. *Environmental Sustainability*, 3(2), 199-208.

Ghassemi-Golezani, K. and Farhadi, N. (2022). The efficacy of salicylic acid levels on photosynthetic activity, growth, and essential oil content and composition of pennyroyal plants under salt stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41(5), 1953-1965.

Kahveci, H., Bilginer, N., Diraz-Yildirim, E., Kulak, M., Yazar, E., Kocacinar, F. and Karaman, S. (2021). Priming with salicylic acid, β-carotene and tryptophan modulates growth, phenolics and essential oil components of *Ocimum basilicum* L. grown under salinity. *Scientia Horticulturae*, 281, 109964.

Kulak, M., Jorrín-Novo, J. V., Romero-Rodriguez, M. C., Yildirim, E. D., Gul, F. and Karaman, S. (2021). Seed priming with salicylic acid on plant growth and essential oil composition in basil (*Ocimum basilicum* L.) plants grown under water stress conditions. *Industrial Crops and Products*, 161, 113235.

Mafakheri, S. and Asghari, B. (2025). Optimization of growth and biochemical production in *Dracocephalum moldavica* L. through biochar and salicylic acid application in a pot experiment. *Journal of Medicinal plants and By-products*, 14(3), 222-229.

Mohammadi, H., Amirikia, F., Ghorbanpour, M., Fatehi, F. and Hashempour, H. (2019). Salicylic acid induced changes in physiological traits and essential oil constituents in different ecotypes of *Thymus kotschyanus* and *Thymus vulgaris* under well-watered and water stress conditions. *Industrial Crops and Products*, 129, 561-574.

Effect of Foliar Application of Salicylic Acid on the Quantity and Composition of Essential Oil in the Medicinal Plant Moldavian Balm

Sudabeh Mafakheri[1]*, Behvar Asghari[1,2], Mostafa Ebadi[3]
1. Department of Horticultural science engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin Iran.
2. Department of chemistry, Faculty of basic sciences, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
3. Department of Biology, Faculty of Science, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
Corresponding Author: Mafakheri@ikiu.ac.ir

Abstract

Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica*) is a medicinal plant rich in terpenoid compounds, widely used in pharmaceutical and perfumery industries. This study investigated the effect of foliar application of salicylic acid (SA) at concentrations of 0, 400, 800, and 1200 micromolar on the quantity and composition of Moldavian balm essential oil. The experiment was conducted in the summer of 1403 using a completely randomized design with three replicates in the research greenhouse of Imam Khomeini International University. Results showed that the essential oil percentage increased from 0.42% in the control treatment to approximately 0.6% in the 1200 micromolar treatment, while the essential oil yield rose from 0.62 to 0.87 grams per plant. The main essential oil components included geraniol, geranial, and geranyl acetate, with the proportion of geranyl acetate increasing from 35.2% to 43.5% as SA concentration rose. Foliar application of salicylic acid also had a positive effect on increasing the percentage of geranial, though the amount of geraniol exhibited a decreasing trend with higher SA concentrations. These findings indicate the stimulatory role of salicylic acid in enhancing the quantity and quality of Moldavian balm essential oil, which could contribute to optimizing its cultivation.

Keywords: Geranyl acetate, Growth regulator, Secondary metabolite

بررسی ساختار تشریحی و ریزریخت‌شناسی برگ در شش گونه *Lycium* (تیره بادنجانیان) در ایران

مریم کشاورزی*[۱]، ملیکا ابراهیمی سرخ آبادی[۱]، راحله طبری‌پور[۱]
۱- گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران. شهر و کشور)
*نویسنده مسئول: m.keshavarzi@alzahra.ac.ir

چکیده

سرده کام‌تیغ (*Lycium* L.) از تیره بادنجانیان (Solanaceae) با شش گونه شناخته‌شده در ایران، از جمله گیاهان دارویی بومی با کاربرد در درمان اختلالات قلبی، چشمی، کبدی و کلیوی محسوب می‌شود. در مطالعات پیشین انجام یافته بر تاکسون‌های مختلف، صفات تشریحی نظیر نوع روزنه و ساختار داخلی برگ و ساقه از اهمیت قابل توجهی برخوردار بوده‌اند، همچنین داده‌های ریزریخت‌شناسی به‌ویژه در ارتباط با کرک‌های پوششی و ترشحی در شناسایی گونه‌ها ارزشمند تلقی می‌شوند. در پژوهش حاضر، برگ شش گونه از گیاه دارویی *Lycium* که از کلیه رویشگاه‌های این گیاه از طبیعت ایران جمع‌آوری شده‌اند، از نظر ساختار تشریحی و ریزریخت‌شناسی مورد بررسی قرار گرفتند. مقاطع تشریحی برگ با روش برش‌گیری دستی و رنگ‌آمیزی مضاعف تهیه شد. همچنین، بررسی ویژگی‌های سطح برگ با میکروسکوپ الکترونی انجام گرفت. داده‌های حاصل با بهره‌گیری از روش‌های آماری چندمتغیره تحلیل شد. یافته‌ها نشان داد صفاتی مانند نوع و تراکم کرک‌ها، حضور و نوع کریستال‌های اگزالات کلسیم، نوع و اندازه روزنه‌ها و ساختار سطح برگ از نظر تمایز گونه‌ای اهمیت دارند. گونه *L. ruthenicum* به‌طور مشخص از سایر گونه‌ها متمایز شد. افزون بر آن، صفات کمی نظیر ضخامت اپیدرم، قطر آوندهای چوبی و آبکشی، و صفات کیفی مانند نوع کرک، در طبقه‌بندی گونه‌ها نقش کلیدی ایفا می‌کنند. در مجموع، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ویژگی‌های تشریحی و ریزریخت‌شناسی برگ می‌توانند ابزار مؤثری در شناسایی و تفکیک گونه‌های *Lycium* در زیست‌بوم‌های بیابانی و شور ایران باشند و نقش عوامل محیطی در تغییر ساختار برگ را برجسته می‌سازند.

واژه‌های کلیدی: ایران، ریز ریخت‌شناسی، ساختار تشریحی برگ، کام‌تیغ، کرک‌ها.

Anatomical and Micromorphological Study of Leaves in Six *Lycium* Species (Solanaceae) in Iran

Maryam Keshavarzi[1]*, Melika Ebrahimi Sorkhabadi [1], Raheleh Tabaripour[1]
1. Plant Science Department, Faculty of biological Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran
Corresponding Author: m.keshavarzi@alzahra.ac.ir

Abstract

The genus *Lycium* L. (Solanaceae), comprising six native species in Iran, includes medicinal plants traditionally used for the treatment of cardiovascular, ocular, hepatic, and renal disorders. Anatomical traits such as stomatal type and internal tissue organization, along with micromorphological features—particularly the structure of glandular and non-glandular trichomes—have proven taxonomically informative in previous studies of different taxa. In this study, leaves of all six medicinal *Lycium* species were collected from their natural habitats and analyzed anatomically and micromorphologically. Leaf anatomical features were examined through manual cross-sections and double staining, while surface micromorphology was studied using scanning electron microscopy (SEM). The data were statistically analyzed using multivariate methods. The results revealed that characters such as trichome type and density, presence and form of calcium oxalate crystals, stomatal type and size, and micromorphological traits of the leaf surface are diagnostically significant. *L. ruthenicum* was clearly distinguished from the other species. Both quantitative traits (e.g., epidermal thickness, diameter of phloem and xylem vessels) and qualitative traits (e.g., trichome type) were found to be key in species delimitation. Overall, this study highlights the taxonomic value of leaf anatomical and micromorphological features in distinguishing *Lycium* species and provides evidence of the influence of environmental conditions on leaf structural adaptations in arid and saline ecosystems of Iran.

Keywords: Iran, leaf anatomy, *Lycium*, micromorphology, stomata, trichomes.

سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

مقایسه محتوای فنلی عصاره‌های مختلف گیاه اسفنتین (*Artemisia absinthium*) با تأکید بر روش‌های استخراج سنتی

بهور اصغری*[۱و۲]، سودابه مفاخری[۱] حسین هاشم پور[۲]

۱- گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

۲- گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: behvar.asghari@gmail.com

چکیده

گیاه *Artemisia absinthium* (اسفنتین)، یکی از گیاهان دارویی مهم از تیره Asteraceae، از دیرباز در طب سنتی جهت درمان اختلالات گوارشی، مشکلات کبدی، تب، کرم‌زدایی و تقویت سیستم ایمنی مورد استفاده قرار گرفته است. این گیاه دارای ترکیبات فعالی نظیر آرتی‌مسینین، توجون، کامازولن، فلاونوئیدها و ترکیبات فنولی است که خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدباکتری و ضدمیکروبی قابل توجهی دارند. در این مطالعه، محتوای فیتوشیمیایی به ویژه میزان ترکیبات فنلی جوشانده، دم‌کرده و عصاره هیدروالکلی این گیاه بررسی شد. محتوای فنل تام نمونه‌ها با استفاده از روش فولین–سیوکالتیو تعیین گردید. نتایج نشان داد که جوشانده اسفنتین با مقدار ۷۸/۰۷ میلی‌گرم معادل گالیک اسید در گرم عصاره خشک، بالاترین سطح ترکیبات فنلی را نسبت به سایر روش‌های استخراج داراست. این یافته‌ها بیانگر آن است که *A. absinthium* منبعی غنی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی است و استفاده از روش جوشاندن می‌تواند به‌عنوان روشی مؤثر در استخراج ترکیبات زیست‌فعال آن به کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: اسفنتین، ترکیبات فنولی، عصاره گیاهی، جوشاندن

مقدمه

گیاهان دارویی همواره یکی از منابع کلیدی در تأمین ترکیبات فعال دارویی به شمار می‌آیند و از گذشته‌های دور در درمان بیماری‌ها مورد استفاده حکما و اطبای سنتی قرار داشته‌اند. امروزه علاوه بر کاربرد سنتی، استخراج و بررسی مواد مؤثره گیاهان دارویی در قالب عصاره‌ها، فرآورده‌های دارویی و مکمل‌های تغذیه‌ای، توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است. روش‌هایی مانند جوشاندن، دم‌کردن و عصاره‌گیری با حلال‌هایی نظیر آب و اتانول، از متداول‌ترین شیوه‌های به‌کار رفته در استخراج ترکیبات زیست‌فعال هستند. با توجه به اینکه کارایی استخراج تحت تأثیر عواملی نظیر نوع حلال، شرایط استخراج و ویژگی‌های فیزیکی–شیمیایی گیاه قرار دارد، شناسایی مناسب‌ترین روش برای به‌دست‌آوردن ترکیبات مؤثره، از اهمیت بالایی برخوردار است (Asghari et al., 2018).

Artemisia absinthium یا اسفنتین، گیاهی معطر و دارویی از خانواده Asteraceae است که بومی مناطق مختلفی از اروپا، آسیا و شمال آفریقا می‌باشد. این گیاه به‌دلیل داشتن ترکیباتی نظیر توجون، کامازولن، فلاونوئیدها، کومارین‌ها، اسیدهای فنولیک و سزکوئی‌ترپن لاکتون‌ها، دارای خواص متعددی از جمله ضدالتهابی، ضدباکتریایی، ضدقارچی، گوارشی، ضدانگل و محرک ترشح صفرا است (Jamzad et al., 2003). از *A. absinthium* به‌صورت سنتی در درمان مشکلات معده، اختلالات کبدی، تب، بی‌خوابی و کاهش اشتها استفاده می‌شود و مطالعات جدید نیز فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی قابل توجهی را برای عصاره‌های آن گزارش کرده‌اند (Szopa et al., 2020).

ترکیبات اسانسی موجود در این گیاه نه‌تنها در مصارف دارویی، بلکه در صنعت تولید دافع‌های طبیعی حشرات و مکمل‌های گیاهی نیز کاربرد یافته‌اند. بوی تند و طعم تلخ آن، اسفنتین را به یکی از گزینه‌های کاربردی در ساخت فرآورده‌های دارویی تلخ‌مزه و تنظیم‌کننده عملکرد گوارش تبدیل کرده است. از این رو، این گیاه از جایگاه ویژه‌ای در طب سنتی و تحقیقات فیتوشیمی برخوردار بوده و به‌عنوان منبعی غنی از ترکیبات ثانویه زیست‌فعال در مطالعات داروسازی نوین مورد توجه قرار دارد (Nilius and Appendino, 2013).

مواد و روش‌ها

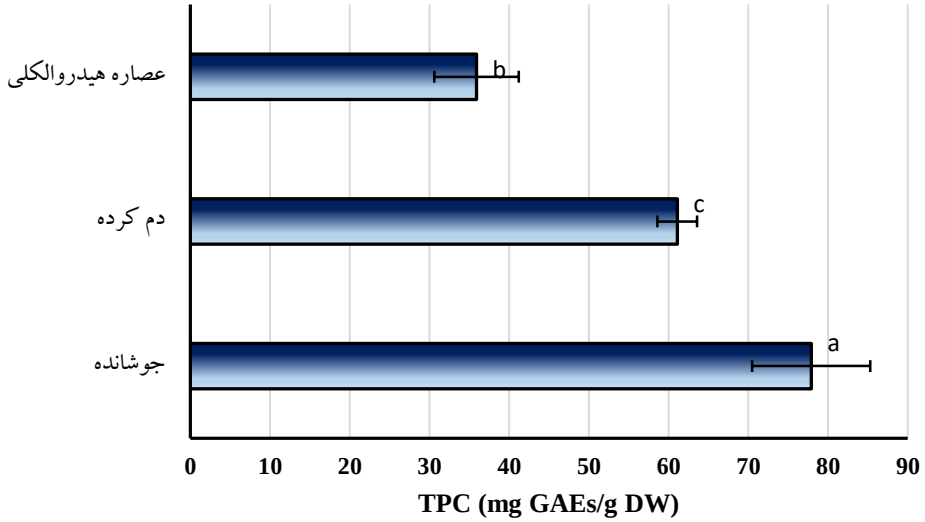
برای این پژوهش، نمونه‌های گیاه *Artemisia absinthium* پس از جمع‌آوری، در محیطی با دمای محیط و به دور از نور مستقیم خورشید خشک شدند. سپس اندام‌های هوایی خشک‌شده، آسیاب گردیدند و برای تهیه انواع عصاره‌ها شامل جوشانده، دم‌کرده و عصاره هیدروالکلی مورد استفاده قرار گرفتند. جهت تهیه جوشانده، مقدار ۵ گرم از پودر خشک گیاه با ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و روی حرارت قرار داده شد. پس از رسیدن به نقطه جوش، فرآیند حرارت‌دهی به مدت ۱۵ دقیقه ادامه یافت. مخلوط حاصل پس از ۱۰ دقیقه سرد شدن، صاف گردید. برای تهیه دم‌کرده، ۵ گرم از پودر گیاه به ۳۰۰ میلی‌لیتر آب جوش اضافه شد و مخلوط به مدت ۱۵ دقیقه در محیط بدون حرارت باقی ماند. در پایان، عصاره حاصل صاف شد. عصاره هیدروالکلی با روش خیساندن (ماسراسیون) تهیه گردید. برای این منظور، ۵ گرم پودر گیاه با ۳۰۰ میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ مخلوط شد و به‌مدت ۲۴ ساعت با هم‌زن مغناطیسی در دمای اتاق نگه‌داری گردید. سپس تفاله گیاه با استفاده از کاغذ صافی جدا شد.

عصاره‌های به‌دست‌آمده توسط تبخیرکننده دورانی (روتاری اواپراتور) در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و تحت خلأ تغلیظ گردیدند و با استفاده از فریزدرایر خشک شدند. نمونه‌های نهایی در ظروف شیشه‌ای تیره و دربسته در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایش‌ها نگهداری شدند.

برای تعیین مقدار کل ترکیبات فنولی، از روش فولین–سیوکالتیو استفاده شد. به‌منظور آماده‌سازی، ۲۰ میکرولیتر از عصاره (با غلظت ۲۰۰۰ ppm در متانول) با ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین (رقیق‌شده ۱:۱۰ با متانول) مخلوط شده و پس از ۶ دقیقه ماندگاری در محیط تاریک، ۸۰ میکرولیتر محلول سدیم کربنات ۷٫۵٪ افزوده شد. پس از ۹۰ دقیقه واکنش در تاریکی، میزان جذب نوری در طول موج ۷۴۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری گردید. جهت ترسیم منحنی استاندارد گالیک اسید، محلول‌های با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ ppm تهیه و مطابق روش فوق تیمار و جذب آن‌ها در ۷۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Asghari et al., 2019).

نتایج و بحث

شکل ۱ میزان ترکیبات فنولی موجود در سه نوع عصاره به‌دست‌آمده از گیاه *Artemisia absinthium* شامل جوشانده، دم‌کرده و عصاره هیدروالکلی را نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده، جوشانده این گیاه با مقدار ۷۷٫۹ میلی‌گرم معادل گالیک اسید در هر گرم وزن خشک عصاره، بالاترین میزان ترکیبات فنولی را دارا بود. در مقایسه، دم‌کرده و عصاره هیدروالکلی به‌ترتیب دارای مقادیر ۶۱٫۱ و ۳۵٫۹ میلی‌گرم معادل گالیک اسید در گرم بودند که به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از جوشانده بودند.



شکل ۱. محتوای فنلی فرآورده‌های مختلف گیاه اسفنتین

این اختلاف ممکن است ناشی از ویژگی‌های فیزیکی–شیمیایی ترکیبات فنولی موجود در اسفنتین باشد که در دماهای بالاتر (مانند فرآیند جوشاندن) استخراج‌پذیری بهتری دارند. همچنین حرارت می‌تواند موجب شکستن دیواره سلولی گیاه و آزادسازی بیشتر متابولیت‌های محلول در آب شود. در مقابل، در دم‌کرده به دلیل نبود حرارت مستقیم، میزان انتقال ترکیبات به محلول کاهش می‌یابد، و در عصاره هیدروالکلی، ماهیت ترکیبات مؤثره ممکن است با قطبیت حلال محدود شود.

رابطه همبسته و مستقیم میان مقدار ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در این تحقیق کاملاً مشهود بود. این یافته‌ها با پژوهش‌های پیشین مانند گزارش (Bahadori et al., 2017). که بیان کرده‌اند ترکیبات فنولی اصلی‌ترین عامل مهار رادیکال‌های آزاد در عصاره‌های گیاهی هستند، هم‌راستا است. به‌ویژه در مورد گیاهان دارای سزکوئی‌ترپن لاکتون‌ها، فلاونوئیدها و توجون، این همبستگی حتی قوی‌تر گزارش شده است.

افزون بر این، می‌توان چنین برداشت کرد که روش جوشاندن، علاوه بر فراهم‌سازی دمای مناسب برای آزادسازی ترکیبات محلول در آب، فرآیندی ساده، کم‌هزینه و قابل تعمیم در مقیاس نیمه‌صنعتی است که برای استخراج عصاره‌های با فعالیت زیستی بالا از گیاهانی مانند *Artemisia absinthium* می‌تواند کاربرد فراوانی داشته باشد.

در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که فرآورده حاصل از جوشانده گیاه اسفنتین از نظر محتوای ترکیبات فنولی و قدرت آنتی‌اکسیدانی نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد و به‌دلیل عملکرد زیستی مناسب، می‌تواند در تهیه مکمل‌های طبیعی، داروهای گیاهی و حتی فرمولاسیون محصولات آرایشی–بهداشتی مورد توجه قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، شاخص‌های بیولوژیکی مانند فعالیت آنتی اکسیدانتی، ضدباکتری، ضدالتهاب و سمیت سلولی عصاره‌ها نیز مورد بررسی قرار گیرند تا کاربردهای بالقوه گیاه به‌طور جامع‌تری ارزیابی شود.

منابع

Asghari, B., Mafakheri, S., Zarrabi, M.M., Erdem, S.A., Orhan, I.E., Bahadori, M.B., 2018a. Therapeutic target enzymes inhibitory potential, antioxidant activity, and rosmarinic acid content of *Echium amoenum*. *South African Journal of Botany*. *120*, 191-197.

Bahadori, M.B., Asghari, B., Dinparast, L., Zengin, G., Sarikurkcu, C., Abbas-Mohammadi, M. and Bahadori, S. (2017). *Salvia nemaroa* L.: A novel source of bioactive agents with functional connections. *LWT- Food Science and Technology. 75*, 42.

Jamzad, Z., Grayer, R.J., Kite, G.C., Simmonds, M.S., Ingrouille M., and Jalili, A. (2003). Leaf surface flavonoids in Iranian species of Nepeta (Lamiaceae) and some related genera. *Biochemical Systematics and Ecology*., *31(6)*, 587.

Nilius, B., & Appendino, G. (2013). Spices: the savory and beneficial science of pungency. *Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology*, *Vol. 164*, 1-76.

zopa, A., Pajor, J., Klin, P., Rzepiela, A., Elansary, H. O., Al-Mana, F. A., ... & Ekiert, H. (2020). *Artemisia absinthium* L. Importance in the history of medicine, the latest advances in phytochemistry and therapeutical, cosmetological and culinary uses. *Plants*, *9(9)*, *1063*.

Comparison of Antioxidant Activity and Phenolic Content in Various Extracts of *Artemisia absinthium* with Emphasis on Traditional Extraction Methods

Behvar Asghari[1,2]*, Sudabeh Mafakheri[1], Hossein Hashempour[2]
1. Department of Horticultural science engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin Iran
2. Department of chemistry, Faculty of basic sciences, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: behvar.asghari@gmail.com

Abstract

Artemisia absinthium (commonly known as wormwood) is a medicinally important plant from the Asteraceae family, traditionally used for treating digestive disorders, liver dysfunctions, fever, parasitic infections, and for strengthening the immune system. This plant contains various bioactive compounds including artemisinin, thujone, chamazulene, flavonoids, and phenolic compounds, which are known for their antioxidant, anti-inflammatory, antibacterial, and antimicrobial properties. In the present study, the phytochemical content and antioxidant potential of wormwood extracts prepared by decoction, infusion, and hydroalcoholic extraction were investigated. Total phenolic content (TPC) was determined using the Folin–Ciocalteu method. The results revealed that the decoction exhibited the highest phenolic content, with 78.07 mg gallic acid equivalents (GAE) per gram of dry extract, significantly surpassing the other extraction methods. These findings indicate that *A. absinthium* is a rich source of antioxidant compounds, and that the decoction method can be considered the most effective for extracting bioactive constituents from this plant. The strong antioxidant potential and traditional medicinal applications of wormwood highlight its promise for use in pharmaceutical and nutraceutical formulations.

Keywords: *Artemisia absinthium*, Decoction method, Phenolic compounds, Plant extract

متابولیسم ثانویه گیاهان و مشکلات بهینه‌سازی عملکرد آن‌ها

فاطمه خاکدان*
گروه زیست شناسی، پردیس فرزانگان، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
*نویسنده مسئول: f.khakdan@semnan.ac.ir

چکیده

گیاهان مسیرهای متابولیکی‌ای دارند که منجر به تولید ده‌ها هزار ترکیب ثانویه می‌شود؛ این ترکیبات قادرند به‌طور مؤثری به تنش‌های زیستی و غیرزیستی پاسخ دهند. این مسیرها که معمولاً از مسیرهای متابولیکی اولیه و ضروری پس از Gene duplication منشأ می‌گیرند، اغلب به گروه‌های تاکسونومیکی خاصی محدود هستند و نقش مهمی در تعامل گیاه با محیط ایفا می‌کنند. تنظیم زمانی و مکانی دقیق بیان ژن، الگوی تجمع صحیح ترکیبات ثانویه را تضمین می‌کند. انتقال واسطه‌های متابولیکی نیز یک سطح تنظیمی دیگر است. تحریک بیان ژن‌های متابولیسم ثانویه در اثر زخم، مولکول‌های مشتق از گیاه‌خواران، القاگرهای پاتوژن و تنش اکسیداتیو ناشی از گرما، خشکسالی، سیل، نور فرابنفش یا دمای شدید اغلب با میانجی‌گری مولکول‌های سیگنال مانند جاسمونات، اسید سالیسیلیک و مشتقاتشان انجام می‌شود. سایر عوامل مهم در این متابولیسم شامل چرخه رشد، ساعت زیستی و فاکتورهای رونویسی تنظیمی اصلی هستند. این فاکتورها اهداف جذابی برای مهندسی مسیرهای متابولیسم ثانویه محسوب می‌شوند. با وجود پیچیدگی این مسیرها، پیشرفت‌های مهمی حاصل شده که منجر به موفقیت‌هایی در مهندسی این منبع متنوع از مولکول‌های مفید شده است. هدف از این مطالعه، بررسی سازوکارهای مولکولی، تنظیمی و زیست‌محیطی مؤثر بر متابولیسم ثانویه در گیاهان و تبیین چشم‌اندازهای کاربردی آن در بهبود عملکرد زیستی و بهره‌برداری صنعتی از این ترکیبات ارزشمند است.

واژه‌های کلیدی: متابولیسم ثانویه گیاهی، تنش محیطی، رشد و نمو، القاگرها، مهندسی متابولیک، فاکتورهای رونویسی، بیان میکروبی و تراریختی گیاهی.

مقدمه

ترکیبات ثانویه گیاهی، که اغلب به‌عنوان محصولات طبیعی شناخته می‌شوند، مجموعه‌ای گسترده از مولکول‌های غیرپروتئینی و معمولاً با وزن مولکولی پایین هستند که در برخی تاکسون‌ها دیده می‌شوند. این ترکیبات برای رشد و نمو اولیه ضروری نیستند، اما در سازگاری محیطی گیاه نسبت به تنش‌های زیستی (مانند حمله پاتوژن‌ها و حشرات) و غیرزیستی (مانند خشکسالی، نور زیاد و گرما) نقش مهمی ایفا می‌کنند (Gomez-Gomez & Rodriguez-Concepcion, 2022). از منظر انسانی، بسیاری از این مولکول‌ها کاربردهای مهمی در داروسازی، صنعت شیمی، تولید مواد جدید، کشاورزی و جنگلداری دارند. این ترکیبات طبیعی تأثیر زیادی بر زندگی بشر داشته‌اند. به‌عنوان مثال، کینین به‌عنوان داروی ضد مالاریا نقش کلیدی در تاریخ ایفا کرده است. یا داروهایی همچون تاکسول (از درخت سرخدار) برای درمان سرطان و وینکریستین (از گل پریوش) در درمان لوسمی کاربرد دارند. از آنجا که ساخت شیمیایی این ترکیبات به دلیل پیچیدگی ساختاری آن‌ها بسیار دشوار است، گیاهان یا سلول‌ها و بافت‌های گیاهی، تنها منابع تجاری قابل اتکا برای تولید آن‌ها هستند (Chen et al., 2023). دانش دقیق درباره مسیرهای متابولیسم ثانویه محدود به تعداد کمی از

گونه‌های گیاهی است. اگرچه در تعداد معدودی از موارد مسیرهای متابولیسم ثانویه به‌خوبی توصیف شده‌اند، اما تنوع زیادی در مسیرهای بیوشیمیایی و تنظیم آن‌ها مشاهده شده است. علیرغم تلاش‌های زیاد برای درک بهتر و بهینه‌سازی تولید این ترکیبات، مهندسی مؤثر بسیاری از این مسیرها همچنان چالش‌برانگیز است (Khakdan et al., 2022).

تنوع حاصل از پیش‌سازهای مشترک

یکی از چشمگیرترین جنبه‌های ترکیبات ثانویه گیاهان، تنوع وسیع آن‌ها است؛ درحالی‌که تنها چند صد ترکیب را می‌توان به متابولیسم اولیه (فتوسنتز، تنفس، و متابولیسم کربوهیدرات‌ها، اسیدهای چرب و نیتروژن) نسبت داد، تخمین زده می‌شود که حدود ۲۰۰،۰۰۰ ترکیب در متابولیسم ثانویه مشارکت داشته باشند (مانند ترپن‌ها، پلی‌کتیدها، ترکیبات فنولی، آلکالوئیدها، گلیکوزیدهای سیانوژنیک، گلوکوزینولات‌ها و اسیدهای آمینه غیرپروتئینی (Gomez-Gomez & Rodriguez-Concepcion, 2022). از دیدگاه بیوشیمیایی و تکاملی، منشأ ترکیبات ثانویه را می‌توان در ترکیبات و ژن‌های متابولیسم اولیه جست‌وجو کرد. این ترکیبات اغلب از اسیدهای آمینه، بازهای نیتروژنی، یا واسطه‌های مسیرهای فتوسنتزی، تنفسی، کربوهیدراتی یا چربی‌ای ناشی می‌شوند. از دیدگاه تکاملی، به نظر می‌رسد بسیاری از ژن‌های متابولیسم ثانویه از تکرار ژن‌های متابولیسم اولیه و سپس تجمع جهش‌ها و تنوع عملکردی آن‌ها حاصل شده‌اند. در متابولیسم ترپن‌ها، برخی از آنزیم‌های ترپن سیکلاز شناخته شده‌اند که قادرند از یک پیش‌ساز واحد، چندین محصول متفاوت تولید کنند و به این ترتیب تنوع شیمیایی زیادی ایجاد می‌شود. نوع محصول غالبی که توسط این آنزیم‌ها تولید می‌شود، معمولاً به دسترس‌پذیری کوفاکتورها و محیط زیرسلولی آنزیم‌ها بستگی دارد (Gomez-Gomez & Rodriguez-Concepcion, 2022).

انتقال سیگنال و پاسخ‌دهی به محیط

یکی از ویژگی‌های برجسته متابولیسم ثانویه گیاهان، توانایی آن‌ها در پاسخ‌دهی به سیگنال‌های محیطی است. گیاهان که موجوداتی بی‌حرکت هستند، برای سازگاری با انواع تنش‌های زیستی و غیرزیستی، مجموعه‌ای پیچیده از مسیرهای متابولیکی ایجاد کرده‌اند تا بتوانند مواد شیمیایی موردنیاز را تولید کنند (Chen et al., 2023). در این فرایند، فیتوهورمون‌ها و سایر مولکول‌های سیگنال‌دهنده نقش کلیدی در انتقال اطلاعات محیطی به مسیرهای متابولیکی بازی می‌کنند و باعث می‌شوند گیاه پاسخ‌های متناسب و سازگار با شرایط خاص محیطی ایجاد کند. بیشتر تنش‌ها منجر به انباشت گذرای گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) می‌شوند. این ترکیبات نقش مهمی در سیگنال‌دهی دارند، اما در صورت تجمع بیش از حد، می‌توانند سمی باشند. تعدادی از ترکیبات ثانویه به‌واسطه وجود ROS القا می‌شوند. این ترکیبات نه تنها می‌توانند به‌عنوان سیگنال برای تنظیم بیان ژن‌های متابولیسم ثانویه عمل کنند، بلکه هدف خود ترکیبات نیز می‌توانند پاداکسنده (آنتی‌اکسیدان) باشند و با خنثی کردن ROS از DNA، پروتئین‌ها و غشاهای سلولی محافظت کنند (Khakdan et al., 2016). قابلیت آنتی‌اکسیدانی فلاونوئیدها در محافظت از سلول‌های گیاهی در برابر UV و اثرات ناشی از ROS به‌خوبی مستند شده است، و شواهد رو به افزایشی وجود دارد که برخی آلکالوئیدهای مونوترپنی ایندول نیز نقش مشابهی دارند. مسیرهای سیگنال‌دهی که وضعیت محیطی را به تغییرات در بیان ژن تبدیل می‌کنند، عمدتاً از چهار سطح تنظیمی عبور می‌کنند: کنترل رونویسی(transcriptional control)، پایداری mRNA، تعدیل پساترجمه‌ای پروتئین‌ها (post-translational modifications)، تجزیه انتخابی پروتئین‌ها (Chen et al., 2023). فعال‌سازی، رهاسازی از غشاها، مهار یا تخریب فاکتورهای رونویسی (TF)ها یا پروتئین‌های گیرنده TF، می‌توانند بر

غلظت، تحرک هسته‌ای، یا فعالیت اتصال به DNA آن‌ها تأثیر بگذارند؛ این‌ها همگی تعیین‌کننده بیان آنزیم‌هایی هستند که در نهایت الگوهای متابولیکی قابل مشاهده را پدید می‌آورند. سطح دیگری از تنظیم، که به‌تازگی در متابولیسم ثانویه گیاهان شناخته شده، پایداری RNA است که توسط طیف وسیعی از RNAهای کوچک (small RNAs) تنظیم می‌شود (Chen et al., 2023). تکنیک‌های مؤثر RNAi یا تداخل RNA برای تغییر پروفایل ترکیبات ثانویه، از طریق تغییر بیان پروتئین‌های تنظیمی یا خاموش‌سازی مراحل خاص بیوسنتزی، به‌کار گرفته شده‌اند(Chen et al., 2023).

متابولیسم ثانویه و راهبردهای دفاعی

راهبردهای دفاعی مبتنی بر متابولیسم ثانویه، در گونه‌های مختلف گیاهی و بسته به نوع تعامل با مهاجمان (چه گیاه‌خواران و چه پاتوژن‌ها)، متفاوت‌اند. یک نوع خاص از دفاع ساختاریافته، شامل انباشت ترکیبات پیش‌ساز است که معمولاً در واکوئل‌ها ذخیره می‌شوند؛ پس از آسیب، این ترکیبات آزاد شده و توسط آنزیم‌هایی که یا به‌طور همزمان فعال می‌شوند یا در اثر تخریب ساختار سلولی در دسترس قرار می‌گیرند، به شکل فعال‌شده خود تبدیل می‌شوند. مثال بارز این فرآیند، گلوکوزینولات‌ها هستند (Khakdan et al., 2017). با این حال، در بسیاری از گونه‌ها، الگوهای دفاعی میانی دیده می‌شود؛ در این موارد، ترکیبات دفاعی در سطح پایه‌ای ذخیره می‌شوند و در صورت مواجهه با عامل خاص، سطح آن‌ها افزایش می‌یابد. نکته مهم اینجاست که این راهبردها اگرچه در دسته‌بندی‌های اولیه بر اساس پاسخ به تنش‌های زیستی مطرح شده‌اند، اما می‌توانند به‌خوبی به تنش‌های غیرزیستی نیز تعمیم داده شوند، چراکه در آن‌ها نیز پروفایل تجمع ترکیبات ثانویه تغییر می‌کند (Chen et al., 2023).

کنترل‌های رشدی چگونه ساختار و عملکرد را سازمان می‌دهند. در بسیاری از موارد، بیان مسیرهای متابولیسم ثانویه در گیاهان، به‌شدت وابسته به زمان و مکان است. مثال‌های کلاسیک این موضوع عبارت‌اند از: تولید ترپن‌های فرار و رنگدانه‌های فلاونوئیدی در بافت‌های گل؛ تجمع فلاونوئیدها در اپیدرم برگ‌هایی که تحت نور UV قرار گرفته‌اند؛ تولید مونوترپن‌ها در تریکوم‌های غده‌ای برگ نعناع (Khakdan et al., 2017).

پروتئین‌های تنظیمی و جریان متابولیکی

کنترل جریان متابولیکی در مسیرهای بیوشیمیایی، نتیجه تعامل و همبستگی بین تمام آنزیم‌های مسیر است. به‌عبارتی آنزیم‌ها و متابولیت‌ها در یک سیستم پویا عمل می‌کنند؛ تغییر در هر بخش می‌تواند بر سایر اجزا اثر بگذارد. این اصل، اساس مفهومی به نام تحلیل جریان متابولیکی (metabolic flux analysis) است. در این زمینه، هر آنزیم در مسیر، به نوعی در کنترل جریان متابولیت‌ها مشارکت دارد، اما ممکن است تأثیر برخی بیشتر باشد. برخلاف ثابت‌های سینتیکی آنزیم‌ها، ضریب کنترل جریان (flux control coefficient) برای یک آنزیم مقدار ثابتی نیست، بلکه بسته به مرحله رشدی یا وضعیت فیزیولوژیکی گیاه تغییر می‌کند. از منظر مهندسی، فاکتورهای رونویسی (TFs) که می‌توانند مثبت یا منفی عمل کنند، اهداف بسیار مناسبی برای تغییر مسیرهای متابولیکی‌اند، چرا که آن‌ها می‌توانند چندین ژن آنزیمی در یک مسیر را به‌صورت هماهنگ و یکپارچه تنظیم کنند. اما همان‌طور که در متابولیسم فلاونوئیدها مشاهده شده، برای تغییر بیان مؤثر ژن‌های هدف، بیش از یک نوع TF باید تنظیم شود، چرا که ورودی‌های تنظیمی متفاوتی به این ژن‌ها وارد می‌شود. در گیاهان، شبکه‌های رونویسی پیچیده‌ای مشاهده شده‌اند که شامل: تنظیم متوالی TFها با یکدیگر و خودتنظیمی بیان ژن (Chen et al., 2023) T.

نتیجه‌گیری

درک دقیق از مسیرهای متابولیکی ثانویه، بیان ژن‌های درگیر و فاکتورهای تنظیمی، فرصت‌های گسترده‌ای را برای مهندسی مولکولی این مسیرها فراهم کرده است. استفاده از ابزارهای نوین بیوتکنولوژی، از جمله ویرایش ژن و تنظیم فاکتورهای رونویسی، می‌تواند به تولید بهینه ترکیبات ثانویه با ارزش دارویی، کشاورزی و صنعتی منجر شود. این رویکردها نه‌تنها به افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی کمک می‌کنند، بلکه پتانسیل قابل توجهی برای توسعه پایدار در سامانه‌های کشاورزی و تولید مواد طبیعی فراهم می‌نمایند. از این رو، پژوهش‌های آینده باید بر کشف مکانیزم‌های تنظیمی پیچیده و طراحی مسیرهای بیوسنتزی بهینه در گیاهان مدل و زراعی متمرکز شوند.

منابع

Chen, X., Li, M., & Liu, Y. (2023). CRISPR/Cas9-mediated genome editing for the enhancement of bioactive compound uction in plants. *Trends in Plant Science, 28*(7), 789–803. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2023.03.005

Gomez-Gomez, L., & Rodriguez-Concepcion, M. (2022). Metabolic channeling in plant secondary metabolism: How to move intermediates between pathways. *Current Opinion in Biotechnology, 78*, 102807. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2022.102807

Khakdan, F., Nasiri, J., Ranjbar, M., & Alizadeh, H. (2017). Water deficit stress fluctuates expression profiles of 4Cl, C3H, COMT, CVOMT and EOMT genes involved in the biosynthetic pathway of volatile phenylpropanoids alongside accumulation of methylchavicol and methyleugenol in different Iranian cultivars of basil. *Journal of Plant Physiology, 218*, 74–83. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.07.012

Khakdan, F., Ranjbar, M., Nasiri, J., Shahriari Ahmadi, F., Bagheri, A., & Alizadeh, H. (2016). The relationship between antioxidant compounds contents and antioxidant enzymes under water stress in the cultivars of basil (Ocimum basilicum L.) from Iran. *Acta Physiologiae Plantarum, 38*, 1–15. https://doi.org/10.1007/s11738-016-2241-4

Khakdan, F., Shirazi, Z., & Ranjbar, M. (2022). Identification and functional characterization of the CVOMTs and EOMTs genes promoters from Ocimum basilicum L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 148*, 387–402. https://doi.org/10.1007/s11240-021-02196-y

Liu, H., Wang, Z., Xu, J., & Wu, Y. (2019). Expression patterns of germacrene D synthase genes under drought conditions in *Helianthus annuus* and their role in volatile organic compound production. *Frontiers in Plant Science, 10*, 1145. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01145

Wang, W., Xu, X., Tang, C., Wang, Y., & Sun, X. (2021). Synthetic biology approaches for optimizing plant secondary metabolism. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 9*, 634017. https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.634017

Plant Secondary Metabolism and Challenges in Optimizing Its Performance

Fatemeh Khakdan*
Department of Biology, Farzanegan Campus, Semnan University, Semnan, Iran
Corresponding Author: f.khakdan@semnan.ac.ir

Abstract

Plants possess metabolic pathways that lead to the production of tens of thousands of secondary metabolites. These compounds can effectively respond to biotic and abiotic stresses. These pathways, which typically originate from primary and essential metabolic routes following gene duplication, are often restricted to specific taxonomic groups and play a critical role in plant–environment interactions. The precise spatial and temporal regulation of gene expression ensures the correct accumulation pattern of secondary metabolites. The transport of metabolic intermediates represents another regulatory level. The induction of secondary metabolism gene expression in response to wounding, herbivore-derived molecules, pathogen elicitors, and oxidative stress caused by heat, drought, flooding, UV light, or extreme temperatures is often mediated by signaling molecules such as jasmonates, salicylic acid, and their derivatives. Other important factors influencing this metabolism include growth cycles, circadian rhythms, and key regulatory transcription factors. These elements serve as attractive targets for engineering secondary metabolic pathways. Despite the complexity of these pathways, significant advancements have led to successful engineering of this diverse source of beneficial molecules. The aim of this study is to investigate the molecular, regulatory, and environmental mechanisms influencing secondary metabolism in plants and to highlight its practical applications in improving biological performance and industrial utilization of these valuable compounds.

Keywords: Plant secondary metabolism, Environmental stress, Growth and development, Elicitors, Metabolic engineering, Transcription factors, Microbial expression, Plant transformation.

نقش ژن ژرماکرین D در سنتز سسکوئی‌ترپن‌ها و پاسخ به تنش خشکی در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.)

فاطمه خاکدان*

گروه زیست شناسی، پردیس فرزانگان، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

*نویسنده مسئول: f.khakdan@semnan.ac.ir

چکیده

ترکیبات ثانویه گیاهی به‌ویژه ترپنوئیدها نقش‌های کلیدی در دفاع گیاهان و تعامل با محیط ایفا می‌کنند. ژرماکرین D یکی از سسکوئی‌ترپن‌های مهم است که به‌دلیل خواص دارویی و کاربردهای صنعتی مورد توجه قرار گرفته است. این ترکیب توسط آنزیم ژرماکرین D سنتز می‌شود. بیان ژن ژرماکرین D سنتاز تحت تأثیر شرایط محیطی، از جمله تنش خشکی، تغییر می‌کند. در این مطالعه، سه توده دارویی ریحان (A، B و C) تحت تیمار خشکی (۷۵، ۵۰ و ۲۵٪ ظرفیت زراعی) قرار گرفته و بیان ژن ژرماکرین D سنتاز با استفاده از qRT-PCR بررسی شد. نتایج نشان داد که در هر سه توده، سطح بیان ژن تحت تنش به‌طور معنی‌داری کاهش یافته و توده C بیشترین میزان کاهش را نشان داد. این نتایج نقش مهم ژن ژرماکرین D سنتاز را در سازوکارهای مقاومت به خشکی و تنظیم تولید ترکیبات سسکوئی‌ترپنی در شرایط تنش را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: ژرماکرین D سنتاز، سنتز سسکوئی‌ترپن، تنش خشکی، ریحان، بیان ژن

مقدمه

ریحان از خانواده نعناعیان، در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری، خصوصاً ایران رشد می‌کند و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان معطر برای تولید اسانس مورد استفاده قرار می‌گیرد (Khakdan et al., 2016) . اسانس ریحان در کرک‌های غده‌ای موجود در سطح اندام‌های هوایی گیاه تجمع می‌یابد و با داشتن ترکیبات مهم آروماتیک و دارویی دارای اهمیت اقتصادی در صنایع غذایی، دارویی، عطرسازی و آرایشی-بهداشتی است (Arjmand et al., 2020). از اسانس این گیاه به‌طور وسیعی برای درمان بیماری‌هایی مانند اسهال، سرفه، انگل‌های روده و ناراحتی‌های کلیه و کبد استفاده می‌شود و نیز در ترکیب با داروهای تب‌بر، ضدمالاریا، تسکین‌دهندگی درد، ضدافسردگی و ضدروماتیسم در صنایع داروسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Khakdan et al., 2017). مونوترپن‌ها، سسکوئی‌ترپن‌ها و فنیل‌پروپانوئیدها حجم عمده اسانس ریحان را تشکیل می‌دهند (Bülow & König, 2000). گیاهان در پاسخ به تنش‌های محیطی مانند خشکی، شوری، دما و آلودگی، مسیرهای پیچیده بیوشیمیایی را فعال می‌کنند (Loreto & Schnitzler, 2010). یکی از این مسیرها، مسیر سنتز ترکیبات ثانویه مانند ترپنوئیدها است. این ترکیبات با جذب گرده‌افشان‌ها، دفع آفات، تنظیم رشد و مقابله با تنش‌های زیستی و غیرزیستی، به بقای گیاه کمک می‌کنند (Tholl, 2015) ژرماکرین D یکی از سسکوئی‌ترپن های مهم است که در بسیاری از گیاهان معطر مانند ریحان، نعناع، رزماری و بابونه یافت می‌شود

(Liu et al., 2019). در گیاهان معطر، ژرماکرین D نقش مهمی در بوی گیاه، خواص ضدباکتری، ضدقارچ، آنتی‌اکسیدانی و محافظت از سلول‌ها در برابر تنش‌های اکسیداتیو دارد (Khakdan et al., 2017).

سسکوئی‌ترپن‌ها از مسیر بیوسنتز موالونات در سیتوزول گیاهان مشتق می‌شوند. این مسیر با سنتز موالونات از استیل‌کوآ آغاز شده و سپس به فاز تولید ایزوپنتنیل‌پیروفسفات و دمتیل‌آلیل‌پیروفسفات می‌رسد. ترکیب این دو پیش‌ساز منجر به تولید فارنزیل‌پیروفسفات می‌شود .(Bülow & König, 2000) در ادامه، آنزیم ژرماکرین D سنتاز با عمل بر روی فارنزیل پیروفسفات، ژرماکرین D را تولید می‌کند. این واکنش یک سیکلیزاسیون پیچیده است که توسط ناحیه فعال آنزیم هدایت می‌شود (Khakdan et al., 2022). آنزیم‌های ترپنوئید سنتاز از نظر ساختاری محافظت‌شده هستند و اغلب خانواده‌ای از آن‌ها در یک ژنوم گیاهی وجود دارد. تنظیم بیان ژن ژرماکرین D توسط فاکتورهای رونویسی، سیگنال‌های هورمونی مانند متیل‌ژاسمونات و سالیسیلیک اسید، و همچنین تنش‌های محیطی انجام می‌شود (Arjmand et al., 2019).

تغییر در بیان این ژن می‌تواند الگوی متابولیت‌های ثانویه گیاه را کاملاً تغییر دهد. بیان ژن کدکننده این ترکیب ممکن است تحت تأثیر تنش‌های محیطی تغییر کند که می‌تواند به عنوان یک مکانیسم دفاعی تفسیر شود (Khakdan et al., 2017). بیان این ژن تحت کنترل فاکتورهای محیطی و فیزیولوژیکی قرار دارد. بررسی تغییرات بیان این ژن در شرایط تنش می‌تواند به درک بهتر سازوکارهای مقاومت به خشکی در گیاهان کمک کند و در برنامه‌های به‌نژادی و مهندسی ژنتیک مورد استفاده قرار گیرد (Tholl, 2015).

در این تحقیق برای شناخت بهتر نقش تنش خشکی در تنظیم میزان ژرماکرین D، الگوی بیان ژن کلیدی ژرماکرین D سنتاز در سه سطح تنش خشکی ۷۵٪، ۵۰٪ و ۲۵٪ ظرفیت زراعی در سه توده گیاه ریحان از مناطق جهرم، آمل و شیراز مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

گیاهان و شرایط رشد: سه توده دارویی ریحان از مناطق مختلف جهرم، آمل و شیراز به ترتیب توده A، B و C انتخاب و در گلخانه تحت شرایط کنترل‌شده کاشته شدند. بذرها در گلدان‌های پلاستیکی با خاک استریل‌شده کشت و به مدت چهار هفته با آبیاری کامل رشد داده شدند. تیمار تنش خشکی. پس از مرحله رشد اولیه، گیاهان به دو گروه تقسیم شدند:

- **شاهد**: با آبیاری کامل تا ظرفیت زراعی
- **تیمار**: کاهش آبیاری به ۷۵٪، ۵۰٪ و ۲۵٪ ظرفیت زراعی به مدت ۱۰ روز

استخراج RNA و سنتز cDNA

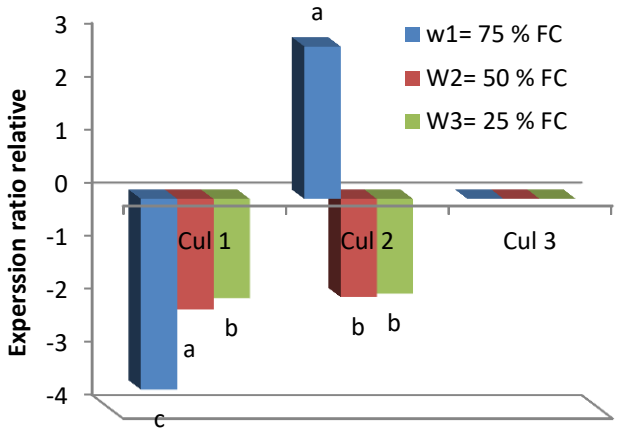
برگ‌های جوان برداشت و در نیتروژن مایع منجمد شدند. استخراج RNA با استفاده از کیت RNX-plus صورت گرفت و خلوص RNA با نانودراپ و ژل الکتروفورز تأیید شد. سپس cDNA با استفاده از کیت فرمنتاز سنتز گردید.

آنالیز بیان ژن با qRT-PCR

برای بررسی بیان ژن ژرماکرین D از روش qRT-PCR و رنگ SYBR Green استفاده شد. ژن اکتین به عنوان ژن مرجع استفاده شد. داده‌ها با استفاده از روش $^{-\Delta\Delta Ct}$ ۲ تحلیل شده و آزمون آماری ANOVA برای بررسی معناداری تغییرات بیان ژن بین تیمارها استفاده شد (Khakdan et al., 2017).

نتایج

نتایج نشان می‌دهد، بیان ژن ژرماکرین D سنتاز در توده ۱ در سطح W۲ و W۳، ۲/۰۸ و ۱/۸۵ برابر به ترتیب کاهش نشان داد و سپس میزان نسخه‌های این ژن در سطح تنش شدید در مقایسه با گروه شاهد کاملا بدون تغییر - ماند. در مقایسه با گروه شاهد، سطح نسخه‌برداری این ژن تحت تیمار W۲، در توده ۱ بیشترین فراوانی را داشت. در حالی‌که بیان این ژن تحت تیمار تنش شدید خشکی (W۳) کاهش معنی داری نشان داد. در مجموع برای میزان نسخه‌های این ژن در سه توده در بین سطوح مختلف تنش در مقایسه با گروه شاهد تفاوت معنی داری مشاهده شد (شکل ۱).



شکل ۱. آنالیز مقایسه‌ی بیان ژن ژرماکرین D سنتاز به روش ریئل تایم در سه توده ریحان در سطوح مختلف تنش خشکی. بیان ژن خانه‌دار اکتین به عنوان کنترل داخلی در نظرگرفته شد. داده‌ها به صورت میانگین± انحراف معیار برای سه تکرار بیان شده است. W۱: ۷۵٪ ظرفیت زراعی، W۲: ۵۰٪ ظرفیت زراعی و W۳: ۲۵٪ ظرفیت زراعی. a، b، c، d بیانگر تفاوت معنی دار در سطح ۵٪ می‌باشد.

بحث

کاهش بیان ژن ژرماکرین D ممکن است مرتبط با کاهش مقدار ژرماکرین D شناسایی شده در سطح تنش ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مقایسه با گروه شاهد در هر سه توده باشد. بنابراین، تولید ژرماکرین D در هر سه توده در سطح نسخه‌برداری تنظیم می‌شود و به نظر می‌رسد سایر عوامل تنظیمی تأثیری نداشته باشند. با این حال، نقش افزایش نسخه‌برداری سایر ژن‌ها از جمله ترانسپورترها به همراه ژن ژرماکرین D سنتاز ممکن است برای سنتز ژرماکرین D مورد نیاز باشد (Arjmand et al., 2019). مطالعات گذشته نشان می‌دهد که در گیاهان تراریخته، بیان این ژن تنها در سطوح تنش ۵۰٪ ظرفیت زراعی برای افزایش تولید ژرماکرین D و مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی کفایت می‌کند (Gershenzon & Dudareva, 2007). ژرماکرین D یکی از متابولیسم‌های ثانویه شناسایی شده در اسانس گیاهان معطر با عملکردهای اکولوژیکی مهم و اثرات متقابل زیستی می‌باشد (Khakdan et al., 2017). ژرماکرین سنتاز متعلق به خانواده ترپن سنتاز می‌باشد و در چندین گیاه از جمله Vitis vinifera، Actinidia deliciosa و Zingiber officinale شناسایی شده است (Bülow & König, 2000). تنش‌های غیرزیستی گوناگون عموماً باعث تغییرات اکسیداتیو می‌شود که در نهایت منجر به تولید زیاد گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) در گیاهان می‌شود (Loreto & Schnitzler, 2010).

مطالعات بیانگر این است که در تنش خشکی، خروج ایزوپرونوئیدهای فرار با ترکیب شدن با ROS در سلول افزایش می‌یابد. افزایش خروج ایزوپرونوئیدهای فرار در شرایط تنش برای سلول بسیار هزینه‌بر است اما به سود گیاه می‌باشد (Tholl, 2015).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که بیان ژن ژرماکرین D سنتاز در پاسخ به تنش خشکی در سه کولتیوار دارویی ریحان کاهش می‌یابد، و با توجه به عدم حضور مونوترپن‌های شاخص در توده ۳ کاهش بیان این ژن و ترکیب ژرماکرین D یکی از استراتژی‌هایی است که توده ۳ برای افزایش تحمل خشکی به کار می‌گیرد.

منابع

Arjmand, M., Sabzalian, M. R., & Khosh-Khui, M. (2019). The impact of cold stress on genes expression pattern of mono- and sesquiterpene biosynthesis and their contents in *Ocimum basilicum* L. *Phytochemistry*, *164*, 196–208. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2019.04.008

Arjmand, M., Sabzalian, M. R., & Khosh-Khui, M. (2020). Cold stress changes antioxidant defense system, phenylpropanoid contents and expression of genes involved in their biosynthesis in *Ocimum basilicum* L. *Scientific Reports*, *10*, 5662. https://doi.org/10.1038/s41598-020-62090-z

Bülow, N., & König, W. A. (2000). The role of germacrene D as a precursor in sesquiterpene biosynthesis: Investigations of acid catalyzed, photochemically and thermally induced rearrangements. *Phytochemistry*, *55*(2), 141–168. https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00284-2

Gershenzon, J., & Dudareva, N. (2007). The function of terpene natural products in the natural world. *Nature Chemical Biology*, *3*(7), 408–414. https://doi.org/10.1038/nchembio.2007.5

Khakdan, F., Nasiri, J., Ranjbar, M., & Alizadeh, H. (2017). Water deficit stress fluctuates expression profiles of 4Cl, C3H, COMT, CVOMT and EOMT genes involved in the biosynthetic pathway of volatile phenylpropanoids alongside accumulation of methylchavicol and methyleugenol in different Iranian cultivars of basil. *Journal of Plant Physiology*, *218*, 74–83. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.07.012

Khakdan, F., Ranjbar, M., Nasiri, J., Shahriari Ahmadi, F., Bagheri, A., & Alizadeh, H. (2016). The relationship between antioxidant compounds contents and antioxidant enzymes under water stress in the cultivars of basil (*Ocimum basilicum* L.) from Iran. *Acta Physiologiae Plantarum*, *38*, 1–15. https://doi.org/10.1007/s11738-016-2241-4

Khakdan, F., Shirazi, Z., & Ranjbar, M. (2022). Identification and functional characterization of the CVOMTs and EOMTs genes promoters from *Ocimum basilicum* L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, *148*, 387–402. https://doi.org/10.1007/s11240-021-02196-y

Liu, H., Wang, Z., Xu, J., & Wu, Y. (2019). Expression patterns of germacrene D synthase genes under drought conditions in *Helianthus annuus* and their role in volatile organic compound production. *Frontiers in Plant Science*, *10*, 1145. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01145

Loreto, F., & Schnitzler, J. P. (2010). Abiotic stresses and induced BVOCs. *Trends in Plant Science*, *15*(3), 154–166. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.12.006

Tholl, D. (2015). Biosynthesis and biological functions of terpenoids in plants. In G. J. Schwab (Ed.), *Biotechnology of Isoprenoids* (pp. 63–106). Springer. https://doi.org/10.1007/10_2015_125

The Role of Germacrene D Synthase Gene in Sesquiterpene Biosynthesis and Drought Stress Response in Basil (*Ocimum basilicum* L.)

Fatemeh Khakdan*
Department of Biology, Farzanegan Campus, Semnan University, Semnan, Iran
**Corresponding Author: f.khakdan@semnan.ac.ir*

Abstract

Plant secondary metabolites, especially terpenoids, play key roles in plant defense and interactions with the environment. Germacrene D is one of the major sesquiterpenes that has attracted attention due to its medicinal properties and industrial applications. This compound is synthesized by the enzyme germacrene D synthase. The expression of the *germacrene D synthase* gene is influenced by environmental conditions, including drought stress. In this study, three medicinal basil ecotypes (A, B, and C) were subjected to drought treatments at 75%, 50%, and 25% field capacity, and the expression of the *germacrene D synthase* gene was evaluated using qRT-PCR. The results showed that gene expression levels significantly decreased under drought stress in all three ecotypes, with ecotype C showing the highest reduction. These results highlight the important role of *germacrene D synthase* in drought resistance mechanisms and in regulating the production of sesquiterpenes under stress conditions

Keywords: Germacrene D synthase, Sesquiterpene biosynthesis, Drought stress, *Ocimum basilicum*, Gene expression

سومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

سمیت عصاره هگزانی نعناع فلفلی *Mentha piperita* بر بید سیب‌زمینی *Phthorimaea operculella*

داود محمدی*[۱]، ناصر عیوضیان کاری[۱]
۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز-ایران
*نویسنده مسئول: mohamadi@azaruniv.ac.ir

چکیده

بید سیب‌زمینی، *Phthorimaea operculella* یکی از آفات بسیار مهم سیب‌زمینی در شرایط مزرعه‌ای و انباری می‌باشد. این آفت سالانه خسارت بسیار بالایی بر غده‌های سیب‌زمینی بخصوص در شرایط انباری وارد می‌کند. استفاده از روش‌های کنترل جدید در راستای مدیریت مقاومت به آفت‌کش‌های معمول از ابزارهای لازم در کنترل پایدار این آفت به‌شمار می‌آید. در بررسی حاضر اثرات کشندگی عصاره هگزانی نعناع فلفلی، *Mentha piperita* بر مرحله رشدی لاروی و تخم‌های بید سیب‌زمینی مورد مطالعه قرار گرفته است. حشرات در شرایط کنترل شده بر روی غده‌های سیب‌زمینی پرورش یافتند. عصاره‌گیری با روش خیساندن اندام‌های هوایی نعناع در حلال ان-هگزان به مدت ۷ روز انجام گرفت. تغلیظ عصاره با روتاری در دمای ۳۵ درجه سلسیوس و ۲۵۰ RPM انجام گرفت. تاثیر عصاره بر تخم‌های ۲۴ و ۴۸ ساعته بید سیب‌زمینی با روش غوطه‌ورسازی دسته‌های تخم، تاثیر تدخینی علیه لاروهای ۴۸ ساعته بید سیب‌زمینی در ظروف ۱۰ میلی‌لیتری درپوشدار و تاثیر گوارشی عصاره علیه لاروهای ۴۸ ساعته نیز با استفاده از برگ‌های تازه سیب‌زمینی و با روش‌های استاندارد زیست‌سنجی مطالعه شد. نتایج نشان داد که مقادیر LC_{50} برای تخم‌های ۲۴ و ۴۸ ساعته بید سیب‌زمینی به ترتیب ۲/۶۵ و ۴/۰۴ درصد بود. نتایج بررسی اثرات تدخینی و تغذیه‌ای عصاره هگزانی نعناع بر لاروهای ۴۸ ساعته بید سیب‌زمین نشان داد که عصاره هگزانی نعناع به‌ترتیب با مقادیر LC_{50} معادل ۷/۳۶ و ۱۹/۷۶ درصد اثر کشندگی خوبی بر بید سیب‌زمینی داشت.

واژه‌های کلیدی: اثر تدخینی، اثر کشندگی، تخم‌کشی، عصاره، نعناع

مقدمه

بید سیب‌زمینی *Phthorimaea operculella* (Lep.: Gelechiidae) آفت بسیار مهم و خسارتزای سیب‌زمینی است که قادر به تغذیه از برگ‌ها، غده‌ها و اندام‌های هوایی سیب‌زمینی در شرایط مزرعه‌ای و همچنین غده‌های سیب‌زمینی در شرایط انباری است. این آفت عمده خسارت خود را بر روی غده‌های سیب‌زمینی و در انبارهای فاقد سیستم کنترل دما وارد می‌کند (Adhikari et al. 2022). روش‌های معمول مبارزه با این آفت استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی در مزرعه و سموم تدخینی در شرایط انباری است. این آفت‌کش‌ها دارای بقایای سمی بر روی محصول بوده و اثرات سوء بر سلامت انسان دارند و به دلیل فشار بالای استفاده از سموم شیمیایی مصنوعی علیه این آفت، بروز مقاومت به گروه‌های مختلف آفت‌کش در کشورهای مختلف گزارش شده است که لزوم جایگزینی با روش‌های نوین کنترلی را ضروری می‌کند (El-kady 2011). در سال‌های اخیر استفاده از متابولیت‌های مختلف گیاهی به‌صورت اسانس و یا عصاره به‌دلیل ویژگی‌های مثبتی که دارند مورد توجه محققین حوزه حفظ نباتات قرار گرفته‌اند (El-wakeil 2013).

نعناع فلفلی *Mentha piperita* (Lamiaceae) گیاه معطر دارویی است که در شرایط اقلیمی مختلف در کشور کشت می‌شود. در مطالعات متعددی اثرات زیستی اسانس و عصاره این گیاه بر حشرات مختلف گزارش شده است. در موارد زیادی اثرات دورکنندگی، لاروکشی و تاثیر بر حشرات کامل آفات انباری به صورت قابل قبولی در بررسی‌های آزمایشگاهی ثابت شده است (Gospodarek et al., 2023). در بررسی حاضر به دلیل اهمیت بسیار بالای بید سیب‌زمینی اثرات مختلف زیستی عصاره هگزانی نعناع فلفلی بر این آفت بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

-*بید سیب‌زمینی:* حشرات مورد نیاز برای مطالعات از کلنی بید سیب‌زمینی موجود در انسکتاریوم گروه گیاه-پزشکی تهیه شد. لاروها بر روی غده‌های سیب‌زمینی رقم آگریا در شرایط کنترل شده، دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۵۰ درصد و دوره نوری ۱۲:۱۲ ساعت پرورش یافتند. از شن استریل برای بستر مرحله شفیرگی در کف ظروف پرورش استفاده شد. شفیره‌ها روزانه با الک از بستر جدا و به ظروف ظهور و تخمریزی حشرات کامل منتقل می‌شد. از کاغذ روغنی برای بستر تخم و آب عسل ۱۰ درصد جهت تغذیه حشرات کامل استفاده شد.

-*عصاره‌گیری و تهیه غلظت‌های مختلف عصاره برای زیست‌سنجی:* اندام‌های هوایی نعناع فلفلی (برگ و ساقه) پس از تهیه و شستشو در شرایط سایه و دمای آزمایشگاه کاملا خشک شدند. مقدار ۱۰۰ گرم از پودر اندام‌های خشک شده گیاهی با ۵۰۰ میلی‌لیتر ان-هگزان در ظروف شیشه‌ای تیره یک لیتری مخلوط شده و در شرایط آزمایشگاه به مدت ۷ روز خیسانده شد. در نهایت محتوای شیشه با صافی در دو مرحله صاف شده و به دستگاه روتاری با دمای ۳۵ درجه سلسیوس و ۲۵۰ RPM منتقل شد تا عمل تغلیظ عصاره و جداسازی حلال انجام گیرد. عصاره تهیه شده در ظروف شیشه‌ای مناسب تا استفاده نهایی در یخچال نگهداری شد (Mohammadi et al., 2024).

برای تهیه غلظت‌های نهایی حاصل از آزمایشات مقدماتی برای مطالعات مختلف از هگزان به عنوان حلال استفاده شد. از هگزان و آب مقطر به‌عنوان شاهد مثبت و منفی استفاده شد. تمام آزمایشات حداقل سه بار تکرار شدند. غلظت‌های نهایی مورد استفاده برای بررسی اثرات تخم‌کشی (۲۴ و ۴۸ ساعته) در محدوده ۳۲-۲ و ۴۰-۲/۵ درصد بود. محدوده غلظت‌های نهایی حاصل از آزمایشات مقدماتی برای تست تدخینی و گوارشی نیز به‌ترتیب ۵۰-۳/۷۵ و ۴۰-۵ درصد بود.

-*بررسی اثر تخم‌کشی عصاره:* دسته تخم‌های ۲۴ و ۴۸ ساعته حاصل از مرحله تخمریزی حشرات بر روی کاغذ روغنی با شمارش تعداد مشخصی از تخم‌ها (۱۰ الی ۲۰ عدد) به همراه کاغذ جدا شده، در غلظت‌های مختلف عصاره به مدت ۵ ثانیه غوطه‌ور شده و پس از هوادهی به مدت ۱۰ دقیقه برای تبخیر حلال در داخل ظروف پتری منتقل و در شرایط اقلیمی مشابه پرورش حشرات قرار گرفتند. در فواصل زمانی ۶ الی ۱۲ ساعته مشاهدات که شامل شمارش تعداد تخم‌های تفریخ شده بود انجام گرفت. شمارش تا تفریخ تمام تخم‌ها در تیمار شاهد ادامه یافت.

-*بررسی اثر تدخینی عصاره:* برای بررسی اثر تدخینی عصاره بر لاروهای ۴۸ ساعته بید سیب‌زمینی از ظروف شیشه‌ای ۱۰ میلی‌لیتری دربدار استفاده شد. غلظت‌های مورد نظر بر روی ورقه‌های کاغذ صافی منتقل شده و پس از هوادهی به مدت ۱۰ دقیقه جهت تبخیر حلال در قسمت درپوش ظروف قرار گرفته و با یک لایه توری از فضای داخلی شیشه جدا شد. ۱۰ عدد لارو سن یک ۴۸ ساعته به ظروف منتقل و در شرایط کلیمایی ذکر شده قرار گرفت و مرگ و میر بعد از ۲ ساعت ثبت گردید.

- *بررسی اثر گوارشی عصاره:* به منظور بررسی اثر گوارشی عصاره هگزانی نعناع از برگ‌های تازه و هم‌سن سیب زمین رقم اگریا که در شرایط گلخانه کشت شده بود استفاده شد. برگ‌های مورد نظر در غلظت‌های مختلف عصاره به مدت ۵ ثانیه غوطه‌ور شده، به مدت ۱۰ دقیقه در هوای آزمایشگاه جهت تبخیر حلال قرار گرفته و در ظروف پتری قرار گرفتند. تعداد ۱۰ عدد لارو ۴۸ ساعته بید سیب‌زمینی برروی هر برگ منتقل شد. مرگ و میر لاروها ۲۴ ساعت بعد از شروع آزمایش ثبت گردید.

- *تجزیه آماری:* طرح در قالب کاملا تصادفی اجرا شد. تجزیه پروبیت داده‌ها و استحصال غلظت‌های مختلف کشنده نیز با رگرسیون پروبیت نرم افزار SPSS 16 انجام گرفت. در صورت مشاهده مرگ و میر در تیمارهای شاهد مثبت و منفی، با استفاده از فرمول ابوت تصحیح داده‌ها انجام گرفت.

نتایج و بحث

- *اثرات تخم‌کشی عصاره هگزانی نعناع:* نتایج تاثیر غلظت‌های مختلف عصاره بر تخم‌های ۲۴ ساعته بید سیب‌زمینی در جدول ۱ آمده است. همانگونه که مشخص است مقدار LC_{50} برای تخم ۲۴ ساعته و ۴۸ ساعته بید سیب‌زمینی به ترتیب ۲/۶۵ و ۴/۰۴درصد برآورد گردید. همانگونه که مشخص است تخم‌های ۲۴ ساعته حساسیت بیشتری نسبت به عصاره دارد. شیب خط برای این دو فاکتور زیستی تقریبا نزدیک بود. همچنین مقادیر کیدو در تخم‌های ۲۴ و ۴۸ ساعته غیر معنی‌دار بود که نشان دهنده هموزن بودن جمعیت مورد بررسی در واکنش به عصاره هگزانی نعناع است.

جدول ۱. کشندگی عصاره هگزانی نعناع فلفلی بر مراحل مختلف رشدی بید سیب‌زمینی

تیمارها	شیب خط±se	پارامترهای χ^2			LC_{30} (%) (FL)*	LC_{50} (%) (FL)	LC_{70} (%) (FL)
		χ^2	df	P-Value			
تخم ۲۴ ساعته	۱/۴۱ ۰±/۲۷	۷/۹۷	۱۳	۰/۸۴^{ns}	۱/۱۲ (۰/۳۵ – ۱/۹۸)	۲/۶۵ (۱/۳ – ۳/۹۷)	۶/۲۸ (۴/۲ – ۹/۳)
تخم ۴۸ ساعته	۱/۴۹ ۰±/۲۷	۷/۴۳	۱۳	۰/۸۸^{ns}	۱/۸ (۰/۷ – ۲/۹)	۴/۰۴ (۲/۳۷ – ۵/۶۷)	۹/۰۷ (۶/۵۶ – ۱۳/۱۲)
اثر تدخینی	۲/۶۴ ۰±/۶۱	۵/۰۸	۱۰	۰/۸۸^{ns}	۴/۶۶ (۲/۷۳– ۶/۴۱)	۷/۳۶ (۵/۲۲ – ۱۰/۶۱)	۱۱/۶۱ (۸/۳۹ - ۲۰/۸)
اثر گوارشی	۳/۸ ± ۰/۶۸	۷/۵۶	۱۰	۰/۶۷^{ns}	۱۳/۳۵ (۱۷/۸۳ - ۸/۹)	۱۹/۷۶ (۲۸/۴۴ – ۱۴/۷)	۲۹/۲۵ (۵۱/۱ – ۲۱/۵۴)

FL: حدود اطمینان

-*سمیت تدخینی و گوارشی عصاره هگزانی نعناع علیه لاروهای ۴۸ ساعته بید سیب‌زمینی:* هر چند عصاره‌های گیاهی در مقایسه با اسانس‌ها اثرات تدخینی کمتری دارند ولی در خصوص عصاره هگزانی نعناع فلفلی مقدار LC_{50} برابر با ۷/۳۶ درصد برآورد گردید که نشان دهنده تاثیر تدخینی خوب و کشندگی موثر لاروهای بید سیب‌زمینی با این روش است.

در خصوص سمیت گوارشی عصاره مقدار LC_{50} در مقایسه با سایر تیمارهای مورد بررسی بالاتر و ۱۹/۷۶ درصد برآورد گردید (جدول ۱). با این وجود بیشترین میزان شیب خط مربوط به خط دوز-اثر گوارشی عصاره هگزانی و معادل ۳/۸ بود. مقدار کیدو در هر دو روش زیست‌سنجی غیرمعنی‌دار بود که حاکی از هموژن بودن جمعیت لاروهای بید سیب‌زمینی نسبت به تاثیرپذیری جمعیت از عصاره هگزانی نعناع فلفلی است.

در مجموع با روش‌های زیست‌سنجی مختلف و مراحل مختلف رشدی بررسی شده بید سیب‌زمینی با توجه به نتایج خلاصه شده در جدول ۱ می‌توان نتیجه گرفت، تخم‌های جوان و ۲۴ ساعته بید سیب‌زمینی بیشترین حساسیت را نسبت به عصاره هگزانی نعناع داشتند و پس از آن تخم‌های ۴۸ ساعته حساستر بودند. همچنین مشخص گردید در تست تدخینی تاثیرپذیری لاروهای ۴۸ ساعته بید سیب‌زمینی بیشتر از تست گوارشی بوده و حدود ۲/۵ برابر، تست تدخینی بهتر از تست گوارشی در مرگ و میر موثر بود.

اثرات کشندگی گزارش شده در تحقیق حاضر نشان دهنده تاثیر متفاوت عصاره هگزانی نعناع فلفلی بر مراحل مختلف رشدی و روش زیست‌سنجی مورد استفاده است. با توجه به اینکه فرمولاسیون ترکیبات گیاهی در میزان نفوذ ترکیبات به بدن حشرات نقش دارد و در بررسی حاضر عصاره خام و غیر فرموله شده مورد بررسی قرار گرفته است. شاید بهتر باشد برای اظهار نظر در خصوص اثرات کم گوارشی و یا تدخینی علیه لاروهای سن اول بید سیب‌زمینی با فرمولاسیون مناسب بحث شود. موارد متعددی گزارشات در خصوص تاثیر معنی‌دار فرمولاسیون ترکیبات گیاهی در مقایسه با ترکیب خام وجود دارد (Arajpour et al., 2023). تاثیرپذیری کم آفات از آفت‌کش‌های مختلف با رشد آنها موضوعی قابل پیش‌بینی بوده و دلیل عمده آن نیاز به دوزهای بالاتر با توجه به افزایش توده زیستی و مقاومت فیزیکی بدن جهت نفوذ ترکیبات شیمیایی است. تخم‌های ۲۴ ساعته بید سیب‌زمینی از نظر رشد جنینی در مراحل اولیه بوده و با گذشت زمان و شکل‌گیری اندام‌های مختلف بخصوص همولنف و بافت چربی که سیستم ایمنی حشرات و متابولیسم در این بخش فعال است در مقایسه با تخم‌های ۴۸ ساعته حساسیت بالاتری نسبت به آفت‌کش‌ها داشته و اغلب با دوزهای پایین‌تری از بین می‌روند. اختلالات هورمونی، تاثیر منفی بر تقسیم سلولی، سنتز پروتئین و یا تلفیقی از این عوامل از دلایل تخم‌کشی ترکیبات گیاهی مختلف گزارش شده است (Homan and Ghanam, 2017).

اثر تدخینی عصاره هگزانی نعناع را می‌توان به ترکیبات شیمیایی عمده چربی‌دوست مانند منتول، لیمونن و ایزومنتول استات نسبت داد که اثرات کشندگی این ترکیبات بر آفات مختلف در منابع مختلف گزارش شده است (Khani et al., 2012). با توجه به اینکه حلال مورد استفاده در عصاره‌گیری در بررسی حاضر غیر قطبی بوده، به احتمال زیاد استخراج این ترکیبات که فرار بوده و اثرات تدخینی نیز می‌توانند داشته باشند توسط هگزان به خوبی صورت گرفته باشد. اصولا اسانس روغنی نعناع حاوی ترکیبات فرار غیرقطبی است و وجود این ترکیبات در عصاره هگزانی دور از انتظار نیست. هر چند با آزمایشات مختلف صورت گرفته در بررسی حاضر نمی‌توان در خصوص مکانیسم عمل عصاره هگزانی نعناع فلفلی اظهار نظر کرد ولی با توجه به مطالعات متعدد صورت گرفته، تاثیر بر سیستم عصبی، اختلال در متابولیسم و اثرات ضد تغذیه‌ای مکانیسم‌های عمده ممکن برای اثرات کشندگی ثبت شده در تحقیق حاضر باشد (Mohammadi et al., 2024; Khani et al., 2012).

در مجموع از نتایج بررسی حاضر مشخص میگردد که، عصاره هگزانی نعناع اثر تخم‌کشی خوبی بخصوص بر تخم‌های ۲۴ ساعته بید سیب‌زمینی دارد و می‌توان با فرمولاسیون و مطالعات گلخانه‌ای و مزرعه‌ای، این موضوع را بیشتر بررسی و تایید کرد. در مورد بید سیب‌زمینی اولین راه شروع آلودگی تخم‌گذاری حشرات کامل بر روی غده‌های سیب‌زمینی است که کنترل این مرحله در جلوگیری از گسترش آلودگی‌های بعدی در انبار بسیار موثر خواهد بود. اثر

تدخینی و گوارشی عصاره هگزانی نعناع بر لاروهای جوان بید سیب‌زمینی نیز قابل قبول بوده و در صورت فرمولاسیون و تایید اثر در شرایط انباری، می‌تواند به‌عنوان روش کنترل به تنهایی و یا در تلفیق با سایر روش‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

Adhikari, A., Oli, D., Pokhrel, A., Dhungana, B., Paudel, B., Pandit, S., Bigyan G C., and Dhaka. A. (2022). A review on the biology and management of Potato Tuber Moth. *Agriculture*, 68, (3): 97− 109.

Arajpour, F., Azizi Nesar, R., Sedaratian-Jahromi, A. and Ghane Jahromi, M. (2023). Effect of nanoformulation on toxicity of some herbal extracts against two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and Silverleaf whitefly *Bemisia tabaci*. *Plant Pest Research*, 13(2), 67-80.

El-kady, H. (2011). Insecticide resistance in potato tuber moth *Phthorimaea Operculella* Zeller in Egypt. *Journal of American Science*, 7(10), 263-266.

El-Wakeil, N.E. (2013). Botanical pesticides and their mode of action. *Gesunde Pflanzen*, 65, 125–149.

Gospodarek, J., Krajewska, A., and Paśmionka, I. B. (2023). Contact and gastric effect of Peppermint oil on selected pests and Aphid predator *Harmonia axyridis* Pallas. *Molecules*, 28(12), 4647. https://doi.org/10.3390/molecules28124647

Homan, B.H., and Ghanam, M.S. (2017). Ovicidal efficiency of some botanical oils against hatchability of Potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* eggs and their side effects on *Chrysoperla carnea* under laboratory conditions. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 95 (2), 625-637.

Khani, M., Muhamad Awang, R., and Omar, D. (2012). Insecticidal effects of peppermint and black pepper essential oils against Rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. and Rice Moth, *Corcyra cephalonica* (St.). *Journal of Medicinal Plants*, 11(43), 97-110.

Mohammadi, D., Hatami, A., Eivazian Kary, N., and Farshbaf Pourabad, R. (2024). Studying the combination effect of Celery, *Apium graveolens* extracts with Bt, against potato tuber moth *Phthorimaea operculella*. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, 37(4), 363-379. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2023.81209.1137

Toxicity of Peppermint *Mentha piperita* Hexane Extract on Potato Tuber Moth *Phthorimaea operculella*

Davoud mohammadi[1]*, Naser eivazian kary[1]
1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: mohamadi@azaruniv.ac.ir

Abstract

Potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*, is one of the most important potato pests in field and storage conditions. This pest causes high damage to potato tubers, especially in storage conditions. The use of new control methods to manage resistance to common pesticides is considered a necessary tool in the sustainable control of this pest. In the present study, toxicity of hexane extract of peppermint, *Mentha piperita*, on the larva and eggs of PTM were studied. Insects were reared on potato tubers under controlled conditions. Extraction was performed by soaking the aerial parts of peppermint in n-hexane solvent for 7 days. The extract was concentrated by rotary evaporation at 35°C and 250 RPM. The effect of the extract on 24- and 48-hour eggs of the PTM was studied by dipping method, the fumigation effect against 48-hour larvae of the potato moth conducted in 10-ml containers, and the oral toxicity of the extract against 48-hour larvae were also studied using fresh potato leaves and standard bioassay methods. The results showed that the LC_{50} values for 24- and 48-hour eggs of the PTM were 2.65 and 4.04 percent, respectively. The results of the fumigant and oral toxicity bioassay of the extract 48-hour larvae of the PTM showed that, the hexane extract of mint had an acceptable toxicity on the PTM larvae with LC_{50} values of 7.36 and 19.76 grams per liter, respectively.

Keywords: Extract, fumigant toxicity, lethal toxicity, mentha, ovicidal effect

ارزیابی بهره‌وری کل عوامل تولید زعفران شهرستان مرند

الهه قاسمی[1*]، قادر دشتی[2]

۱- دانشجوی دکتری، اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۲- استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

*نویسنده مسئول: Elaheqhasemi77@gmail.com

چکیده

در کشاورزی امروز، بهره‌وری صرفاً به‌عنوان شاخصی برای سنجش عملکرد مطرح نیست، بلکه نقش راهبردی و کلیدی در تحلیل میزان کارایی استفاده از منابع و ارزیابی پایداری سیستم تولیدی ایفا می‌کند. افزایش بهره‌وری نشان‌دهنده توان تولیدکننده در بهره‌گیری بهینه از نهاده‌ها و سازگاری با محدودیت‌ها و چالش‌های طبیعی و اقتصادی است. ازاین‌رو، ارتقاء بهره‌وری می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر در کاهش هزینه‌ها، حفظ منابع و تداوم فعالیت‌های کشاورزی در برابر تغییرات محیطی تلقی گردد. در همین راستا، هدف اصلی مطالعه حاضر، ارزیابی بهره‌وری عوامل تولید زعفران در شهرستان مرند می‌باشد. بنابراین جهت نیل به هدف تحقیق حاضر، از شاخص بهره‌وری کندریک برای اندازه‌گیری بهره‌وری کل استفاده به‌عمل آمد. برای این منظور، داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز از طریق تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری از ۴۰ زعفران‌کاران این شهرستان گردآوری گردید. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که میانگین بهره‌وری کل عوامل تولید زعفران در شهرستان مرند حدود ۰/۰۰۰۸۸ بوده، در حالی‌که این مقدار در بین کشاورزان کاراتر به ۰/۰۰۱۶۱ نیز می‌رسد. همچنین، نیروی‌کار با سهمی معادل ۴۷/۹۸ درصد، بیشترین سهم را در هزینه کل تولید دارد. در راستای بهبود بهره‌وری عوامل تولید بکارگیری نمادهای تکنولوژی نوین، افزایش کارایی کشاورزان و همچنین گسترش مقیاس تولید می‌تواند مثمر ثمر واقع شود.

واژه‌های کلیدی: تولید، سطح زیرکشت، شاخص بهره‌وری، کارایی، گیاهان دارویی

مقدمه

بخش کشاورزی یکی از ارکان بنیادین اقتصاد می‌باشد که نقش مؤثری در فرآیند توسعه پایدار ایفا می‌کند. این بخش از طریق تأمین امنیت غذایی، فراهم‌سازی مواد اولیه برای صنایع وابسته، اشتغال‌زایی مولد و ایجاد منابع ارزی برای واردات کالاهای سرمایه‌ای، سهم قابل‌توجهی در رشد اقتصادی کشورها، به‌ویژه کشورهای در حال توسعه نظیر ایران که ساختار اقتصادی آن‌ها وابستگی بالایی به فعالیت‌های کشاورزی دارد. با وجود اهمیت بسیار زیاد این موضوع، کشاورزی در بسیاری از کشورهای توسعه‌نیافته همچنان با چالش‌هایی نظیر بهره‌وری پایین مواجه می‌باشد که خود از دلایل اصلی فقر اقتصادی در این کشورها به‌شمار می‌آید (Ramazani et al., 2024). در چنین شرایطی، ارتقاء بهره‌وری در بخش کشاورزی به‌عنوان یکی از راهبردهای اساسی جهت تأمین امنیت غذایی جمعیت رو به رشد جهان مطرح می‌باشد. اهداف توسعه پایدار کشاورزی نیز بر همین اساس، بر بهبود بهره‌وری، کاهش فقر، صیانت از منابع طبیعی و حفظ پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تأکید دارند. بهره‌وری و پایداری نه‌تنها دو مقوله متضاد نیستند، بلکه در عمل می‌توانند موجب تقویت یکدیگر نیز شوند؛ به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه که با مسائلی همچون، فقر

روستایی و ناامنی غذایی روبرو هستند، تمرکز بر کشاورزی پایدار و ارتقاء بهره‌وری در استفاده از منابع، یکی از محورهای اصلی برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای تلقی می‌گردد (Mozaffari et al., 2023). در همین راستا، مطالعات متعددی در خصوص بهره‌وری عوامل تولید با هدف ارتقاء عملکرد، استفاده بهینه از نهاده‌ها و بهبود مدیریت منابع در بخش کشاورزی انجام شده است. له و همکاران (Le et al., 2019) با ارزیابی بهره‌وری و کارایی کشاورزی در نه کشور شرق آسیا با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (*DEA*) نشان دادند که کاهش کارایی منجر به کاهش بهره‌وری کل عوامل شده و تایوان، ژاپن و کره عملکرد برتری دارند. مظفری و همکاران (Mozaffari et al., 2023) با استفاده از مدل رشد سولو و داده‌های تلفیقی به بررسی رشد بهره‌وری کل عوامل تولید کشاورزی کشورهای اسلامی پرداختند. نتایج نشان داد که متغیرهای کود، سطح زیرکشت، موجودی سرمایه و اشتغال، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تولید کشاورزی داشتند. همچنین، متوسط نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در کشورهای با کمترین درجه توسعه‌یافتگی ۴- درصد، در کشورهای با درآمد متوسط ۰/۸ درصد و در کشورهای صادرکننده نفت ۰/۶ درصد به‌دست آمد. رمضانی و همکاران (Ramazani et al., 2024) در مطالعه‌ای با هدف بررسی بهره‌وری و کارایی عوامل تولید در بخش کشاورزی استان کهگیلویه و بویراحمد، با بهره‌گیری از روش تحلیل پوششی داده‌ها (*DEA*) و شاخص مالم‌کوئیست دریافتند که تغییرات فناوری بیشترین تأثیر را بر رشد بهره‌وری داشته است. نتایج نشان داد که استفاده بهینه از نهاده‌ها در برخی سال‌ها کارا و در برخی دیگر ناکارا بوده است که بیانگر ترکیب نامناسب نهاده و ستاده می‌باشد. والنزولا و همکاران (Valenzuela et al., 2024) به ارزیابی بهبود بهره‌وری و کیفیت زعفران کشت بدون خاک با بهره‌گیری از روش کودآبیاری پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش ۳۰ درصدی پتاسیم در محلول غذایی باعث افزایش بهره‌وری تولید از طریق رشد بهتر کورم‌ها و بهبود کیفیت زعفران شد، به‌طوری‌که محصول این تیمار در رده کیفی *Category I* بر اساس استاندارد *ISO* 3632 قرار گرفت.

زعفران (*Crocus sativus L.*) یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین محصولات کشاورزی ایران و جهان محسوب می‌شود که به‌دلیل نیاز آبی‌کم، ارزش اقتصادی بالا و ظرفیت اشتغال‌زایی، نقش مهمی در اقتصاد کشاورزی کشور دارد. ایران، بزرگ‌ترین تولیدکننده زعفران در جهان با بیش از ۹۰ درصد سهم تولید جهانی به‌شمار می‌رود. در سال ۱۴۰۲، سطح زیرکشت این محصول در کشور حدود ۱۱۱۶۵۴ هکتار و میزان تولید آن حدود ۳۰۱ تن گزارش شده است (Ministry of Agriculture Jihad, 2024). با وجود توسعه سطح زیرکشت در سال‌های اخیر، یکی از چالش‌های مهم در بهره‌وری تولید زعفران، کاهش عملکرد در واحد سطح است. عملکرد متوسط زعفران در سال ۱۴۰۲ حدود ۴ کیلوگرم در هر هکتار برآورد شده که نشان‌دهنده نیاز به بهبود مدیریت نهاده‌ها، روش‌های کاشت و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در فرآیند تولید این محصول ارزشمند است. در طی دهه‌های گذشته پرداختن به تولید زعفران در منطقه بناب شهرستان مرند متداول بوده است. از همین‌رو اندازه‌گیری میزان بهره‌وری در راستای پی بردن به چگونگی استفاده از منابع تولید حائز اهمیت می‌باشد. برای این منظور هدف مطالعه حاضر ارزیابی بهره‌وری عوامل تولید زعفران شهرستان مرند می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌طور کلی، بهره‌وری مفهومی کمی و قابل اندازه‌گیری است که نسبت میان مقدار کالاها و خدمات تولیدشده (ستانده‌ها) و میزان منابع مصرف‌شده (نهاده‌ها) در فرآیند تولید را بیان می‌کند. از سوی دیگر این شاخص نشان‌دهنده میزان کارایی در استفاده از منابع تولیدی جهت دستیابی به حداکثر سود اقتصادی است. به‌بیانی دیگر، بهره‌وری را

می‌توان به‌عنوان نسبت ستاده به میزان نهاده‌های مصرفی در فرآیند تولید تعریف نمود. این شاخص نشان‌دهنده میزان کارآمدی به‌کارگیری منابع و عوامل تولید در یک بازه زمانی مشخص می‌باشد. به‌طور کلی، بهره‌وری به دو دسته اصلی تقسیم می‌شود: بهره‌وری جزئی که عملکرد هر عامل تولید به‌صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار می‌دهد، و بهره‌وری کل که کارایی ترکیبی تمام عوامل تولید را در نظر می‌گیرد. شاخص‌های بهره‌وری کل به‌دلیل در نظر گرفتن تعاملات و جایگزینی بین عوامل مختلف، از دقت و قابلیت بیشتری نسبت به شاخص‌های بهره‌وری جزئی برخوردار می‌باشند (Dourandish et al., 2020). به‌همین منظور، استفاده از شاخص‌های مناسب برای اندازه‌گیری آن ضروری است. یکی از شاخص‌های معتبر در این زمینه، شاخص کندریک می‌باشد که مبتنی بر میانگین وزنی نهاده‌های تولید است. برای محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید با استفاده از این شاخص، لازم است نهاده‌های مختلف به واحدهای قابل اندازه‌گیری و همگن تبدیل شده و امکان تجمیع آن‌ها فراهم گردد. این امر موجب می‌شود تا تمامی نهاده‌ها به‌صورت هم‌زمان و در ارتباط با ستانده حاصل مورد سنجش قرار بگیرند. در مطالعه حاضر نیز، به‌منظور اندازه‌گیری بهره‌وری کل عوامل تولید در یک دوره زمانی مشخص، از داده‌های مقطعی بهره گرفته شده و شاخص کندریک به‌عنوان ابزار تحلیل انتخاب شده است. فرم ریاضی این شاخص به‌صورت رابطه (۱) ارائه می‌گردد (Dashti et al., 2023):

$$TFP_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{n} S_j X_{ji}} \quad (۱)$$

در رابطه مزبور Y_i مقدار تولید محصول X_{ji} مقدار نهاده jام، به‌کار گرفته شده در واحد تولیدی iام می‌باشد. همچنین برای برآورد سهم هزینه نهاده iام از رابطه (۲) بهره گرفته می‌شود:

$$S_i = \frac{P_i X_i}{\sum_{i=1}^{n} P_i X_i} \quad (۲)$$

که در رابطه (۲)، S_i سهم هزینه نهاده iام، P_i قیمت نهاده و X_i مقدار بکارگیری نهاده iام را نشان می‌دهد. برای محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید در شهرستان مرند، از الگوی تجربی مبتنی بر شاخص کندریک استفاده شده است که ساختار آن در قالب رابطه (۳) ارائه می‌شود:

$$TFP_i = \frac{Y_i}{S_1X_{1i} + S_2X_{2i} + S_3X_{3i} + S_4X_{4i} + S_5X_{5i} + +S_6X_{6i} + S_7X_{7i} + S_8X_{8i}} \quad (۳)$$

در رابطه فوق، TFP_i بهره‌وری کل عوامل تولید در مزرعه‌ی iام، Y_i مقدار محصول در مزرعه‌ی iام، xها مقدار نهاده‌های استفاده شده در مزرعه‌ی iام، s_1 سهم هزینه نهاده پیاز زعفران (بذر)، s_2 سهم هزینه نهاده سطح زیرکشت، s_3 سهم هزینه نهاده نیروی‌کار، s_4 سهم هزینه نهاده ماشین، s_5 سهم هزینه نهاده کود شیمیایی، s_6 سهم هزینه نهاده کود حیوانی، s_7 سهم هزینه نهاده آب و s_8 سهم هزینه سموم می‌باشد. بنابراین، داده‌ها و اطلاعات موردنیاز از طریق تکمیل پرسشنامه از ۴۰ زعفران‌کار شهرستان مرند گردآوری شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقدار بهره‌وری از نرم‌افزار Excel جهت نیل به هدف تحقیق استفاده به‌عمل آمد.

نتایج و بحث

در واقع همانطوریکه در قسمت قبل اشاره شد بایستی سهم هزینه‌ی هر یک از نهاده‌ها در فرآیند تولید محصول زعفران منطقه مشخص شود. نتایج مربوطه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. سهم هزینه عوامل از هزینه کل تولید زعفران

عامل تولید	(میانگین سهم درصد)
آب	۸/۱۲
پیاز زعفران	۱۷/۵۲
ماشین‌آلات	۲/۲۰
کود حیوانی	۴/۵۰
کودشیمیایی	۶/۰۱
سموم	۴/۵۶
زمین	۹/۱۱
نیروی‌کار	۴۷/۹۸

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که نیروی‌کار با سهمی معادل ۴۷/۹۸ درصد، بیشترین سهم را از هزینه کل تولید زعفران به خود اختصاص داده است که بیانگر ماهیت کاربر بودن این محصول و وابستگی زیاد آن به نیروی انسانی می‌باشد. پیاز زعفران نیز با ۱۷/۵۲ درصد در رتبه دوم قرار گرفته است و اهمیت بالای نهاده‌های اولیه در ساختار تولید را نمایان می‌سازد. همچنین، نهاده‌هایی نظیر زمین، آب و کود شیمیایی به‌ترتیب با ۹/۱۱، ۸/۱۲ و ۶/۰۱ درصد در سطوح میانی قرار دارند. در مقابل، ماشین‌آلات، کود حیوانی و سموم سهم کمتری از هزینه‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. این الگوی توزیع هزینه نشان می‌دهد که ساختار هزینه تولید زعفران عمدتاً متأثر از نیروی‌کار و نهاده‌های اصلی کاشت می‌باشد.

همانطوریکه قبلاً نیز اشاره شد بهره‌وری کل نسبت به بهره‌وری جزئی تصویر واقعی‌تری از جریانات تولید نشان می‌دهد. در محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید تمامی نهاده‌ها با همدیگر به‌طور هم‌زمان در مقابل ستانده به‌دست آمده در نظر گرفته می‌شود. نتایج محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید زعفران شهرستان مرند مطابق شاخص کندریک رابطه (۲) در جدول (۲) قابل مشاهده است.

جدول ۲. بهره‌وری کل عوامل تولید محصول زعفران شهرستان مرند

	میانگین	حداکثر	حداقل
بهره‌وری کل عوامل	۰/۰۰۰۸۸	۰/۰۰۱۶۱	۰/۰۰۰۵۲

همانطوریکه از جدول ۲ برمی‌آید بهره‌وری کل عوامل تولید محصول زعفران شهرستان مرند برای کشاورزان موردمطالعه به‌طور متوسط ۰/۰۰۰۸۸ می‌باشد. یعنی به‌ازای استفاده از هر واحد نهاده‌ها (نهاده تجمعی)[1] به‌طور میانگین ۰/۰۰۰۸۸ کیلوگرم زعفران تولید می‌شود. البته کشاورزانی که به‌شکل نسبتاً مؤثر و کارا از نهاده‌ها استفاده کرده‌اند مقدار آن به ۰/۰۰۱۶۱ می‌رسد.

1. Aggregate Input

برابر نتایج به‌دست آمده مشخص گردید که با افزایش سطح زیرکشت زعفران بهره‌وری عوامل تولید نیز افزایش پیدا می‌کند. بدین‌ترتیب این امر می‌تواند به‌منزله وجود صرفه‌های ناشی از مقیاس در تولید محصول باشد لذا پرداختن به کشت این محصول در مقیاس بزرگتر عملاً به اقتصادی‌تر شدن تولید کمک خواهد نمود. ضمن‌اینکه در جهت بهبود بهره‌وری شایسته است که از فناوری‌های جدید نظیر ماشین‌آلات استفاده‌های بیشتری شود تا با انجام به موقع عملیات زراعی زمینه برای افزایش تولید نیز مهیا گردد.

منابع

Dashti, G., Rahmani, E. and Hayati, B. (2023). Factors affecting the sustainability of rainfed wheat cultivation operations in Saqqez county. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *33*(2), 227-238. Doi: 10.22034/saps.2022.51868.2882

Dourandish, A., Ramezani, M. R., and Aminizadeh, M. (2020). Investigation of farmers' attitudes towards sustainable agriculture and its impact on the total factor productivity; the case of saffron farms in the Gonabad County. *Saffron Agronomy and Technology*, *8*(1), 99-117. SID. https://sid.ir/paper/370831/en

Le, T. L., Lee, P. P., and Peng, K. C. (2019). Evaluation of total factor productivity and environmental efficiency of agriculture in nine East Asian countries. *Agricultural Economics*, *65*(6), 249-258.

Ministry of Agriculture Jihad.(2024). <www.maj.ir>.

Mozafari, S., Rezaee, A., Shirani Bidabadi, F. and Eshraghi, F. (2023). Analysis of total factor productivity growth of the agricultural sector in selected member countries of the organization of the Islamic conference. *Economic Growth and Development Research*, *13*(52), 118-107. Doi: 10.30473/egdr.2023.65931.6618

Ramezani, S. V., Karami, A. and Nooripoor, M. (2024). Investigating the productivity growth and efficiency of production factors in agricultural sector of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province of Iran. *Agricultural Economics and Development*, *32*(1), 189-221. Doi: 10.30490/aead.2024.362499.1524

Valenzuela, J. L., Díaz, J. G., and Salas-Sanjuán, M. d. C. (2024). Improvement in productivity and quality of soilless saffron crops by implementing fertigation. *Agri Engineering*, *6*(2), 1649-1659. https://doi.org/10.3390/agriengineering6020094

Evaluation of Total Factor Productivity of Saffron in Marand County

Elaheh Ghasemi[1*], Ghader Dashti[2]
1. Phd, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.
2. Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.
[*]*Corresponding Author: Elaheqhasemi77@gmail.com*

Abstract

In today's agriculture, productivity is not merely considered as an indicator for measuring performance, but rather plays a strategic and key role in analyzing the efficiency of resource utilization and assessing the sustainability of the production system. An increase in productivity reflects the producer's ability to optimally utilize inputs and adapt to natural and economic constraints and challenges. Therefore, enhancing productivity can be regarded as an effective tool in reducing costs, conserving resources, and ensuring the continuity of agricultural activities in the face of environmental changes. In this context, the main objective of the present study is to evaluate the productivity of saffron production factors in Marand county. To achieve this goal, Kendrick's productivity index was used to measure total productivity. For this purpose, the required data and information were collected through questionnaires and face-to-face interviews with 40 saffron farmers in the county. The results showed that the average total factor productivity of saffron production in Marand county was approximately 0.00088, while this figure reached up to 0.00161 among more efficient farmers. Moreover, labor accounted for the largest share of total production costs, with a share of 47.98 percent. In order to improve the productivity of production factors, the adoption of modern technologies, enhancement of farmers' efficiency, and expansion of production scale can be beneficial.

Keywords: Cultivation area, Efficiency, Medicinal plants, Productivity index, Production

کاربرد عصاره و روغن سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) به‌عنوان جایگزین طبیعی ایمازالیل نگهداری سیب انباری

سودابه عین‌افشار*[1]، پروین شرایعی[1]

۱- دانشیاران، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، Areeo، ایران، مشهد

*نویسنده مسئول: soodabeheyn@yahoo.com

چکیده

قارچ‌های انباری به‌ویژه *Penicillium expansum* از عوامل اصلی فساد سیب در دوره سردخانه‌ای هستند که منجر به کاهش کیفیت و افزایش ضایعات می‌شوند. این پژوهش با هدف بررسی اثر ضدقارچی عصاره اتانولی و روغن سیاهدانه در مقایسه با قارچ‌کش شیمیایی ایمازالیل، طی دوره ۶ ماهه نگهداری دو رقم سیب (گلدن دلیشس و رد دلیشس) در سردخانه انجام شد. تیمارها شامل روغن و عصاره سیاهدانه و ایمازالیل در غلظت ۰/۲ درصد بودند. نتایج نشان داد که هر دو فرآورده سیاهدانه به‌طور معنی‌داری رشد قارچ‌ها و مخمرها را کاهش دادند. عصاره ۰/۲ درصد در برخی موارد عملکردی مشابه ایمازالیل داشت. همچنین پارامترهای کیفی میوه مانند سفتی بافت، ویتامین C و شاخص بریکس در تیمارهای سیاهدانه بهتر حفظ شد. یافته‌ها مؤید پتانسیل بالای سیاهدانه به‌عنوان جایگزینی طبیعی، ایمن و سازگار با محیط زیست برای قارچ‌کش‌های شیمیایی در نگهداری میوه‌ها است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی انباری، ایمازالیل، سیب، سیاهدانه، قارچ‌کش طبیعی.

مقدمه

سیب یکی از مهم‌ترین محصولات باغی ایران به شمار می‌رود که نقشی کلیدی در تأمین میوه تازه، توسعه صادرات غیرنفتی و اشتغال‌زایی در مناطق سردسیری دارد. با وجود تولید گسترده این میوه در کشور، بخش عمده‌ای از آن پس از برداشت وارد دوره انبارداری می‌شود تا در فصول غیر تولید در بازار مصرف عرضه گردد. با این حال، نگهداری طولانی‌مدت سیب در شرایط سردخانه‌ای با چالش‌هایی همراه است که از مهم‌ترین آن‌ها، آلودگی‌های میکروبی به‌ویژه ناشی از قارچ‌های انباری نظیر *Penicillium expansum* است. این قارچ، عامل اصلی بیماری کپک آبی سیب محسوب می‌شود و حتی در دمای صفر درجه سانتی‌گراد نیز توانایی رشد و تخریب میوه را دارد.

برای مقابله با این آلودگی‌ها، استفاده از قارچ‌کش‌های شیمیایی مانند ایمازالیل رایج است. هرچند این ترکیبات از نظر اثربخشی قابل قبول‌اند، اما به دلیل باقی‌مانده‌های شیمیایی روی میوه، ایجاد مقاومت قارچی، تجزیه‌ناپذیری در محیط زیست و نگرانی‌های مربوط به سلامت انسان، استفاده از آن‌ها با چالش‌های جدی مواجه شده است (Nunes et al., 2001). در این راستا، توجه پژوهشگران به سمت یافتن جایگزین‌های طبیعی، ایمن و سازگار با محیط زیست معطوف شده است. یکی از گزینه‌های مطرح در این زمینه، استفاده از ترکیبات استخراج‌شده از گیاهان دارویی است.

گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa L.*) با پیشینه‌ای غنی در طب سنتی، در دهه‌های اخیر به‌واسطه خواص ضدقارچی، ضدباکتریایی، آنتی‌اکسیدانی و ایمنی‌زا، مورد توجه ویژه قرار گرفته است (Ramadan et al., 2012).

ترکیبات فعال موجود در عصاره و روغن این گیاه شامل تیموکینون، آلفاپینن، کارون، لینالول، کامفن و برنئول است که برخی از آن‌ها به‌طور مستقیم باعث مهار رشد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا می‌شوند. همچنین مطالعات نشان داده‌اند که عصاره سیاهدانه می‌تواند رشد قارچ‌هایی مانند *Candida albicans*، *Aspergillus flavus* و *Aspergillus fumigatus* را مهار کرده و تا بیش از ۹۰٪ از تولید آفلاتوکسین در محیط‌های غذایی جلوگیری کند (Akgul, 1989).

مزیت مهم دیگر سیاهدانه، تأیید ایمنی آن توسط سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) تحت عنوان GRAS (Generally Recognized As Safe) است که امکان استفاده از آن در صنایع غذایی و کشاورزی را بدون نگرانی از جنبه‌های بهداشتی فراهم می‌سازد (Kaskoos, 2011). با توجه به این ویژگی‌ها، استفاده از عصاره یا روغن سیاهدانه به‌عنوان قارچ‌کش طبیعی در فرآیند انبارداری میوه‌هایی نظیر سیب می‌تواند راهکاری مؤثر، ایمن و پایدار محسوب شود.

در پژوهش حاضر، تلاش شده است تا اثرات ضدقارچی عصاره و روغن سیاهدانه در مقایسه با قارچ‌کش شیمیایی ایمازالیل، در کنترل آلودگی قارچی و حفظ کیفیت دو رقم سیب (گلدن دلیشس و رد دلیشس) طی یک دوره شش‌ماهه انبارداری بررسی شود. هدف نهایی این مطالعه، معرفی راهکاری گیاه‌مبنا برای کاهش مصرف ترکیبات شیمیایی، ارتقای سلامت محصول نهایی، و افزایش ماندگاری سیب به‌ویژه در زنجیره‌های صادراتی و تولید ارگانیک است.

مواد و روش‌ها

دانه‌های سیاهدانه (*Nigella Sativa*) تایید شده از مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تهیه شد. مواد اضافی آن جدا شده دانه‌ها شستشو و در دمای اتاق تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند. دانه‌های سیاهدانه بوسیله آسیاب معمولی آزمایشگاهی (هیتاچی مدل ۱۲۳۱) به پودر تبدیل و سپس با استفاده از دستگاه سوکسله روغن آن استخراج گردید (Gharbi, et al., 2015).

برای استخراج عصاره، پودر آسیاب شده سیاهدانه به نسبت ۱ به ۲۰ با اتانول ۸۰ درصد مخلوط شد و طی یک شبانه-روز در دمای اتاق مخلوط و صاف شد. بر روی صافی مجدداً به همان نسبت اتانول تازه افزوده گردید و فرایند فوق تکرار شد حلال توسط آون تحت خلا (در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد) خشک شد (Isik et al., 2017).

عصاره اتانولی و روغن سیاهدانه در دو غلظت ۰/۱ و ۰/۲ درصد (ابوالحسن زاده و همکاران، ۱۳۹۶) بر روی دو رقم سیب (رد و گلدن دلیشس) محلول پاشی شد.

شاهد مثبت سیب‌هایی بودند که قارچ‌کش ایمازالیل (۲۰۰۰ ppm) بر روی آن محلول پاشی شد و شاهد منفی، هیچ نوع محلول پاشی بر روی سیب‌ها انجام نشد.

سیب‌های محلول‌پاشی شده به همراه نمونه‌های شاهد در سرد خانه صفر درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد به مدت ۶ ماه نگهداری شدند و در زمان صفر و هر ماه به مدت ۶ ماه آزمون‌های زیر انجام شد:

آزمون شمارش کلی میکروبی، آزمون شمارش کپک و مخمر، آزمایش سختی بافت، درصد مواد جامد محلول، اندازه‌گیری رطوبت، اندازه‌گیری اسیدیته و آزمون حسی.

داده‌های حاصل از آزمایش‌های مختلف با استفاده از آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل آماری شدند. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار آماری MSTATC استفاده شد و میانگین‌های حاصل با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

مقایسات میانگین اثر انواع مواد ضد میکروب بکار رفته در این تحقیق در جدول ۱ خلاصه شده است. جدول ۱ نشان می‌دهد کمترین مقدار شمارش کلی میکروبی در نمونه ایمازالیل مشاهده شد و شمارش کلی میکروبی عصاره و روغن سیاهدانه در هر دو درصد اختلاف معنی‌داری با ایمازالیل داشتند. اثرات ضد باکتریایی روغن سیاهدانه به دلیل حضور تیموکینون (یکی از ترکیبات عمده در روغن سیاهدانه) است. مکانیسم اثر تیموکینون، بازدارندگی آن از سنتز RNA و پروتئین در باکتری است. همچنین آلفا- پینن موجود در روغن سیاهدانه نیز دارای فعالیت ضد باکتریایی می‌باشد. عصاره و روغن سیاهدانه در کنترل آلودگی محصولات مختلف موثر می‌باشد (Khaleghi, et al., 2016). ارقام سیب محلول‌پاشی شده با روغن سیاهدانه در غلظت ۰/۲ درصد و عصاره سیاهدانه در دو غلظت بکار رفته در مقایسه با شاهد اثرات ممانعت‌کنندگی معنی‌داری را در شمارش کلی میکروبی از خود نشان دادند اما در مقایسه با قارچ‌کش شیمیایی این اثر کمتر بود که احتمالا به دلیل غلظت کم ماده به کار فته در این پروژه باشد. اثر روغن سیاهدانه بر کاهش بار میکروبی، بوسیله ابوالحسن‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) گزارش شده است.

جدول ۱. مقایسات میانگین اثر مواد ضد میکروب بر خصوصیات کمی و کیفی سیب

ماده ضد میکروب	شمارش کلی×۱۰^{۴}(عدد)	کپک و مخمر×۱۰^{۲} (عدد)	بافت(N)	بریکس	آزمون حسی	ضایعات (درصد)	رطوبت (درصد)	ویتامین ث (mg/100gr)	اسیدیته (درصد)
روغن سیاهدانه ۰/۱٪	۱۵/۸۳^{a}	۲/۸۰۶^{a}	۶/۶۲۵^{a}	۱۶/۵۳^{a}	۳/۸۸۹^{a}	۸/۴۲۸^{a}	۸۰/۹۸^{a}	۱/۷۱۱^{ab}	۰/۰۸۳^{a}
روغن سیاهدانه ۰/۲٪	۷/۹۷۲^{c}	۲/۳۶۱^{a}	۶/۶۴۷^{a}	۱۶/۸۹^{a}	۳/۷۲۲^{a}	۶/۶۱۴^{b}	۷۸/۰۵^{a}	۱/۸۶۲^{ab}	۰/۰۷۴^{a}
عصاره ۰/۱٪	۵/۹۱۷^{d}	۳/۳۰۶^{a}	۶/۷۰۸^{a}	۱۶/۸۳^{a}	۳/۳۳۳^{a}	۶/۶۸۳^{b}	۸۰/۱۴^{a}	۲/۱۳^{a}	۰/۰۸۳^{a}
عصاره ۰/۲٪	۵/۱۹۴^{d}	۱/۹۱۷^{b}	۶/۸۸۹^{a}	۱۶/۷۹^{a}	۳/۳۰۶^{a}	۶/۳۱۴^{b}	۸۰/۷۷^{a}	۱/۶۶۷^{b}	۰/۰۷۳^{a}
شاهد	۱۲/۷۵^{b}	۳/۶۳۹^{a}	۶/۶۸۱^{a}	۱۶/۹۳^{a}	۳/۵۲۸^{a}	۷/۰۶۷a^{b}	۸۰/۵۶^{a}	۱/۶۶۳^{b}	۰/۰۶۱^{a}
ایمازالیل	۳/۹۴۴^{e}	۱/۹۴۴^{b}	۶/۷۳۶^{a}	۱۶/۷۳^{a}	۳/۶۶۷^{a}	۵/۸۲۸^{ba}	۷۸/۱۴^{a}	۱/۶۹۱^{b}	۰/۱۰۵^{a}

حروف بالانویس مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی دار ($P<۰/۰۵$) هستند

مقدار کپک و مخمر رشد کرده در سیب‌ها در مورد ایمازالیل (۱/۹۴۴×۱۰^{۲}عدد) و عصاره ۰/۲ درصد (۱/۹۱۷×۱۰^{۲}عدد)، کمترین مقدار و در نمونه‌های شاهد (۳/۶۳۹×۱۰^{۲} عدد) و عصاره ۰/۱ درصد (۳/۳۰۶×۱۰^{۲} عدد) بیشترین مقدار بود. عصاره سیاهدانه در غلظت ۰/۲ درصد به اندازه یک ماده شیمیایی بر رشد قارچها اثر ممانعت-کنندگی داشت. اثرات ضد قارچی روغن سیاهدانه علیه آسپرژیلوس فومیگاتوس و آسپرژیلوس فلاووس قبلا گزارش شده است (مینوئیان حقیقی و خسروی، ۱۳۹۰).

میزان ضایعات نمونه‌های سیب در مورد روغن سیاهدانه در غلظت ۰/۱ درصد (۸/۴۲۸٪) به طور معنی‌داری بیشتر از سایر نمونه‌ها بود.

نوع ماده‌ی ضدمیکروب تاثیر معنی‌داری بر بافت، رطوبت و اسیدیته نمونه‌های سیب نداشت. پوشش‌های مختلف بر بافت سیب تاثیر می‌گذارند، پوشش سیب موجب حفظ سفتی بافت سیب می‌گردد. گنجی مقدم و نیکخواه (۱۳۸۴)

نیز نشان دادند کاربرد روغن‌های گیاهی موجب حفظ بافت شده، نمونه‌های پوشش داده شده با ۲ درصد روغن سیاهدانه در هر دو رقم رد و گلدن دلیشس موجب سفتی بافت سیب شدند.

مقدار مواد جامد محلول در اثر محلول‌پاشی با روغن و عصاره سیاهدانه ثابت بود تنها نمونه شاهد با ۱۶/۹۳ درصد و نمونه‌های حاوی ۰/۱ درصد روغن سیاهدانه با ۱۶/۵۳درصد بدون داشتن اختلاف معنی‌دار به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار مواد جامد محلول را دارا بودند. گنجی مقدم و نیکخواه (۱۳۸۴) هم نشان دادند درصد مواد جامد محلول در سیب‌های حاوی روغن‌های گیاهی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.

مقدار ویتامین ث به‌طور معنی‌داری در نمونه‌های حاوی ۰/۱ درصد روغن سیاهدانه با ۱۳/۲ mg/100gr بیشترین مقدار و در نمونه شاهد با ۱/۶۶۳ mg/100gr کمترین مقدار بود.

پذیرش کلی مصرف کننده، در تمام نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری نداشت.

تاثیر انبارداری بر خصوصیات فیزیکو شیمیایی و کیفی نمونه‌هایی که توسط مواد ضد میکروب طبیعی نگهداری شدند قبلا بررسی و نشان داده شده بود طی یک ماه انبارداری مقدار ویتامین ث، مواد جامد کل، سختی بافت و اسیدیته افت و ضایعات نمونه‌های سیب افزایش یافت روغن خردل و روغن پالم روی پوست میوه سبب، حالت روغنی ایجاد می‌کنند اما امولسیون‌های لیپیدهای خنثی، فسفولیپیدها یا روغن‌های گیاهی تصفیه شده و تصفیه نشده حالت روغنی روی پوست میوه و بوی نامطبوع ایجاد نمی‌کنند. نرمی میوه سیب رقم گرانی اسمیت، اسید قابل تیتر و مواد جامد محلول که با روغن ذرت محلول پاشی شده بودند با انواعی که تازه برداشت شده بودند قابل مقایسه بود. کاربرد روغن در غلظت ۷۰ درصد آلودگی و در غلظت ۱۰۰ درصد آلودگی را طی انبارداری ممانعت نمود (Ju and Curry, 2000a). تیمار با روغن‌های گیاهی، رنگ میوه، سفتی بافت، مواد جامد انحلال‌پذیر و اسید قابل تیتراسیون میوه سیب رقم‌های رد و گلدن دلیشس را حفظ می‌کند و طعم نامطلوب در میوه‌های تیمار شده با روغن‌های گیاهی به وجود نمی‌آید (Ju and Curry, 2000b).

اثر انبارداری بر خصوصیات کمی، کیفی و میکروبی ارقا م سیب انبار شده در سردخانه

جدول ۳ مقایسات میانگین اثر شش ماه انبارداری را بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام سیب نشان می‌دهد.

جدول ۳ نشان می‌دهد شمارش کلی میکروبی و کپک و مخمر طی ۶ ماه نگهداری در سردخانه افزایش یافتند. سیب‌های انبار شده تا ۱ ماه کمترین مقدار آلودگی را نشان دادند.

سختی بافت نمونه‌های سیب طی شش ماه نگهداری در حدود ۱/۳ نیوتن و مقدار بریکس در حدود ۱/۱ درصد کاهش یافت (از ۱۷/۲۶٪ در ماه اول به ۱۶/۱٪ در ماه ششم).

پذیرش کلی مصرف کنندگان روندی نزولی داشت به طوریکه پذیرش کلی مصرف کنندگان نمونه‌های ماه اول (۴/۲۸۷) تا ماه ششم (۲/۷۲۲) در حدود ۱/۵ واحد کاهش یافت.

کاهش میزان پذیرش کلی با افزایش زمان انبارمانی احتمالا به دلیل افزایش تخلخل و آردی شدن، کاهش احساس دهانی و نیز کاهش طعم مناسب باشد به طوری که در سیب قرمز لبنانی نیز مقدار پذیرش کلی در ماه اول کم شد (Mehina Gic et al., 2004) .

جعفریان و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند بین شاخص بریکس میوه سیب و مدت انبارمانی همبستگی مثبت وجود دارد. کاشانی‌نژاد و همکاران (۱۳۷۷) نیز به این نتیجه رسیدند که با افزایش زمان نگهداری شاخص بریکس در نمونه‌های سیب افزایش یافت. اما با توجه به تاثیرات منفی عصاره و روغن سیاهدانه بر شاخص‌های رسیدگی احتمالا دلیل ثابت بودن بریکس اثر حفاظتی مواد پوششی بر رسیدگی سیب است.

مقدار ضایعات نمونه‌های سیب نیز در طی ۶ ماه نگهداری افزایش یافت. تفاوت بین مقدار ضایعات در ماه اول تا چهارم معنی‌دار نبود. اما از ماه پنجم مقدار ضایعات نمونه‌های سیب در مقایسه با ماه‌های اول و دوم معنی‌دار شد و از ۵/۵۸۹ درصد در ماه اول به۷/۶۲ درصد در ماه پنجم و سپس به ۸/۴۲۲ درصد در ماه ششم افزایش یافت. مقدار رطوبت نمونه‌های سیب در طی ۶ ماه نگهداری مرتبا کاهش یافت و از ۸۱/۵۳ درصد ماه اول به ۷۵/۵۴ درصد در ماه ششم رسید. میزان ویتامین ث نمونه‌های سیب طی شش ماه نگهداری به طور معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری‌که از ۸۲/۴ mg/100grدر ماه اول به ۰/۳۸۷ mg/100gr ماه ششم رسید. کاهش ویتامین ث در ماه اول تا سوم معنی‌دار بود در ماه چهارم تا ششم این کاهش معنی‌دار نبود. مقدار اسیدیته‌ی نمونه‌های سیب نیز کاهش یافت و از ۰/۰۹۸ به ۰/۰۵۱ درصد رسید.

جدول ۲. مقایسات میانگین اثر ۶ ماه انبارداری بر خصوصیات کمی و کیفی سیب

انبارداری	شمارش کلی×۱۰^{۴}(عدد)	کپک و مخمر×۱۰^{۲} (عدد)	بافت (N)	Bx	آزمون حسی	ضایعات (درصد)	رطوبت (درصد)	ویتامین ث mg/100g	اسیدیته (درصد)
۱ماه	۲/۱۱۱ ^{f}	۰/۱۱۱^{e}	۷/۳۰۶^{a}	۱۷/۲۶^{a}	۴/۲۷۸^{a}	۵/۵۸۹^{c}	۸۱/۵۳^{a}	۴/۸۲^{a}	۰/۰۹۸^{a}
۲ ماه	۴/۵۸۳^{e}	۰/۶۹۴^{e}	۷/۲۳۶^{a}	۱۷/۳۲^{a}	۰/۰۸۳^{a}	۵/۸۴۲^{c}	۸۰/۴۴^{a}	۲/۸۱۵^{b}	۰/۱۱۸^{a}
۳ماه	۷/۶۳۹ ^{cd}	۱/۷۵^{d}	۶/۸۳۳^{a}	۱۷/۰۵^{a}	۳/۸۰۶^{a}	۶/۳۲^{bc}	۸۰/۹۲^{a}	۱/۳۳۷^{c}	۰/۰۸۱^{a}
۴ماه	۹/۸۸۹^{c}	۳/۰۵۶^{c}	۶/۵۶۷^{ab}	۱۶/۶۳^{ab}	۳/۴۱۷^{a}	۷/۰۸۳^{abc}	۸۰/۳۶^{a}	۰/۷۸۶^{cd}	۰/۰۷۱^{a}
۵ماه	۱۲/۰۶^{b}	۴/۱۱^{b}	۶/۳۱۷^{ab}	۱۶/۳۳^{b}	۳/۱۳۹^{a}	۷/۶۷۲^{ab}	۷۹/۸۵^{a}	۰/۵۸۷^{cd}	۰/۰۵۹^{a}
۶ماه	۱۵/۳۳^{a}	۶/۴۵^{a}	۶/۰۲۸^{b}	۱۶/۱^{b}	۲/۷۲۲^{a}	۸/۴۲۲^{a}	۷۵/۵۴^{a}	۰/۳۷۸^{d}	۰/۰۵۱^{a}

حروف بالانویس مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی دار (P<۰/۰۵) هستند

نتیجه‌گیری

نتایج نشان دادند سیب رقم گلدن در مقایسه با رقم رد دلیشس ویژگی‌های میکروبی بهتری، بریکس، رطوبت و ویتامین ث بیشتری داشت اما بافت رقم رد سخت تر، ضایعات کمتر و پذیرش کلی بالاتری داشت. در این تحقیق اثرات مواد ضد میکروب بر روی بافت و اسیدیته‌ی ارقام سیب معنی‌دار نبود ولی بر روی ویتامین ث معنی‌دار بود. در انبارداری به مدت شش ماه، تمام نمونه‌ها با افت کیفی همراه بودند. به طوری‌که ویژگی‌های میکروبی افزایشی را در شمارش کلی میکروب‌ها، کپک و مخمر و در نتیجه ضایعات نشان داد و سایر پارامترهای کیفی کاهش معنی‌داری را نشان دادند. اثر مواد ضد میکرب بکار رفته در این طرح بر روی کپک و مخمر بیشتر از شمارش کلی میکربی بوده است. زیرا در مقایسه با شاهد، نمونه‌های حاوی مواد ضد میکرب خصوصا روغن سیاهدانه و عصاره سیاهدانه میزان کپک و مخمر بسیار کمتری را در طی شش ماه نگهداری نشان دادند. لذا می توان از عصاره و روغن سیاهدانه به عنوان موادی جایگزین ایمازالیل یا مواد مشابه استفاده نمود و فساد میکروبی سیب را به تاخیر انداخت به گونه ای که پارامترهای کیفی سیب نیز تا حد امکان حفظ گردد.

منابع

ابوالحسن‌زاده، ا.، خانی، م.، فهیم دانش، م.، ۱۳۹۶، بررسی اثرات ضد میکروبی روغن سیاهدانه در سوسیس با نیتریت کاهش یافته. مجله میکروب شناسی مواد غذایی.سال سوم شماره ۳، ۱-۱۸.

بی‌نام، ۱۳۶۹، آیین کار نگهداری سیب در سردخانه، استاندارد ۹۴۶، تجدید نظراول چاپ چهارم، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

بی‌نام، ۱۳۹۵، آمارنامه کشاورزی سال زراعی۹۵ - ۱۳۹۴. وزارت جهاد کشاورزی. معاونت برنامه-ریزی و اقتصادی دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات نشریه، سال ۱۳۹۵ چاپ دوم.

جعفریان. م.، صدرنیا، ح.، آق خانی، م.ح.، ۱۳۹۱، بررسی اثر مواد پوششی بر خواص حسی و شاخص بریکس سیب طی انبارمانی جهت کاهش ضایعات. هفتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، شیراز شهریور ۱۳۹۱.

گنجی مقدم، ا.، نیکخواه، ش.، ۱۳۸۴، بررسی اثر کاربرد روغن¬های گیاهی بر خواص کمی و کیفی و افزایش عمر انبارمانی میوۀ سیب ارقام گلدن و رددلیشس. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۶ (۲۳)، ۸۵-۹۰.

Akgul, A., 1989, Antimicrobial activity of black cumin (Nigella Sativa) essential oil, Gazi. Univ. Eczacilik. Fak. Derg. 6(1), 63-68.

Cano, M. P., J. L. De laPlaza and L. Munaz- Delgado, 1987, Effect of several post- harvest fungicide treatments on carbohydrate evaluation of cold stored apples. Food Chemistry, 25(2), 135-144.

ISIK, S., Kartal, S., Erdem, A., 2017, Quantitative analysis of Thymoquinone seed and commercial seed oil s and seed oil capsules from Turkey, Journal of Faculty Pharmacology. Ankara, 41(1), 34-41.

Ju, Z. and Curry, E. A., 2000a, Stripped corn oil emulsion alters ripening, reduces superficial scald, and reduces core flush in 'Granny Smith' apples and decay in 'd'Anjou' pears Postharvest Biology and Technology, 20, 185 – 193.

Ju, Z. and Curry, E. A., 2000b, Stripped corn oil controls scald and maintains volatile production potential in "Golden Suprem" and "Delicious" apples. Journal of Agricultural Food Chemistry, 48, 2133-2137.

Kaskoos, R., 2011, Fatty acid composition of black cumin oil from Iraq. Research Journal of Medicinal Plant, 5:85 – 89.

Nunes, C., Usall, J., Teixido, N. And Vinas, I., 2001, Biological control of postharvest pear diseases using bacterium, Pantoea agglomerans CPA-2. Int. Science of food and Microbiology, 70, 53-61.

Ramadan, M., Asker, M., and Tadros, M ., 2012, Antiradical and antimicrobial properties of cold- pressed black cumin and cumin oils. European Food Research Technology. 234, 833– 844.

Application of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) Extract and Oil as a Natural Alternative to Imazalil in Apple Cold Storage

Soodabeh Einafshar[1*], Parvin Sharayei[1]

1. Associated Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad/IRAN.
**Corresponding Author: soodabeheyn@ yahoo.com*

Abstract

Storage fungi, particularly *Penicillium expansum*, are among the main causes of apple spoilage during cold storage, leading to quality degradation and increased losses. This study aimed to evaluate the antifungal effects of ethanolic extract and oil of black cumin (*Nigella sativa*) in comparison with the chemical fungicide imazalil during a six-month cold storage period of two apple cultivars (Golden Delicious and Red Delicious). Treatments included black cumin oil and extract at a concentration of 0.2%, as well as imazalil at the same concentration. The results showed that both black cumin products significantly reduced fungal and yeast growth. In some cases, the 0.2% extract performed comparably to imazalil. Moreover, fruit quality parameters such as firmness, vitamin C content, and Brix index were better preserved in the black cumin treatments. These findings highlight the strong potential of black cumin as a natural, safe, and environmentally friendly alternative to synthetic fungicides in fruit storage.

Keywords: *Nigella sativa*, natural antifungal, Imazalil, apple, Microbial aontamination.

فرصت‌های کارآفرینی در کشت و تولید گیاه وج (*Acorus Calamus*) در ایران

عباس قلی‌پور[*۱،۲]
۱- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲- شرکت دانش بنیان اکسیر هیرکانی ماهان (ساری، ایران)
[*]نویسنده مسئول: a.gholipour@pnu.ac.ir

چکیده

وج (*Acorus calamus*) گیاهی علفی چندساله، نیمه آبزی و معطر که در منابع طب سنتی و منابع علمی نوین، کاربردهای متعدد در زمینه‌های مختلف دارویی، بهداشتی، غذایی، عطرسازی و زینتی دارد. گیاه وج به دلیل کاربردهای متنوع، پتانسیل اقتصادی و طیف غنی از متابولیت‌های ثانویه که به اثربخشی درمانی آن کمک می‌کنند، در میان گیاهان دارویی برجسته است. این ترکیبات، آن را به گیاهی ارزشمند هم در طب سنتی و هم در طب نوین تبدیل می‌کند. بازکشف این گیاه دارویی کمیاب در ایران و اهلی سازی آن زمینه ساز فرصت‌های کارآفرینی مختلفی شده است. شرکت اکسیر هیرکانی ماهان بر اساس بررسی کارگروه ارزیابی صلاحیت شرکت‌ها و موسسات دانش بنیان معاونت علمی ریاست جمهوری، برای کشت و تولید این گیاه و استخراج روغن آن تاییدیه دانش بنیان دریافت نمود. تولید نشاء (گیاهچه) وج برای موسسات و شرکت‌های تولید کننده بذر و نهال گیاهان دارویی، مکانیزاسیون کاشت، داشت و برداشت گیاه وج که برای اولین بار در ایران کشت می‌شود، طراحی و ساخت دستگاه‌های فراوری اولیه وج (شستشوگر، برش گر و خشک کن)، تامین کنندگان مواد اولیه کارخانجات دارویی، بهداشتی، غذایی و صنعتی، تولید کنندگان فراورده‌های دارویی، بهداشتی، غذایی و صنعتی، تولید کنندگان گیاهان زینتی و بازرگانی و صادرات مواد خام و فراورده‌های وج با استفاده از نمونه بومی ایران، از جمله فرصت‌های کارآفرینی وج در ایران است که این شرکت به‌عنوان پایه گذار کارآفرینی وج در ایران برای ۷ نفر بصورت تمام وقت و ۱۰ نفر بصورت پاره وقت اشتغال ایجاد کرده است.

واژه‌های کلیدی: اشتغال‌زایی، شرکت دانش‌بنیان، کارآفرینی، گیاه وج، Acorus calamus، کشت گیاهان دارویی

مقدمه

گیاه وج (*Acorus calamus*) گیاهی علفی چندساله، نیمه‌آبزی و معطر است که سابقه‌ای طولانی در طب سنتی ایران و منابع علمی نوین دارد. این گیاه به دلیل خواص دارویی، غذایی، بهداشتی، عطرسازی و زینتی، همواره مورد توجه پژوهشگران و صنعتگران قرار داشته است (Dutt and Kumar, 2025; Zhao et al., 2023; Singh et al., 2011). در سال‌های اخیر، بازکشف و احیای این گیاه دارویی کمیاب در ایران و تلاش برای اهلی‌سازی آن، فرصت‌های جدیدی در زمینه کارآفرینی و توسعه اقتصادی فراهم آورده است (Gholipour and Sonboli, 2013). شرکت اکسیر هیرکانی ماهان با نام تجاری مهاوج، بر اساس بررسی کارگروه ارزیابی صلاحیت شرکت‌ها و موسسات دانش بنیان معاونت علمی ریاست جمهوری در تیرماه سال ۱۴۰۰، با هدف توسعه کشت، فرآوری و تولید محصولات دارویی، بهداشتی و صنعتی از این گیاه دارویی کمیاب درحال انقراض، فعالیت‌های نوآورانه‌ای را آغاز نموده است.

مزایای گیاه وج

۱- کاربردهای متنوع: گیاه وج به دلیل خواص معطر و فواید دارویی خود، در صنایع مختلفی از جمله داروسازی، لوازم آرایشی و طعم‌دهنده‌های غذایی کاربرد دارد (Zhao et al., 2023).

۲- تقاضای بالا: افزایش علاقه به درمان‌های طبیعی و محصولات گیاهی منجر به رشد بازار وج، به ویژه در سیستم‌های طب سنتی مانند آیورودا شده است (Singh et al., 2011).

۳- پتانسیل کشت: این گیاه می‌تواند در مناطق مرطوب کشت شود و برای مناطقی با شرایط آب و هوایی خاص مناسب است، بنابراین فرصت‌های اقتصادی برای کشاورزان فراهم می‌کند (Tiwari et al., 2012).

۴- ترکیبات فیتوشیمیایی غنی: گیاه وج حاوی مقادیر قابل توجهی از α-asarone و β-asarone است که به دلیل خواص محافظت‌کننده عصبی، ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی خود شناخته شده‌اند. این ترکیبات به ویژه در درمان اختلالات عصبی ارزشمند هستند (Balakrishnan et al., 2022) .

۵- خواص درمانی: متابولیت‌های ثانویه Acorus calamus طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های فارماکولوژیک، از جمله خواص ضدالتهابی، ضداسپاسم و ضدسرطانی را از خود نشان می‌دهند که ارزش دارویی آن را در مقایسه با سایر گیاهان افزایش می‌دهد (Zhao et al., 2023).

۶- پتانسیل برای تولید دارو: ترکیبات منحصربه‌فرد موجود در گیاه وج، به ویژه اسانس‌های آن، با توجه به پتانسیل‌شان در توسعه عوامل درمانی جدید، به‌خصوص در مبارزه با عفونت‌های مقاوم به دارو، در حال بررسی هستند (Dutt and Kumar, 2025).

هدف این مقاله ارایه فرصت‌های کارآفرینی گیاه دارویی وج در ایران است.

مواد و روش‌ها

تولید مواد اولیه و فراورده: ریزوم زنده گیاه وج (*Acorus calamus*) اصلاح شده و بومی ایران برای تولید نشاء در گلخانه مورد استفاده قرار گرفت. نشاءهای رشد یافته مناسب بصورت ردیفی در زمین غرقابی آماده سازی شده کشت شدند (شکل ۱). برداشت محصول (ریزوم) پس از حدود ۷ الی ۸ ماه از کشت گیاه در مزرعه انجام شده، پس از فراوری اولیه شامل؛ شستشو، خرد و خشک کردن، بسته‌بندی شدند. برای استخراج روغن وج از روش ماسراسیون تغییریافته و سازگار با عصاره گیری وج استفاده شد.

تجاری سازی و کارآفرینی: برای تجاری سازی گیاه وج و فراورده‌های آن، در آذرماه ۱۳۹۸ شرکت اکسیر هیرکانی ماهان مطابق قوانین کشور بصورت رسمی ثبت شد. در تیر ماه ۱۴۰۰ شرکت اکسیر هیرکانی ماهان از کارگروه ارزیابی صلاحیت شرکت‌ها و موسسات دانش بنیان معاونت علمی ریاست جمهوری، تاییدیه دانش بنیان دریافت نمود. در فروردین ۱۴۰۲ نام تجاری مهاوج بهمراه لوگو شرکت، گواهینامه ثبت علامت از اداره ثبت علائم تجاری سازمان ثبت اسناد و املاک کشور دریافت نمود. پروانه‌های کشت وج و تولید نشاء گیاه وج به ترتیب از نظام صنفی کشاورزی و موسسه ثبت و گواهی بذر و نهال کشور برای تجاری سازی گیاه وج دریافت شد. استراتژی کسب و کار شرکت دانش بنیان مهاوج تهیه و بر اساس چشم انداز، ماموریت و اهداف بلند مدت و کوتاه مدت تیم سازی برای تحقق اهداف شرکت انجام شد.

شکل ۱. مراحل کشت وج

نتایج و بحث

براساس اطلاعات موجود کشت و تولید مواد اولیه گیاه دارویی وج فقط در تعداد معدودی از کشورهای جهان نظیر هند انجام شده است (Tiwari et al., 2012). مطابق فعالیت کارافرینانه شرکت دانش بنیان مهاوج، کشور ایران هم یکی از کشورهای دارای تکنولوژی کشت وج در جهان شده است.

تولید گیاهچه وج: ۴ سال مطالعه و کشت آزمایشی گیاه وج منجر به ثبت اختراع روش کشت شد که تکنولوژی کشت آن در اختیار شرکت مهاوج می‌باشد. بررسی هزینه‌های مواد اولیه، فضای گلخانه، وسایل و تجهیزات مورد نیاز و نیروی انسانی، قیمت تمام شده هر گیاهچه وج ۳۵۰۰۰ ریال در سال ۱۴۰۳ براورد گردید. برای تولید گیاهچه وج و آماده سازی برای نشاء ۲ نفر نیروی انسانی شامل یک مسئول فنی و یک کارگر ساده مورد نیاز برای دوره ۳ ماهه می‌باشد.

تولید ریزوم وج: نتایج ۴ سال کشت آزمایشی گیاه وج نشان داد به ازای هر هکتار مزرعه بطور متوسط حدود ۸-۱۰ تن ریزوم تازه از مزرعه قابل برداشت است که با نتایج تیواری و همکاران (Tiwari et al., 2012) همخوانی دارد. نیروی انسانی مورد نیاز برای مراحل کاشت، داشت، برداشت، فراوری اولیه، بسته‌بندی و انبارداری ۴ نفر می‌باشد.

مکانیزاسیون: با توجه به اینکه این گیاه با ویژگی‌های ریخت شناسی و رویشی خاص برای اولین با در ایران کشت می‌شود برای توسعه و افزایش سطح کشت نیازمند طراحی و تولید ماشین آلات نشاءگر، وجین گر و برداشت سازگار با ویژگی‌های زراعی وج می‌باشد.

تولید فراورده‌های دارویی، بهداشتی و صنعتی: نمونه بومی سازی شده گیاه وج و مواد اولیه تولید شده در شرکت دانش بنیان مهاوج زمینه ساز تولید فراورده‌های دارویی، بهداشتی و صنعتی در ایران می‌باشد. در مهاوج با استفاده از نمونه بومی سازی شده وج اولین محصول دانش بنیان این گیاه؛ عصاره روغنی وج بعنوان فراورده طب سنتی ایران تولید شد. این محصول پس انجام آنالیزهای مورد نظر معاونت غذا و دارو در فرایند دریافت پروانه بهره برداری است. مطابق اطلاعات موجود در دنیا، فراورده‌های دارویی، بهداشتی و صنعتی متنوعی از عصاره، اسانس و پودر این گیاه دارویی تهیه می‌شود.

به اجمال بخشی از نتایج کارآفرینانه شرکت دانش بنیان مهاوج به شرح زیر است:

- تولید نشاء (گیاهچه) وج با کیفیت جهت توسعه کشت در مقیاس صنعتی
- طراحی و ساخت ماشین‌آلات بومی تولید شده، که کارایی فرآیندهای کشاورزی و فرآوری را به طور قابل توجهی بهبود می‌بخشد
- افزایش بهره‌وری در برداشت و فرآوری گیاه، که منجر به کاهش هزینه‌ها و افزایش سودآوری در زنجیره ارزش شد
- بهره‌برداری از نمونه‌های بومی و اصلاح شده، که موجب سازگاری بهتر و افزایش میزان روغن و فراورده‌های دارویی شد
- اشتغال‌زایی مستقیم و غیرمستقیم برای ۷ نفر بصورت تمام‌وقت و ۱۰ نفر بصورت پاره‌وقت، در حوزه کشت، فرآوری و بازرگانی

نتیجه‌گیری

بازکشف و توسعه گیاه دارویی وج در ایران، فرصتی بی‌نظیر برای توسعه پایدار و کارآفرینی در حوزه گیاهان دارویی است. انجام فعالیت‌های تحقیقاتی و اجرایی در این زمینه، امکان تولید محصولات با کیفیت بالا، کاهش وابستگی به واردات و ایجاد ارزش افزوده در صنعت دارویی و بهداشتی را فراهم کرده است. شرکت اکسیر هیرکانی ماهان، به عنوان اولین پایه‌گذار کارآفرینی وج در ایران، با بهره‌گیری از نمونه‌های بومی و فناوری‌های نوین، به توسعه زیرساخت‌های کشاورزی و صنعتی در این حوزه کمک کرده و نمونه‌ای برای دیگر سرمایه‌گذاران و شرکت‌های دانش‌بنیان است. تداوم و گسترش این فعالیت‌ها می‌تواند به شکل‌گیری زنجیره ارزش کامل، اشتغال‌زایی گسترده‌تر و ارتقاء جایگاه ایران در بازارهای جهانی منجر شود.

منابع

Gholipour, A., and Sonboli, A. (2013). Rediscovery of Acorus calamus (Acoraceae) in Iran. *Taxonomy and Biosystematics*, *5*(15), 113-116 https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20088906.1392.5.15.10.6

Tiwari, RK, S. K. Das, D. Pandey, R. B. Tiwari and Jola Dubey. (2012). Rhizome Yield of Sweet Flag (Acorus calamus L.) as Influenced by Planting Season, Harvest Time, and Spacing. *International Journal of Agronomy* https://doi.org/10.1155/2012/731375.

Zhao, Y., J. Li, G. Cao, D. Zhao, G. Li, H. Zhang and M. Yan. (2023). Ethnic, Botanic, Phytochemistry and Pharmacology of the Acorus L. Genus: A Review. *Molecules*, 28, 7117. https://doi.org/10.3390/.

Singh, R., Sharma, P. K., and Malviya, R. (2011). Pharmacological properties and ayurvedic value of Indian buch plant (*Acorus calamus*): a short review. *Advances in Biological Research*, *5*(3), 145-154. https://www.semanticscholar.org/paper/1083b32c25ce2afdd8ffbca3d72137b93eb23a89

Balakrishnan, R., Cho, D. Y., Kim, I. S., Seol, S. H.and Choi, D. K. (2022). Molecular mechanisms and therapeutic potential of α-and β-asarone in the treatment of neurological disorders. *Antioxidants*, *11*(2), 281. https://doi.org/10.3390/antiox11020281

Dutt, Band Kumar, R. (2025). An Ethnopharmacological Review on the Antibacterial, Antifungal and Therapeutic Potentials of *Acorus calamus* Linn. *European Journal of Medicinal Plants*, *36*(2), 98-105. https://doi.org/10.9734/ejmp/2025/v36i21249

Entrepreneurial Opportunities in Cultivation and Production of *Acorus calamus* (Sweet Flag) in Iran

Abbas Gholipour*[1,2]
1. Department of Biology, Faculty of sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran
2. Exire hyrcany mahan knowledge based company, Sari, Iran
*Corresponding Author: a.gholipour@pnu.ac.ir

Abstract

Acorus calamus is a perennial, semi-aquatic, aromatic herb with multiple traditional and modern medicinal, health, food, fragrance, and ornamental applications. This plant is distinguished among medicinal plants by its diverse usage, economic potential, and a rich spectrum of secondary metabolites that contribute to its therapeutic efficacy. These constituents underpin the plant's value in both traditional medicine and contemporary medicine. The rediscovery and domestication of this rare medicinal plant in Iran have opened various entrepreneurial opportunities. Based on the assessment by the Vice Presidency for Science and Technology, the knowledge-based company Exire Hyrcany Mahan has been established to promote the cultivation, seedling production, and oil extraction from this plant. This initiative includes designing and manufacturing mechanized systems for planting, cultivation, harvesting, and initial processing of *Acorus calamus*—these are the first of their kind in Iran. It also involves producing raw materials for pharmaceutical, health, food, and industrial industries; manufacturing early processing equipment such as washing, cutting, and drying machines; providing raw materials for pharmaceutical, health, food, and industrial factories; producing herbal and ornamental plants; and engaging in trade and export of raw and processed products, utilizing local Iranian varieties. As a Pioneer of entrepreneurship in Vaj in Iran, Exire Hyrcany Mahan has created employment for 7 full-time and 10 part-time workers, establishing significant entrepreneurial prospects in Iran's plant industry.

Keywords: *Acorus calamus* (Sweet Flag), Medicinal plant cultivation, Entrepreneurship, Knowledge-based company, Employment creation

مقایسه بربرین و پیکروکروسین به عنوان جایگزین‌های طبیعی برای ترکیب درمانی میزوپروستول-میفپریستون: یک مطالعه in silico

سید مهدی علوی*[۱]، ملیحه اخوان[۲]، زهره عصام[۳]

۱- کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران

۲- مرکز تحقیقات علوم دارویی، گروه شیمی دارویی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۳- مرکز تحقیقات علوم دارویی، گروه شیمی دارویی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

*نویسنده مسئول: seyyedmahdialavi@gmail.com

چکیده

میزوپروستول و میفپریستون داروهای مورد تائید برای القای سقط هستند، اما بواسطه عوارض کمتر و قیمت مناسب تر، توجه پژوهشگران حوزه داروسازی همواره به سمت و سوی ترکیبات طبیعی جایگزین داروهای صناعی بوده است. در همین راستا، هدف پژوهش محاسباتی حاضر بررسی مکانیسم‌های ممکن و مقایسه پتانسیل سقط آوری بربرین (آلکالوئید اصلی *Berberis vulgaris*) و پیکروکروسین (گلیکوزید مونوترپن *Crocus sativus*) در برهم‌کنش با گیرنده‌ها و آنزیم‌های کلیدی مرتبط با خاتمه بارداری است. ساختار سه‌بعدی ترکیبات مورد مطالعه شامل بربرین، پیکروکروسین، و دیگر مواد موثره غیر فرار زعفران از پایگاه PubChem دریافت شد. گیرنده‌های هدف شامل پروژسترون (PDB: 1A28)، گلوکوکورتیکوئید(4LTW, 1NHZ)، پروستاگلاندین E2 (4OAR, 6M9T) و استروژن (1G50, 3H52) بودند. داکینگ مولکولی با نرم‌افزار AutoDock 4.2 انجام، و انرژی اتصال، نوع پیوندها و binding modes محاسبه و ثبت شد. پایداری بهترین کمپلکس لیگاند-گیرنده نیز با نرم‌افزار GROMACS مورد بررسی قرار گرفت. از میان لیگاندهای مورد بررسی، بربرین و پیکروکروسین انرژی اتصال در محدوده (-8.48 kJ/mol – -7.85) نشان دادند. بربرین بیشتر از طریق تعاملات هیدروفوبیک و π-π، و پیکروکروسین با تشکیل پیوندهای هیدروژنی به اسیدهای آمینه کلیدی گیرنده‌های مورد بررسی اتصال یافتند. نتایج دینامیک مولکولی نشان داد که کمپلکس‌های لیگاند-گیرنده تشکیل شده توسط پیکروکروسین نوسانات کمتری داشته و پایدارتر هستند. در این مطالعه، نخست پیکروکروسین و در مرتبه بعد بربرین، هریک می‌توانند جایگزین طبیعی با مکانیسم عمل چندتارگتی برای رژیم میزوپروستول-میفپریستون باشند. بدیهی است که مطالعات in vitro و in vivo تکمیلی جهت بررسی نتایج حاصل از این مطالعه ضروری است.

واژه‌های کلیدی: بربرین، پیکروکروسین، میزوپروستول، میفپریستون، in silico

مقدمه

سقط جنین القاشده (Induced abortion) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین استراتژی‌ها در خاتمه بارداری‌های پرخطر به‌ویژه در سه ماهه نخست بارداری است که در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. داروهای صناعی میزوپروستول (آنالوگ پروستاگلاندین E1) و میفپریستون (آنتاگونیست گیرنده پروژسترون) به‌عنوان ترکیب دارویی استاندارد و رایج

برای القای سقط مورد تائید قرار گرفته اند. در گذر سال‌ها، پژوهش‌های متعددی نشان داده‌اند که عصاره‌های گیاهی و ترکیبات طبیعی با دارا بودن ساختارهای شیمیایی متنوع می‌توانند با هدف قرار دادن مسیرهای زیستی حیاتی مرتبط، نقش قابل‌توجهی در تنظیم فرآیندهای بارداری و نیز القای سقط ایفا کنند. بعنوان مثال، بربرین، به‌عنوان آلکالوئید ایزوکینولینی گیاه زرشک (*Berberis vulgaris*) با خواص گسترده فارماکولوژیک، و پیکروکروسین، به‌عنوان گلیکوزید آلدهیدی مونوترپن از گیاه زعفران (Crocus sativus) هر دو با اثرات و شواهد هرچند ناکافی و متناقض گزارش‌شده بر بارداری و انقباضات رحمی، کاندیداهای مناسبی برای این مطالعه محسوب می‌شوند (Ajam et al., 2014; Mehrabani et al.,2019). هدف کلی پژوهش حاضر بررسی و مقایسه دو ترکیب بربرین و پیکروکروسین در سطح مولکولی است تا پتانسیل هریک به‌عنوان یک جایگزین طبیعی -با مکانیسم عمل چند تارگتی- برای ترکیب دارویی میزوپروستول-میفپریستون مورد ارزیابی قرار گیرد. این مطالعه با تمرکز بر مدل‌سازی داکینگ مولکولی با پشتیبانی شبیه سازی دینامیک مولکولی، پتانسیل برهم‌کنش‌های مهاری این ترکیبات با گیرنده‌های کلیدی موثر در خاتمه بارداری شامل گیرنده پروژسترون، گیرنده گلوکوکورتیکوئید و گیرنده پروستاگلاندینی را معین می‌سازد. در این مطالعه علاوه بر انرژی اتصال، الگوهای اتصال (binding modes) و درگیری اسید آمینه‌های کلیدی در تشکیل کمپلکس‌های لیگاند–گیرنده نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این مطالعه، فرایند داکینگ مولکولی جهت ارزیابی تمایل اتصال بربرین، پیکروکروسین و ترکیبات فعال غیرتبخیرپذیر زعفران مانند Crocin و Crocetin با گیرنده‌های پروژسترونی، شکل آنتاگونیست گیرنده گلوکوکورتیکوئید، گیرنده پروستاگلاندین E2 و نیز گیرنده استروژن α انسانی با PDB IDs: 1A28, 4LTW, 1NHZ, 4OAR, 6M9T, 1G50, 3H52 مورد استفاده قرار گرفت. انتخاب این گیرنده‌ها بر اساس نقش آن‌ها در مسیرهای هورمونی و التهابی مرتبط با بارداری و نیز اثبات اهمیت آن‌ها در مکانیسم عمل داروهای ضدبارداری و سقط آور صورت گرفت. انتخاب لیگاندها نیز بر اساس بررسی متون و شواهد اثرات سقط آور گیاهان مربوطه و نیز پایداری فیزیکوشیمیایی این ترکیبات با هدف ممکن بودن تهیه اشکال دارویی در مراحل بعدی پژوهش بود. ساختار سه‌بعدی لیگاندهای مورد مطالعه از پایگاه داده PubChem و ساختارهای پروتئینی گیرنده‌ها از بانک داده PDB استخراج شد. پیش‌پردازش پروتئین‌ها شامل حذف مولکول‌های سولفات و آب اضافی (بدون حذف یون‌های فلزی مانند Zn^{2+} در متالوآنزیم‌های مورد بررسی)، افزودن هیدروژن‌های قطبی و تعیین پروتونه شدن مناسب اسیدآمینه‌های اسیدی و بازی بود. داکینگ مولکولی با استفاده از نرم‌افزار AutoDock 4.2 انجام شد؛ ابتدا سایت فعال هر گیرنده (بر اساس محل لیگاند کو-کریستاله شده) مشخص گردید و سپس مولکول‌های لیگاند درون این سایت‌ها قرار گرفتند. پارامترهای کلیدی از جمله انرژی اتصال (Binding Energy) و انواع برهم‌کنش‌ها شامل پیوندهای هیدروژنی، تعاملات π-π، برهم‌کنش‌های هیدروفوبیک، و سایر تعاملات غیرکووالانسی (بویژه با اسید آمینه‌های کلیدی هر تارگت بر اساس بررسی متون) ثبت و آنالیز شدند. تمام انرژی‌های اتصال به واحد kJ/mol گزارش شد تا امکان مقایسه کمی دقیق میان ترکیبات مختلف فراهم گردد. برای بررسی پایداری کمپلکس‌های به‌دست‌آمده و شبیه‌سازی رفتار دینامیک آن‌ها در شرایط شبیه‌سازی‌شده فیزیولوژیکی، از شبیه‌سازی دینامیک مولکولی برای پایدارترین کمپلکس لیگاند-گیرنده رویت شده در مطالعات داکینگ مولکولی (Molecular Dynamics, MD) با استفاده از نرم‌افزار GROMACS بهره گرفته شد.

نتایج و بحث

نتایج داکینگ مولکولی نشان داد که دو ترکیب بربرین و پیکروکروسین توانایی بالایی در تشکیل کمپلکس‌های پایدار با گیرنده‌های کلیدی تنظیم‌کننده بارداری شامل گیرنده‌های پروژسترون، گلوکوکورتیکوئید و پروستاگلاندین دارند. انرژی اتصال محاسبه‌شده برای بربرین در محدوده ۷٫۸- تا ۸٫۱- kJ/mol قرار داشت (جدول شماره ۱)، که نشان‌دهنده تمایل بالا برای اتصال به سایت فعال گیرنده‌ها است. بربرین با ایجاد برهم‌کنش‌های π-π با اسید آمینه کلیدی Phe778 در گیرنده پروژسترون (Williams and Sigler, 1988) و همچنین برهم‌کنش‌های آب‌گریز با سایر بخش‌های گیرنده، کمپلکس‌های نسبتاً پایداری ایجاد نمود. این برهم‌کنش‌های π-π و هیدروفوبیک باعث تثبیت لیگاند در موقعیت سایت فعال شده و امکان برهم‌کنش مؤثر با بخش‌های عملکردی این گیرنده و نیز گیرنده‌های پروستاگلندینی و فرم آنتاگونیستی گلوکوکورتیکوئید را فراهم کردند.

پیکروکروسین نیز با انرژی اتصال در محدوده ۷٫۸- تا ۹٫۲- kJ/mol نشان داد که قدرت اتصال مشابه یا حتی کمی بالاتر از بربرین دارد (جدول شماره ۱). این ترکیب از طریق تشکیل چندین پیوند هیدروژنی با اسیدآمینه‌های کلیدی گیرنده پروژسترون Asn719 این گیرنده را درگیر می‌سازد و رفتاری مشابه با حلقه D در ساختار لیگاند طبیعی پروژسترون را تقلید می‌کند (Shahab et al., 2024). پیکروکروسین همچنین با اتصال به اسید آمینه‌های Gln570 و Cys736 در گیرنده گلوکوکورتیکوئید که نقش اساسی در بروز اثرات ضدگلوکوکورتیکوئیدی دارند (Georgatza et al., 2016)، کمپلکس‌های پایداری ایجاد نمود. این برهم‌کنش‌ها موجب تثبیت لیگاند در سایت فعال و القای تغییرات ساختاری محدود در گیرنده شد که می‌تواند احتمال وجود پتانسیل اثرات سقط کننده و ضدگلوکوکورتیکوئیدی را برای پیکروکروسین تقویت کند (شکل ۱).

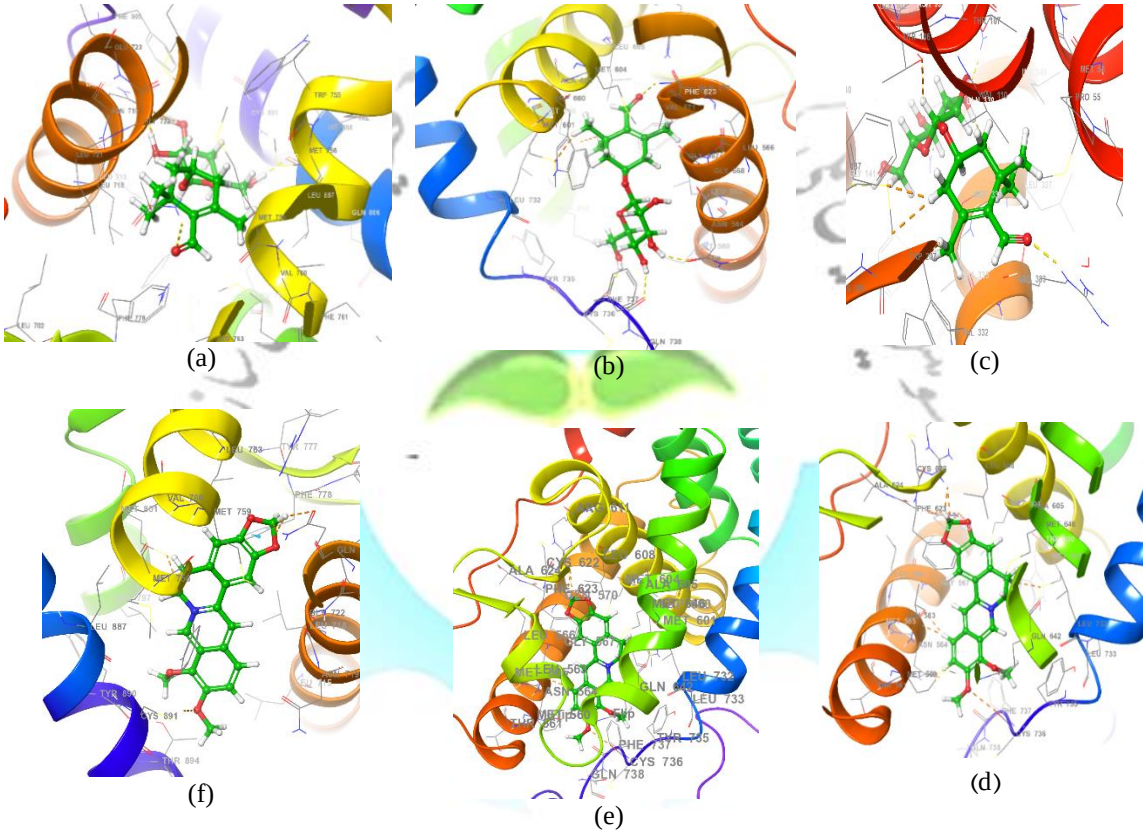
جدول ۱. گزارش میانکنش‌های پایدارترین کمپلکس‌های لیگاند-گیرنده در بررسی داکینگ مولکولی

کمپلکس لیگاند-گیرنده	انرژی اتصال (kJ/mol)	برهم‌کنش غالب		
		پیوندهای هیدروژنی	پیوندهای هیدروفوب	پیوندهای Pi-Pi stacking
پیکروکروسین- 1A28	-۹٫۲۹	Leu887, Asn719, Gln725	Leu797, Phe794, Leu715, Leu721, Leu726, Met801	-
بربرین- 4OAR	-۸٫۱۹	-	Leu718, Leu715, Leu721, Leu887, Leu889, Tyr890	Phe788
پیکروکروسین-6M9T	-۷٫۸۹	Met137, Gln339, Gln103, Ser336, Arg333	Tyr114, Ile111, Val110, Phe234	-
بربرین- 6M9T	-۸٫۴۸	-	Val110, Met137, Phe140, Pro204	-
پیکروکروسین-1NHZ	-۸٫۱۰	Gln570, Asn564, Cys736, Phe737	Met601, Leu603, Met604, Ala605, Phe606, Ala607, Ala608, Val729, Leu732	-
بربرین-1NHZ	-۷٫۸۵	-	Leu607, Ala608, Phe606, Ala605, Met604, Met601, Trp600, Met560	-

همانگونه که در جدول فوق نیز دیده می‌شود، بازه انرژی اتصال برای هر دو ترکیب بربرین و پیکروکروسین در محدوده ۷٫۸۵- تا ۸٫۴۸- kJ/mol قرار دارد، که نشان‌دهنده پتانسیل بالای این ترکیبات برای اتصال به گیرنده‌های هدف و ایجاد اثرات بیولوژیکی مورد انتظار است. چنانکه می‌توان اثرات سقط آور گزارش شده از عصاره گیاهان زرشک و زعفران (Ajam et al., 2014; Mehrabani et al.,2019) را به این ترکیبات موثره نسبت داد که با واسطه مهار گیرنده

پروژسترون، القای مسیرهای التهابی- ضد گلوکوکورتیکوئیدی و نیز شبیه‌سازی عملکرد پروستاگلاندین E1 صورت می‌پذیرد. مکانیسم‌هایی که اساس عمل ترکیب دارویی میزوپروستول-میفپریستون را نیز تشکیل می‌دهد.

در مقابل، سایر ترکیبات فعال مورد مطالعه مانند کروسین و کروستین زعفران، تمایلی به تشکیل کمپلکس‌های پایدار با این گیرنده‌ها نشان ندادند و انرژی‌های اتصال پایین‌تری (≤ ۶- kJ/mol) داشتند، که این یافته‌ها با مطالعات تجربی پیشین در این زمینه سازگار می‌باشد (Nili-Ahmadabadi et al., 2022). این نتایج نشان می‌دهد که ساختار شیمیایی بربرین و پیکروکروسین با اسکلت هیدروکربنی-آروماتیک، بواسطه توانایی آن‌ها در ایجاد اتصالات پر تعداد هیدروفوب، برهم‌کنش‌های π-π، و نیز پیوندهای هیدروژنی عامل تعیین‌کننده در پایداری کمپلکس لیگاند-گیرنده در این مطالعه می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱. ساختار دوبعدی پایدارترین کمپلکس‌های لیگاند-گیرنده از پیکروکروسین و بربرین در جایگاه فعال گیرنده‌های EP3، پروژسترون، و گلوکوکورتیکوئید. اسیدآمینه‌های دخیل و برهمکنش‌های مربوطه نشان داده شده است. (a) پیکروکروسین در اتصال با گیرنده پروژسترون (1A28)، (b) پیکروکروسین در اتصال با گیرنده گلوکوکورتیکوئید (1NHZ)، (c) پیکروکروسین در اتصال با گیرنده گلوکوکورتیکوئید (6M9T)، (d) بربرین در اتصال با گیرنده گلوکوکورتیکوئید (6M9T)، (e) بربرین در اتصال با گیرنده گلوکوکورتیکوئید (1NHZ)، (f) بربرین در اتصال با گیرنده پروژسترون (4OAR).

همانگونه که در شکل و جدول فوق دیده می‌شود، هر دو لیگاند موصوف توانستند علاوه بر گیرنده پروژسترون، تعاملات مؤثری با گیرنده‌های گلوکوکورتیکوئید و پروستاگلاندین در محل اسید آمینه‌های کلیدی آنها نیز برقرار کنند. در ادامه این مطالعات محاسباتی، بررسی نتایج شبیه‌سازی دینامیک مولکولی نشان داد که پایدارترین کمپلکس لیگاند

(پیکروکروسین)-گیرنده پروژسترون (1A28) در طول ۵۰ نانوثانیه از پایداری ساختاری مناسبی برخوردار بودند و تغییرات RMSD آن‌ها در محدوده‌ای قابل قبول باقی ماند. این روش در کنار فرایند داکینگ مجدد صحت محاسبات را تصدیق نمود. این یافته‌ها را می‌توان در مجموع مبنای محکمی برای ادامه این تحقیقات بصورت in vitro و in vivo در نظر گرفت.

در این میان پیکروکروسین با توجه به تعاملات مؤثرتر با تمام اهداف مورد مطالعه در مقایسه با بربرین، گزینه‌ی برتری محسوب می‌شود که می‌تواند Hit پیشنهادی این تحقیق باشد. با این حال، فقدان مطالعات تجربی in vitro و حیوانی مضاف بر اختلاف داده‌های تجربی گزارش شده در خصوص اثرات سقط‌آور بربرین و پیکروکروسین، نیاز ما به انجام بررسی‌های بیشتر را نشان می‌دهد.

منابع

Ajam, M., Reyhani, T., Roshanravan, V., & Zare, Z. (n.d.). Increased miscarriage rate in female farmers working in saffron fields: A possible effect of saffron toxicity.

Georgatza, D., Gorgogietas, V. A., Kylindri, P., Charalambous, M. C., Papadopoulou, K. K., Hayes, J. M., & Psarra, A. M. (2016). The triterpene echinocystic acid and its 3-O-glucoside derivative are revealed as potent and selective glucocorticoid receptor agonists. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 79, 277–287. https://doi.org/10.1016/j.biocel.2016.08.019

Mehrabani, D., Zabeti, M., Vahdati, A., Pasalar, M., Rabiee, M., & Massoumi, S. J. (2019). The effect of aqueous extract of Berberis vulgaris on fetal height and weight during pregnancy. International Journal of Nutrition Sciences, 4(2), 83–87.

Nili-Ahmadabadi, A., Artimani, T., Sepehr, A., Kaloorazi, Z. F., Behnamfar, Y., Larki-Harchegani, A., Ranjbar, A., Dastan, D., Azandaryani, M. T., & Ahmadimoghaddam, D. (2022). The effect of saffron and its constituent, crocin, on anterior pituitary-gonadal axis during pregnancy in the rat: A time-course study. South African Journal of Botany, 148, 33–38. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.06.010

Shahab, M., Ziyu, P., Waqas, M., Zheng, G., Bin Jardan, Y. A., Fentahun Wondmie, G., & Bouhrhia, M. (2024). Targeting human progesterone receptor (PR), through pharmacophore-based screening and molecular simulation revealed potent inhibitors against breast cancer. Scientific Reports, 14(1), 6768. https://doi.org/10.1038/s41598-024-55321-0

Williams, S. P., & Sigler, P. B. (1998). Atomic structure of progesterone complexed with its receptor. Nature, 393(6683), 392–396. https://doi.org/10.1038/30775

Comparison of Berberine and Picrocrocin as Natural Alternatives to the Misoprostol-Mifepristone Combination Therapy: An In Silico Study

Seyed Mahdi Alavi*[1], Malihe Akhavan[2], Zohreh Esam[3]
1. Student Research Committee, Faculty of pharmacy, Babol University of Medical Sciences, Babol Iran
2. Pharmaceutical Sciences Research Center, Department of Medicinal Chemistry, Faculty of Pharmacy, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari Iran
3. Department of Medicinal Chemistry, Faculty of Pharmacy, Babol University of Medical Sciences, Babol Iran
*Corresponding Author: seyyedmahdialavi@gmail.com

Abstract

Misoprostol and mifepristone are widely used for pregnancy termination, yet limitations in accessibility and adverse side effects have drawn attention to natural alternatives. Berberine (the major alkaloid of barberry) and picrocrocin (a monoterpene glycoside of saffron) are among the promising candidates. The present study aimed to evaluate and compare the ability of these compounds to interact with key pregnancy-related receptors using computational approaches. The three-dimensional structures of berberine and picrocrocin were retrieved from the PubChem database. Target receptors included progesterone (PDB: 1A28), glucocorticoid (4LTW, 1NHZ), prostaglandin E2 (4OAR, 6M9T), and estrogen (1G50, 3H52). Molecular docking was performed using AutoDock 4.2 to determine binding energy, bond types, and interaction profiles. The stability of ligand–receptor complexes was further assessed through 50 ns molecular dynamics simulations using GROMACS. Both compounds exhibited notable binding affinities, with docking scores ranging from −7.85 to −8.48 kJ/mol. Berberine primarily interacted with the receptors through hydrophobic and π–π interactions, whereas picrocrocin formed more stable hydrogen bonds. Molecular dynamics simulations revealed that picrocrocin–receptor complexes displayed lower fluctuations and greater structural stability compared to berberine. The findings suggest that both berberine and picrocrocin hold potential as natural alternatives to the misoprostol–mifepristone regimen, with picrocrocin demonstrating superior stability and efficacy. Nevertheless, further in vitro and clinical investigations are essential to confirm these computational outcomes.

Keywords: Berberine, Picrocrocin, Misoprostol, Mifepristone, in silico

Analyzing Iran's Status in the Global Medicinal Plant Trade

Kosar Gholipour[1]*, Ghader Dashti[2]
1. PhD student in Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz
2. Professor of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz
*Corresponding Author: KosarGholipour@tabrizu.ac.ir

Abstract

Medicinal and aromatic plants (MAPs) have emerged as vital commodities in the global bioeconomy due to their wide-ranging applications in the pharmaceutical, cosmetic, food, and nutraceutical industries. This study analyzes the status of Iran in the international trade of MAPs from 2001 to 2024, drawing on global trends and bilateral trade data. Findings show that while global trade in MAPs has grown steadily, particularly after the COVID-19 pandemic, Iran's export performance has remained relatively stagnant, with a notable decline after 2015. In contrast, imports into Iran increased significantly until 2017, suggesting rising domestic demand and limited local production capacity. Comparative analysis reveals that China and India dominate global exports due to strong value chains and technological infrastructure, while the United States, Germany and China are leading importers. Iran's main export partners include Turkey, Pakistan, and China, whereas imports are sourced primarily from Afghanistan, India, and Turkey. Despite its rich biodiversity and traditional knowledge, Iran faces structural challenges such as weak processing capacity, limited market diversification, and lack of policy integration. The study concludes by emphasizing the need for strategic investment, institutional coordination, and quality certification systems to enhance Iran's competitiveness in the global MAPs market and leverage its bioeconomic potential.

Keywords: Exports, Imports, Iran, Medicinal plants, Trade analysis

Introduction

Medicinal and aromatic plants (MAPs) have long held a central role in human health and traditional medicine systems across diverse civilizations, including Persian, Indian, Chinese, and Mediterranean cultures. In recent decades, their importance has expanded beyond local use to become key commodities in the global economy. MAPs are not only valued for their therapeutic properties, but also for their wide applications in the pharmaceutical, cosmetic, food, and nutraceutical industries. As global demand for natural and plant-based products continues to grow, driven by rising health awareness, environmental concerns, and the search for alternatives to synthetic drugs, the trade of MAPs has become increasingly significant. This trade now plays a critical role in job creation, income generation, and promoting food and health security, particularly in rural and developing regions. From a bioeconomic perspective, MAPs are considered renewable biological resources that offer a unique intersection between biodiversity conservation and sustainable development. As such, they hold potential to contribute to the resilience and diversification of national economies. According to recent market reports, the global value of the medicinal plants sector is rising steadily, with projections indicating further growth in the coming years. Yet, this growth is not evenly distributed. Countries vary widely in their ability to cultivate, process, and export MAPs due to differences in infrastructure, policy support, institutional capacity, and international competitiveness (Sen et al., 2011). Iran, with its rich biogeographic diversity and longstanding tradition of herbal medicine, possesses considerable potential in the MAPs sector. The country is home to thousands of medicinal plant species and enjoys natural comparative advantages in cultivating and exporting high-quality plant materials (Yazdani & Shahriari, 2023). Nevertheless, despite these advantages, Iran's share in the global trade of MAPs remains modest. This is largely due to structural challenges such as insufficient technological infrastructure, fragmented value chains, lack of coordinated policy frameworks, limited branding, and inadequate market access. Furthermore, the absence of reliable data and comprehensive trade analysis has hindered informed policymaking and strategic development of the sector. Accordingly, the main objective of this study is to analyze the status of Iran in the global trade of medicinal plants. The research first provides an overview of international trade dynamics, then analyzes

Iran's export-import patterns and trading relationships, and finally discusses opportunities for enhancing Iran's role in this strategic sector.

Global trade of MAPs during 2001–2024

According to Fig. 1, the global trade of medicinal plants between 2001 and 2024 exhibits a steadily growing trend in both import and export values. From 2001 to around 2011, the market experienced consistent growth, reflecting increased international interest in herbal products and natural health remedies. A sharp rise is observed between 2011 and 2013, likely driven by growing demand for plant-based medicines, policy reforms, and the expansion of global value chains. Between 2013 and 2019, the trade values stabilized, suggesting a phase of market adjustment or saturation. However, following the COVID-19 pandemic in 2020, the sector regained momentum, reaching its historical peak in 2024. This resurgence may be attributed to renewed global interest in natural health products, increased investment in the medicinal plant sector, and diversification of supply chains. Notably, throughout the entire period, the gap between global export and import values has remained relatively narrow, indicating a balanced and interdependent trade structure. This suggests that many countries both export and import medicinal plants, based on comparative advantages such as climate, biodiversity, and processing capacity. Overall, the trends in Fig. 1 highlight the growing strategic role of medicinal plants in the global economy and their significance in the development of a sustainable and innovation-driven bioeconomy.

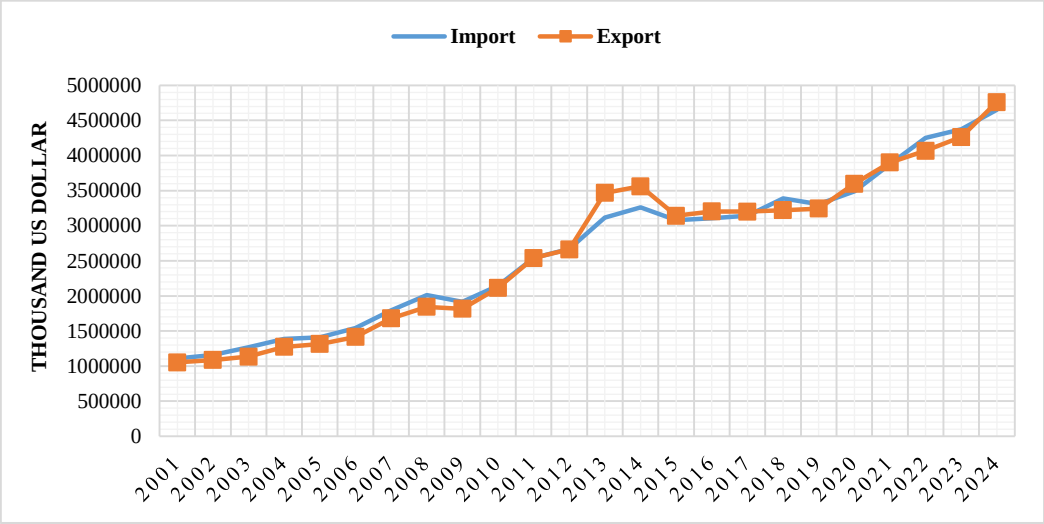


Fig. 1: Global export and import value of MAPs during 2001–2024
Source: ITC, 2025

Trade of Medicinal and Aromatic Plants (MAPs) in Iran during 2001–2024

Fig. 2 shows the value of exports and imports of medicinal plants in Iran from 2001 to 2024. According to Fig. 2, the value of Iran's medicinal plant exports increased slightly from 5,144 thousand USD in 2001 to 5,156 thousand USD in 2024, indicating almost no significant change over this period. The highest export value occurred in 2014 at 13,639 thousand USD, possibly reflecting a temporary boost in production capacity or favorable market conditions. Conversely, the lowest export value was recorded in 2004 at only 134 thousand USD, which might be due to production challenges, export restrictions, or unfavorable economic conditions during that year. On the import side, the value started at 68 thousand USD in 2001 and followed an upward trend, reaching its peak at 16,588 thousand USD in 2017. After 2017, imports generally declined to 5,156 thousand USD by 2024. The sharp increase in imports until 2017 may be attributed to rising domestic demand for medicinal plants that are either not produced sufficiently in Iran or require specific qualities or varieties that are imported. Additionally, growing industries such as pharmaceuticals, cosmetics, and natural health products likely contributed to this increased import demand. An important point is that until 2015, the export value was consistently higher

than the import value, suggesting that Iran was a net exporter of medicinal plants during this period. However, after 2015, exports began to decline while imports surged. This reversal could be caused by multiple factors: domestic production may have faced obstacles such as water scarcity, limited investment, or negative impacts from international sanctions reducing export capacity. At the same time, increased consumption of medicinal plants within Iran, possibly due to population growth or shifts in consumer preferences toward herbal products, might have driven the rise in imports. Overall, this trend points to a growing reliance on imported medicinal plants and highlights the need for policies aimed at enhancing domestic cultivation, improving processing infrastructure, and expanding export markets to regain a favorable trade balance in this sector.

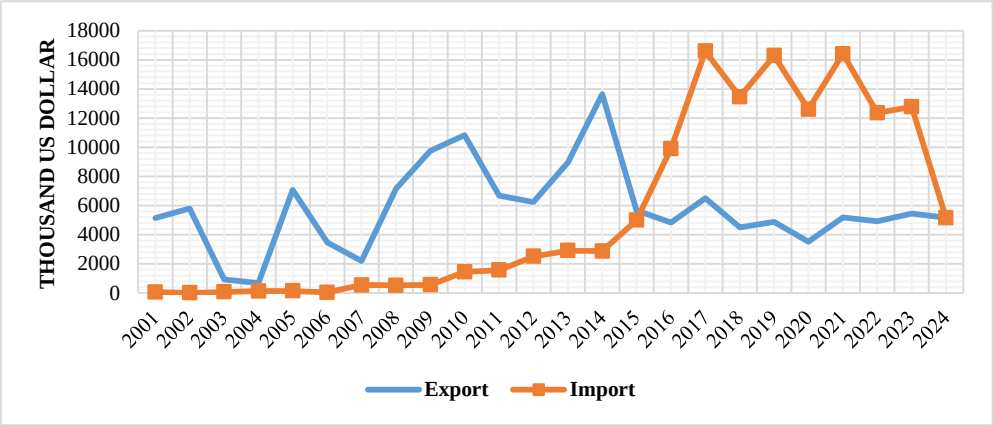


Fig. 2: Global export and import value of MAPs during 2001–2024
Source: ITC, 2025

Top Importers and Exporters for MAPs in 2024

This section analyzes the global landscape of medicinal and aromatic plants trade in terms of both exports and imports. Fig. 3 highlights the top MAP-exporting countries in 2024. As shown, China and India dominate global MAP exports with values of 980 million USD and 543 million USD, accounting for approximately 20% and 11% of the global export market, respectively. Their strong positions reflect not only vast biodiversity and traditional knowledge but also robust value chain development, investment in processing technologies, and access to international markets. Following these leaders are Canada (344 million USD, 7.2%), Germany (272 million USD, 5.7%), and Egypt (209 million USD, 4.4%). Canada's high ranking can be attributed to its strong herbal product industry and sustainable harvesting practices. Germany benefits from advanced pharmaceutical and nutraceutical industries, while Egypt leverages its historical expertise and climatic advantages in cultivating medicinal herbs. In contrast, Fig. 4 displays the top importers of MAPs in 2024. The United States ranks first with imports worth 555 million USD, followed by Germany (486 million USD) and China (338 million USD). These figures illustrate that even major exporters like China are also significant importers, likely due to high domestic demand for specific foreign-origin species or processed materials. Other prominent importers include India, France, Italy, the United Kingdom, Australia, and South Korea, each importing at least 111 million USD worth of MAPs. This indicates that medicinal plants are increasingly becoming essential raw materials in industries such as pharmaceuticals, food supplements, and cosmetics across both developed and emerging economies. Fig. 5 presents the list of countries that imported medicinal plants from Iran in 2024. Leading the list is Turkey, with imports valued at 1.1 million USD, followed by Pakistan (810 thousand USD), China (780 thousand USD), and Iraq (625 thousand USD), representing 21%, 16%, 15%, and 12% of Iran's MAP export share, respectively. These countries likely serve both as direct end markets and re-export hubs for Iranian products. Conversely, Fig. 6 identifies the main exporters of MAPs to Iran in 2024. The top suppliers include Afghanistan (4 million USD), India (2.2 million USD), and Turkey (1 million USD). Afghanistan's dominance may stem from geographic proximity and shared plant species, while India and Turkey benefit from well-established production and export infrastructure. These trade patterns

emphasize Iran's strategic position in the MAP value chain, both as an exporter to regional markets and as an importer from key global producers. Strengthening domestic value addition, certification, and marketing could help Iran expand its export footprint, especially given global growth in herbal and natural product markets.

Fig. 3: Top exporter countries in MAPs in 2024

Fig. 4: Top importer countries in MAPs in 2024

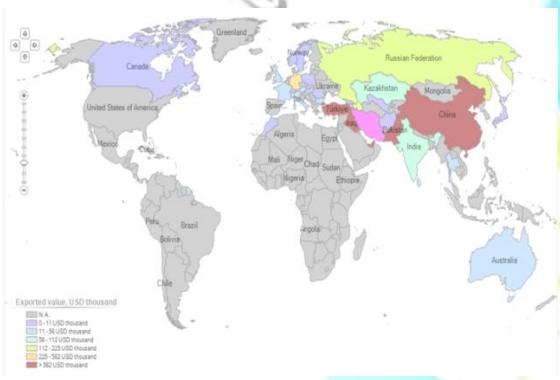


Fig. 5: Destination Countries of Iran's Medicinal Plant Exports in 2024

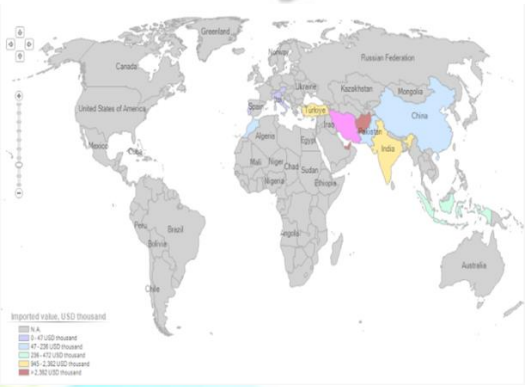


Fig. 6: Source Countries of Iran's Medicinal Plant Imports in 2024

Source: ITC, 2025

Conclusion

The global trade of medicinal and aromatic plants (MAPs) has witnessed substantial growth over the past two decades, positioning itself as a critical component of the bioeconomy and natural health industries. This trend reflects increasing consumer preference for plant-based products, the rising cost and side effects of synthetic pharmaceuticals, and heightened awareness around sustainability, traditional knowledge, and biodiversity. Iran, with its exceptional floristic diversity, deep-rooted history in traditional medicine, and favorable climatic conditions, holds significant untapped potential in this growing market. However, as this study demonstrates, Iran's actual performance in the global trade of MAPs remains relatively modest. Although the country was a net exporter of medicinal plants up until 2015, recent trends show a concerning shift: exports have stagnated and even declined, while imports have risen significantly, peaking in 2017. This reversal suggests growing domestic demand for imported MAPs alongside a weakening capacity to compete in international markets. The analysis of global trade

patterns in 2024 highlights that countries like China and India lead in both production and export, supported by robust infrastructure, technological investment, and strong institutional frameworks. Similarly, countries such as Germany, Canada, and Egypt have built competitive advantages through either processing capabilities, sustainable harvesting, or favorable market access. On the import side, high-income and industrialized countries, including the United States, Germany, and China, are the largest consumers, indicating that MAPs are increasingly integrated into modern health, wellness, and lifestyle sectors.

For Iran, the trade data reveals that its export market is largely regional, concentrated in countries like Turkey, Pakistan, China, and Iraq. While these destinations offer proximity and historical trade relations, they may also reflect limited diversification and value addition. Iran's imports, on the other hand, come mainly from neighboring countries (e.g., Afghanistan, India, and Turkey), which may supply raw or semi-processed products not produced locally in sufficient quality or quantity. Several factors appear to be constraining Iran’s full participation in the global MAPs economy: insufficient investment in processing technologies and value chain integration; limited quality control and certification infrastructure; lack of international branding; fragmented policies; and the absence of comprehensive trade and production data to support strategic planning. To enhance Iran’s position, a multipronged approach is essential. First, policy coherence and institutional coordination must be improved to support MAPs cultivation, harvesting, processing, and export promotion. Second, capacity-building and investment in R&D, quality standards, and market intelligence should be prioritized to increase product competitiveness and meet global phytosanitary and sustainability requirements. Third, developing a national branding and certification strategy, anchored in Iran’s unique biodiversity and traditional knowledge, can help capture premium market segments globally. In conclusion, Iran stands at a critical juncture in the medicinal plant trade. While the country faces significant structural and strategic challenges, it also has valuable natural, cultural, and scientific assets that, if properly leveraged, could elevate its role in the global MAPs value chain. The future trajectory will depend on the extent to which Iran aligns its domestic capabilities with international market trends, regulatory demands, and innovation pathways. In doing so, the country can not only improve its trade balance but also contribute meaningfully to rural livelihoods, environmental conservation, and health security in line with bioeconomic and sustainable development goals.

References

International Trade Centre, ITC, 2025. https://www.trademap.org.

Sen, S., Chakraborty, R., & De, B. (2011). Challenges and opportunities in the advancement of herbal medicine: India’s position and role in a global context. *Journal of Herbal medicine*, *1*(3-4), 67-75.

Yazdani, D., Shahriari, M. (2023). A comprehensive map and prioritization of the provinces producing medicinal plants in the country based on the indicators of the physical advantage of production, *Quarterly Journal of Development Strategy*, 71(18), 154-180.

تحلیل وضعیت ایران در تجارت جهانی گیاهان دارویی

کوثر قلی پور*[۱]، قادر دشتی[۲]

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲- استاد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: KosarGholipour@tabrizu.ac.ir

چکیده

گیاهان دارویی به‌واسطه‌ی کاربردهای گسترده در صنایع دارویی، آرایشی، غذایی و مکمل‌های تغذیه‌ای، به‌عنوان کالاهایی راهبردی در زیست‌اقتصاد جهانی مطرح شده‌اند و از اهمیت فراوانی برخوردارند. بر همین اساس، هدف این مطالعه تحلیل وضعیت ایران در تجارت بین‌المللی گیاهان دارویی می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که اگرچه تجارت جهانی گیاهان دارویی به‌ویژه پس از همه‌گیری کووید-۱۹ رشد قابل‌توجهی داشته، عملکرد صادراتی ایران نسبتاً راکد باقی مانده و از سال ۲۰۱۵ به بعد با افت محسوسی مواجه بوده‌است. در مقابل، واردات ایران تا سال ۲۰۱۷ افزایش چشمگیری داشته که می‌تواند بیانگر افزایش تقاضای داخلی و یا محدودیت در ظرفیت تولید بومی باشد. تحلیل مقایسه‌ای نشان می‌دهد که چین و هند به‌دلیل زنجیره‌های ارزش قوی و زیرساخت‌های فناورانه پیشرفته، بر صادرات جهانی تسلط دارند و ایالات متحده، آلمان و چین از بزرگ‌ترین واردکنندگان محسوب می‌شوند. شرکای اصلی صادراتی ایران شامل ترکیه، پاکستان و چین بوده، درحالی‌که واردات عمدتاً از افغانستان، هند و ترکیه انجام می‌شود. با وجود تنوع زیستی غنی و دانش سنتی گسترده، ایران با چالش‌های ساختاری همچون ضعف در ظرفیت فرآوری، تنوع اندک بازارها و نبود یکپارچگی سیاستی مواجه‌است. این مطالعه در پایان بر لزوم سرمایه‌گذاری راهبردی، هماهنگی نهادی و استقرار نظام‌های گواهی کیفیت برای ارتقاء رقابت‌پذیری ایران در بازار جهانی گیاهان دارویی و بهره‌برداری مؤثر از ظرفیت‌های زیست‌اقتصادی کشور تأکید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: ایران، تحلیل تجارت، صادرات، گیاهان دارویی، واردات

کاربرد LC-Mass برای شناسایی صمغ پوست کدو سبز و تعیین عناصر موجود در آن با استفاده از طیف‌سنج جذب اتمی

سیده ریحانه یزدپور[۱]، قدسیه باقرزاده[۲*]، محمد شفیعی[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲- گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۳- گروه شیمی دارویی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، بیرجند، ایران

*نویسنده مسئول: Bagherzade@birjand.ac.ir

چکیده

کدو سبز مسمایی با نام علمی *Cucurbita pepo*، از خانواده *Cucurbitaceae*، گیاهی یک‌ساله و علفی است که ساقه‌های خزنده و پوشیده از کرک‌های زبر دارد. برگ‌های آن پهن، قلبی‌شکل و دارای دمبرگی بلند و کرک‌دار هستند. گل‌های این گیاه زرد پررنگ بوده و گل‌های نر به صورت مجتمع و گل‌های ماده به صورت منفرد رشد می‌کنند. این گونه در مناطق معتدل جهان، به ویژه در کشورهای اروپایی و نواحی گرم و مرطوب ایران کشت می‌شود.

نمونه مورد مطالعه کدو در خرداد و تیرماه سال ۱۴۰۱ از مزارع شهرستان مشهد برداشت و برای انجام آنالیزهای آزمایشگاهی آماده شد. استخراج صمغ آن با روش سوکسله و با استفاده از آب مقطر به عنوان حلال انجام گرفت. سپس عصاره حاصل پس از سانتریفیوژ با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۵ دقیقه تفکیک و رسوب جدا شد. رسوب به دست آمده برای آنالیز ترکیبات شیمیایی با دستگاه LC-MS آماده گردید.

نتایج آنالیز LC-MS نشان داد که صمغ پوست کدو سبز حاوی ترکیبات متنوعی مانند اسید لینولئیک، اسید اولئیک، فیتول، آمبلیفرون، سیکلوهگزیل‌آمین، دی‌هیدروکسی‌ماندلیک اسید، سالیسیلیک اسید، ۴-متیل بنزآلدئید، ویتامین‌های B2 و K، کومارین، کورکومین، اسید لیپوئیک و کالیفن است. لازم به ذکر است که کالیفن برای اولین بار توسط تیم تحقیقاتی دانشگاه بیرجند از صمغ پوست کدو شناسایی شده است.

علاوه بر این، میزان رطوبت و درصد خاکستر کل نمونه اندازه‌گیری شد و با استفاده از طیف‌سنج جذب اتمی، عناصر معدنی موجود در پوست کدو شناسایی گردید. نتایج نشان داد پوست کدو سبز دارای عناصر معدنی مهمی مانند پتاسیم (K) ، منیزیم(Mg) ، کلسیم(Ca) ، سدیم(Na) ، آهن(Fe) ، روی(Zn) ، منگنز(Mn) ، نیکل (Ni) و مس (Cu) می‌باشد. (Vogan, Rachel et al 2021)

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، کدو سبز مسمایی، لوتئین، لیکوپن، ویتامین K

مقدمه

کدو سبز مسمایی (کدو) با نام علمی *Cucurbita pepo* گیاهی است علفی و یک ساله با ساقه‌ای خوابیده، خزنده، و بالارونده است. میوه کدو استوانه‌ای، بیضی شکل و کشیده در بعضی موارد بندرت کروی، سبز رنگ گاهی نیز به رنگ زرد، پوست آن صاف یا زگیل‌دار و دانه‌های داخل آن سفید رنگ می‌باشند. در نواحی معتدل اغلب کشورها بخصوص کشورهای اروپایی و در ایران بیشتر در استان‌های گرم ومرطوب کاشته می‌شود. دراستان‌های دیگر نیز به صورت

پرورشی و گلخانه‌ای کشت می‌شود. جزء محصولات کشاورزی با ارزش دارویی می‌باشد (Dhiman, et al., 2012; Ratnam, et al., 2017).

ترکیبات تشکیل دهنده کدو

کدو (Cucurbita pepo) یک سبزی فصلی با ارزش غذایی و دارویی بالا است. بسیاری از خواص مفید این میوه به ترکیبات زیست فعال نسبت داده می‌شود. میوه‌های کدو دارای ترکیبات مهمی از قبیل لوتئین، بتاکاروتن زیگزانتین، دهیدروآسکوربیک اسید لوتئین، بتاکاروتن، زیگزانتین، دهیدروآسکوربیک اسید فنل‌ها، ترپنوئیدها، ساپونین‌ها، استرول‌ها، اسیدهای چرب، کربوهیدرات‌ها و پلی ساکاریدهای مفید به وفور یافت می‌شوند.در گیاه کدو سبز املاح معدنی همچون آهن، فسفر، هیدرات‌های کربن، یافت می‌شود (Martínez-Valdivieso, et al., 2017).

نقش عناصر فلزی در کدو سبز مسمایی

گیاه *Cucurbita* از جمله گیاهان دارویی است که در صنایع غذایی و دارویی کاربرد دارد. حضور یون‌های فلزی به عنوان عوامل محرک در تولید متابولیت گیاهی نقش زیادی دارد. بعنوان مثال نمک رویِ گلیسیرین، بر میزان ترکیبات فنلی کل، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و تانن‌ها موثر هستند. آلاینده‌های اکوسیستم، به دلیل اثرات فیزیولوژیکی خاص خود بر روی موجودات زنده حتی در غلظت‌های پایین هم از اهمیت بالایی برخودار هستند. یون فلزی کادمیوم در بین فلزات سنگین، به دلیل تحرک بالا در خاک، حلالیت زیاد در آب و خاک به‌عنوان یکی از مهمترین فلزات سنگین برای تاثیر بر پیش ساز متابولیت‌های ثانویه شناخته می‌شود و نتایج تحقیق در این رابطه نشان دهنده موارد ذیل است.

۱- با افزایش سطح تنش صفات رشدی، شاخص پایداری غشاء، درصد کلونیزاسیون[1] و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن و روی در کدو به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

۲- با افزیش غلظت کادمیوم خاک، غلظت عنصر کادمیوم و محتوای نسبی آب در گیاه به طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌نماید.

همچنین در مطالعاتی که بررسی غلظت فلزات بر رنگ پوست و وزن محصول نهایی کدو مسمایی انجام شد نشان داد که تاثیر فلزات در غلظت کم بسیار موثر می‌باشد. از طرف دیگر بررسی‌ها نشان داد که کاربرد عناصر فلزی موجب افزایش درصد سرعت رشد، وزن خشک و طول گیاهچه‌ها و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز گردید که نشان‌دهندۀ تأثیر مثبت عناصر فلزی بر جوانه‌زنی، رشد و فعالیت آنزیم‌هایی از قبیل آنتی اکسیدان‌ها دارد. همچنین تنش فلزات موجب افزایش درصد گیاهچه‌های غیرنرمال می‌شود. تنش فلزات موجب افزایش و درصد گیاهچه‌های غیرنرمال می‌شود. پیش‌تیمار آبی و هورمونی سبب افزایش معنی‌دار جوانه‌زنی و رشد و افزایش شاخص‌های بیوشیمیایی تحت تنش فلز گردید و پیش‌تیمار بذر از طریق افزایش قدرت بذر و خصوصیات بیوشیمیایی، از اثرات منفی کاسته و موجب بهبود جوانه‌زنی و رشد در شرایط مساعد و تحت تنش می‌شود (Vogan, Rachel et al., 2021).

کاربرد و نقش کدو درطب سنتی و علم پزشکی نوین

محمد بن رازی[2] درکتاب الحاوی می‌نویسد: استفاده از ضماد کدو بر بدن فرد مبتلا به نقرس بسیارموثر بوده و آثار شفا بخش و موثری از خود نشان می‌دهد. همچنین کدو پخته به همراه آب انگور و آب انار و روغن بادام و روغن زیتون

1. Colonization
2. Mohammad Bin Razi

می‌تواند غذای مناسبی برای بیماران صفراوی باشد و مخلوط رب انارو کدو سبز مسمایی می‌تواند تشنگی را فرونشاند و برای تب و سرفه شدید بسیار مفید است. ابوعلی سینا[1] قرصی از خیارو کدو تولید کرده بود که برای تب التهابی و تب‌هایی که به خون مربوط می‌شد مفید بود او همچنین معتقد بود که روغن کدو فواید معجزه آسایی دارد و می‌تواند خارش را در هر نقطه‌ای از پوست برطرف کند و اگر سوزشی در کلیه و مثانه وجود داشت مصرف این روغن می‌تواند سوزش را برطرف نماید. خواص کدو در علم پزشکی نوین هم ذکر شده است. مهیار آذر و همکارانش درکتاب خواص طبیعی و پزشکی میوه‌ها و سبزیجات از کدوی سبز یاد کرده و در باره ارزش غذایی کدو سبز بحث کرده اند. این گیاه دارای چندین نوع اسیدآمینه غیرپروتئینی از جمله کوکوربیتین، اسیدآمینه مخصوص کدو سبز مسمایی است ("Pumpkin". Drugs.com. Retrieved November 22, 2014.). دانه کدو سبز دارای مقدار زیادی ویتامین E است. ۳۰ تا ۳۵ درصد وزن آن را اسیدهای چرب، ۲۵ تا ۳۰ درصد پروتئین و ۳۰ درصد بقیه را پکتین و مواد معدنی به ویژه سلنیوم، روی، مس، منگنز تشکیل می‌دهد. روغن دانه کدو سبز دارای اثر آنتی‌اکسیدانی قوی است بنابراین می‌تواند اثرات فشار خون شدید را کنترل کند یا افزایش فشار خون را به تعویق بیاندازد. کدو سبز همچنین در درمان پروستات خوش خیم و جذام مفید است. کدو سبز مسمایی از تجمع کلسترول در دیواره رگهای خونی، جلوگیری می‌کند. همچنین ویتامین‌های A و E آن، در ترکیب با اسیدهای چرب غیر اشباعی جذب آنتی‌اکسیدان‌های محلول در چربی را تقویت نموده و کمک شایانی به بازسازی موثر سلول‌های مغزی می‌کند. آنالیزهای آماری نشان دهنده افزایش معنی دار آهن و ترانسفرین سرم و کاهش معنی‌دار (TIBC بررسی سطح آهن درخون) پس از مصرف دانه کدو سبز مسمایی بود آنها به این نتیجه رسیدند که دانه کدو سرشار از آهن است و می‌تواند وضعیت آهن بدن را بهبود ببخشد و ازکم خونی ناشی از فقر آهن جلوگیری می‌کند. دو ترکیب مهم در ساختار شیمیایی کدوی سبز لوتئین و زگزانتین می‌باشند این دو ماده از جمله ترکیبات مهم برای عملکرد صحیح چشم می‌بوده و از تحلیل شبکیه ممانعت به عمل آورده و یا به تعویق می‌اندازند. لوتئین به عنوان یک انتی اکسیدان از سلولهای ماکولا محافظت می‌کند یافته‌های حاصل از مطالعات نشان می‌دهد که مصرف غذاها یا مکمل‌های لوتئین دار به بهبود عملکرد بینایی در بیماران مبتلا به AMD دژانراسیون ماکولای و وابسته به سن و دیگر بیماری‌های چشمی کمک می‌کند (Salehi, et al., 2019).

مواد و روش‌ها

۱- جمع‌آوری و آماده سازی گیاه

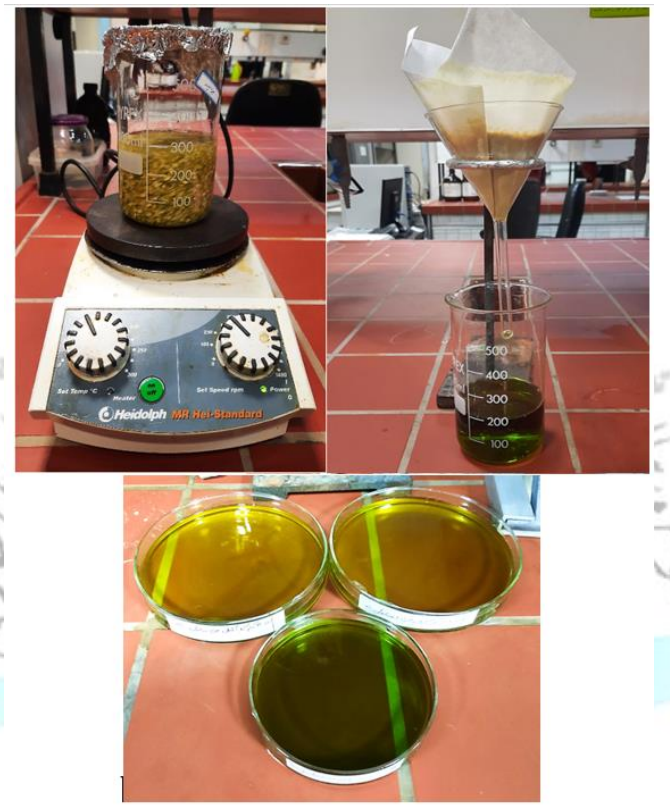
کدو سبز دراواخر خرداد ماه و اوایل تیرماه سال ۱۴۰۱ از زمین‌های کشاورزی شهرستان مشهد جمع‌آوری شد و پوست کدو را جدا شد و دراتاق دور از نور مستقیم آفتاب در شرایط سایه و نور کم روی پارچه سفید یا ورق‌های نسوز خشک گردید. سپس پوست کدوی خشک شده بطور کامل آسیاب شد و در محل دور از نور خورشید با دمای محیط نگهداری شد.

نحوه تهیه وآماده سازی عصاره به روش ماسیراسیون

برای استخراج مواد مؤثره پوست کدوسبز از روش خیساندن (ماسراسیون) استفاده شد. در این فرآیند ۳۰ گرم پوست (خشک شده) را خرد کرده و به صورت جداگانه درون بشر۵۰۰ میلی‌لیتر ریخته و با استفاده از حلال‌هایی از

1. Abu Ali Sina

جمله: آب، اتانول، اتیل استات، متانول و ان-هگزان، دی‌کلرومتان مخلوط می‌گردد. مخلوط‌های بدست آمده در دمای اتاق بر روی یک هیتر و همزن به مدت ۷۲ ساعت، شکل(۱) قرار می‌گیرند. سپس حلال‌ها توسط دستگاه روتاری تحت شرایط خلاء حذف و عصاره‌ها درون یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد برای انجام آزمایشات بعدی نگهداری شد (Caballero Gutiérrez et al., 2023).



شکل ۱. عصاره‌گیری به روش ماسیراسیون

استخراج صمغ از عصاره پوست کدو سبز

۱۰گرم پوست کدو خشک همراه ۱۵۰ سی‌سی آب مقطر مخلوط شد و به مدت ۱۲ساعت به روش سوکسله عصاره‌گیری انجام شد. عصاره با کاغذ صافی صاف گردید به مدت ۲۴ ساعت داخل یخچال نگهداری شد. بعد ازمدت زمان مذکور عصاره داخل دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۲۵ دقیقه با دور ۵۰۰۰ قرارگرفت محلول روی رسوب برداشته شد و رسوب کنارگذاشته شد.صمغ موجود در بخش آبی جمع‌آوری شده از مرحله قبل باحلال دی‌کلرومتان توسط قیف دکانتورشکل (۲) جداسازی گردید. سدیم سولفات جهت حذف آب به صمغ جداسازی شده اضافه شد.

شکل۲. مراحل جداسازی صمغ از پوست کدو و صمغ جدا شده از عصاره

تعیین مقدار خاکستر پوست کدو سبز

به بوته چینی، ۴۰ گرم از پوست خشک کدو را اضافه کرده و سپس، نمونه زیر هود و بر روی شعله سوزانده شد. ابتدا کوره را در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم و سپس نمونه را به مدت ۸ ساعت داخل کوره قرار داده شد. و در طی ۸ ساعت کلیه مواد آلی در نمونه سوخته و از بین می‌رود و تنها مواد معدنی (خاکستر) باقی می‌ماند که به رنگ شیری یا سفید است. سپس بوته از کوره خارج گردید. در مرحله بعد محلول خاکستر با اضافه نمودن HCl و حرارت تا دمای جوش تهیه گردید میزان فلزات سنگین برای نمونه مورد نظر با استفاده از دستگاه جذب اتمی (کوره گرافیت) مدل شیمادزو A-A,6300 اندازه‌گیری شد.

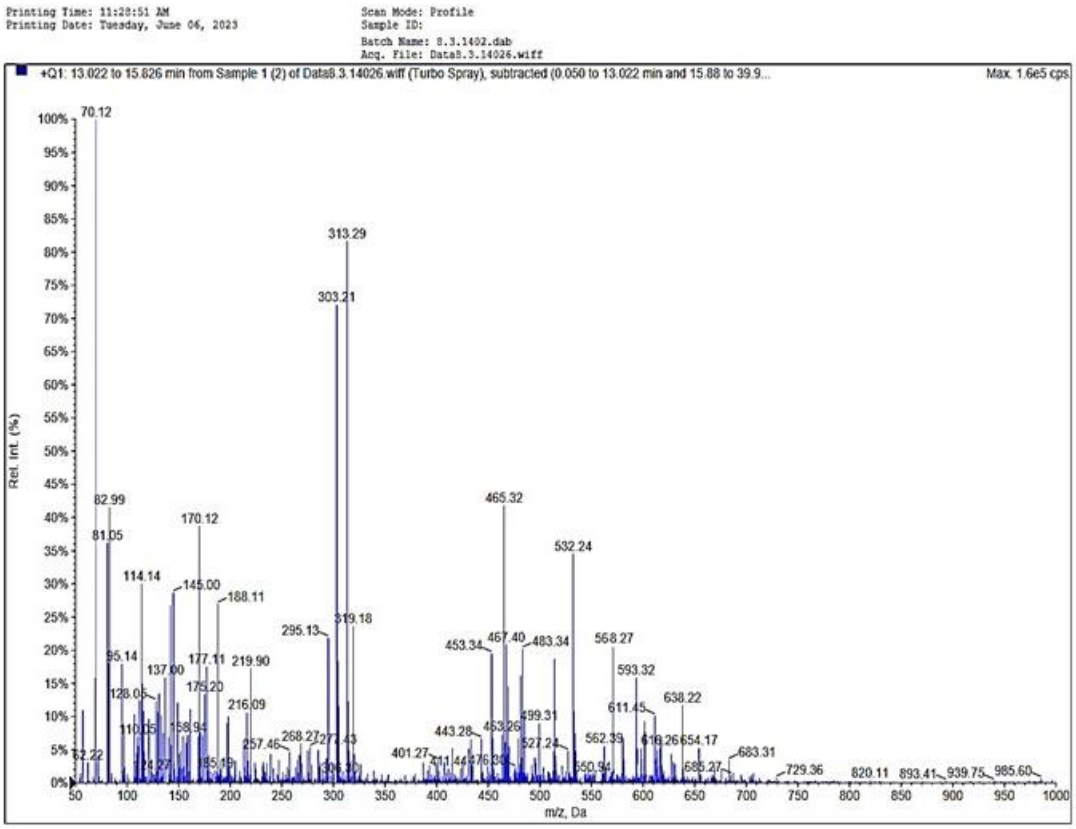
آماده‌سازی نمونه جهت شناسایی ترکیبات شیمیایی با بهره‌گیری از تکنیک LC-MASS

عصاره‌گیری با روش ماسیراسیون به مدت ۷۲ ساعت در حضور حلال آب مقطر انجام و برای مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری گردید. سپس در دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۲۵ دقیقه و با دور ۵۰۰۰ قرار گرفت. محلول روی لوله فالکون برداشته و بقیه کنار گذاشته شد. سپس با دی کلرومتان استخراج و خشک شد. پودر حاصل برای آنالیز آماده است.

نتایج و بحث

عناصر معدنی مواد غیرآلی هستند که اغلب به صورت نمک با ترکیبات آلی یا با عناصر دیگر یافت می‌شوند. عناصر ضروری عناصری هستند که گیاه بدون آنها نمی‌تواند چرخه زندگی را کامل کند. توسط سایر عناصرغیرقابل جاگزین هستند و به شکل مستقیم در متابولیسم گیاه دخیل هستند. عناصر معدنی در این گیاه با تشکیل خاکستر و استفاده از دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی اندازه‌گیری گردید.

بررسی نتایج ترکیبات شناسایی شده صمغ پوست کدو سبز (LC-Mass)



نتایج شناسایی صمغ پوست کدو نشان داد که در صمغ گیاه ترکیبات بسیار مهمی از قبیل مشتقات مندلیک اسید، سالیسیلیک اسید، ۴-متیل بنزآلدئید و کالیفن وجود دارد. مندلیک اسید در زمره ترکیبات فنلی بوده که اثرات آنتی‌اکسیدانی آن شناخته شده است. اسید سالیسیلیک در رشد و تقسیم سلولی نقش دارد. کالیفن یک ماده خام طبیعی می‌باشد که از صمغ بعضی از گیاهان از جمله درخت کاج بدست می‌آید این ماده باعث چسپندگی پوست کدو می‌گردد. این ماده در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ماده می‌تواند به ترکیباتی نظیر ابیتیلامین استات تبدیل گردد که برای کنترل آفت‌ها و میکروارگانیسم‌ها به‌کار می‌رود.برای اولین بار توسط تیم تحقیقاتی ما وجود کالیفن در کدو با استفاده از (LC-Mass) شناسایی گردید. با الهام گرفتن از طبیعت می‌توان به ارزش و اهمیت گیاهان پی برده و از آن‌ها در جهت کسب منفعت و سود دهی بهره برد. همانطور که در کتاب الحاوی محمد بن رازی آمده است گیاه کدو منبع سرشاری از منافع و درمان می‌باشد لذا می‌توان از این نکته سود برده و در جهت تهیه داروهایی با منشا گیاهی و طبیعی قدم برداشت. در برنامه‌های آتی تیم ما برای طراحی شرایطی که از گیاه بتوان بعنوان بخشی از ساختار کرم‌های ترمیم زخم استفاده کرد برنامه‌ریزی گردیده است. همچنین در ساختار زخم پوش‌های گیاهی نیز می‌تواند کاربرد موثر داشته باشد (Ahmad, R et al 2024).

منابع

Caballero Gutiérrez, B. L., Márquez Cardozo, C. J., Ciro Velázquez, H. J., & Cortés Rodríguez, M. (2023). Effect of enzymatic maceration and homogenization by shear on the stability of pumpkin suspension (Cucúrbita maxima) incorporating its vegetable co-products (peel and seed). F1000Research, 1294.

Dhiman, K., Gupta, A., Sharma, D., Gill, N., Goyal, A (2012). A review on the medicinally important plants of the family Cucurbitaceae. Asian Journal of Clinical Nutrition. 4, 16-26

Martínez-Valdivieso D, Font R, Fernández-Bedmar Z, et al. (2017). Role of Zucchini and its distinctive components in the modulation of degenerative processes: genotoxicity, anti-genotoxicity cytotoxicity and apoptotic effects. Nutrients. Jul 14:9(7). Pii: E755.

Ratnam, N., Naijibullah, M., & Ibrahim, M. D. (2017). A review on Cucurbita pepo. Int J Pharm Phytochem Res, 9, 1190-1194.

Sabandar, C. W., Kamaruddin, H. S., Insani, R. N., Amin, R. T., Zulkifli, Z., & Tien, T. (2023). Tentative Identification of Compounds, Antioxidant, and Antimicrobial Activity of the Edible Part of Benincasa hispida L. fruit (Cucurbitaceae). Borneo J Pharm, 6(2), 133-46.

Salehi, B., Capanoglu, E., Adrar, N., Catalkaya, G., Shaheen, S., Jaffer, M., ... & Capasso, R. (2019). Cucurbits plants: A key emphasis to its pharmacological potential. Molecules, 24(10), 1854.

Vogan, Rachel. A crop with two names. Kiwi Gardener. Retrieved May 2,(2021) via Miter 10. I call them courgettis, as do growers such as Zealandia, but seed companies in New Zealand list them as zucchini.

Comprehensive Characterization of Green Squash Peel Gum via LC-MS and Mineral Profiling Using Atomic Absorption Spectroscopy

Seyedeh Reyhane Yazdpour[1], Ghodsieh Bagherzade[2]*, Mohamad Shafiei[3]
1. Master degree graduate of the Chemistry Department, Faculty of Sciemce, University of Birjand , Birjand, Iran
2. Department of Chemistry, Faculty of Sciences, University of Birjand, Birjand 97175-615, Iran
3. Department of Medicinal Chemistry, Faculty of pharmacy,Birjand University of Medical Science, Birjand, Iran
Corresponding Author: Bagherzadeh@birjand.ac.ir, gbagherzade@gmail.com

Abstract

Mesmai zucchini, scientifically known as *Cucurbita pepo* and belonging to the *Cucurbitaceae* family, is an annual herbaceous plant with creeping stems covered in coarse hairs. Its leaves are broad, heart-shaped, and have long, hairy petioles. The flowers of this plant are bright yellow; male flowers grow in clusters, while female flowers grow singly. This species is cultivated in temperate regions around the world, especially in European countries and the warm and humid areas of Iran (Ratnam, et al., 2017).

The zucchini samples were collected from the farms of Mashhad County in June and July 2022 and prepared for laboratory analyses. The gum was extracted using the Soxhlet method with distilled water as the solvent. The resulting extract was then centrifuged at 5000 rpm for 25 minutes to separate and isolate the precipitate. The obtained precipitate was prepared for chemical compound analysis using LC-MS equipment.

The LC-MS analysis results showed that the gum from the green zucchini peel contains diverse compounds such as linoleic acid, oleic acid, phytol, ambeliferone, cyclohexylamine, dihydroxy mandelic acid, salicylic acid, 4-methyl benzaldehyde, vitamins B2 and K, coumarin, curcumin, lipoic acid, and calyphen. It is noteworthy that calyphen was identified for the first time from zucchini peel gum by the research team of Birjand University (Martínez-Valdivieso, et al., 2017).

Furthermore, the moisture content and total ash percentage of the sample were measured, and using atomic absorption spectroscopy, the mineral elements present in the zucchini peel were identified. The results indicated that green zucchini peel contains important mineral elements such as potassium (K), magnesium (Mg), calcium (Ca), sodium (Na), iron (Fe), zinc (Zn), manganese (Mn), nickel (Ni), and copper (Cu) (Vogan, Rachel et al., 2021).

Key words: antioxidant, mesmai zucchini, lutein, lycopene, vitamin K

استخراج فوق بحرانی به‌عنوان روشی کارآمد برای استخراج ترکیبات زیست فعال از گیاهان دارویی

حسین خداوردی*[۱]، زهرا عرب[۱]، سارا صفوی پناه[۱]، شکوفه آذین[۲]
۱- پژوهشگر مرکز پرورش استعدادهای نمونه، گرمسار، ایران
۲- کارشناسی ارشد بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشگاه تهران، ایران
*نویسنده مسئول: KhodaverdiHossein@yahoo.com

چکیده

استخراج با حلال فوق بحرانی (SFE) با استفاده از کربن دی‌اکسید فوق بحرانی ($scCO_2$) به دلیل خواص ترمودینامیکی منحصربه‌فرد، مانند چگالی قابل تنظیم و ویسکوزیته پایین، روشی کارآمد برای استخراج ترکیبات زیست‌فعال از گیاهان دارویی است. این تکنیک در شرایط بحرانی حلال امکان استخراج انتخابی فلاونوئیدها، اسانس‌ها و پلی‌فنول‌ها را با حفظ کیفیت ترکیبات فراهم می‌کند. استخراج عصاره با $scCO_2$ بازده متوسط ۹۲٪ را در مقایسه با روش سوکسله (بازده متوسط ۶۵٪) ارائه می‌دهد و زمان استخراج را از ۵-۸ ساعت به ۵-۲۵ دقیقه کاهش می‌دهد. هم‌چنین افزودن حلال کمکی، گزینش‌پذیری استخراج را ۳۵ تا ۵۰٪ بهبود می‌بخشد. پارامترهای کلیدی مانند فشار، دما، نرخ جریان $scCO_2$ و زمان استخراج، بر بازده و کیفیت محصول تأثیر مستقیم دارند و بهینه‌سازی آن‌ها برای هر گیاه ضروری است. SFE با حذف حلال‌های سمی و کاهش پسماند، با اصول شیمی سبز همخوانی دارد و برای تولید مکمل‌های گیاهی و محصولات دارویی مناسب است. با این حال، هزینه‌های اولیه راکتورهای فشار بالا و تجهیزات تخصصی، صنعتی‌سازی را محدود می‌کند. بهینه‌سازی پیوسته فرآیند و بازیافت $scCO_2$ هزینه‌های عملیاتی را کاهش می‌دهد که کاربرد این روش را در صنایع دارویی و تولید عصاره‌های گیاهی تقویت می‌کند. چالش‌های اصلی این روش شامل هزینه اولیه بالا و بهینه‌سازی فرایند استخراج است. با پیشرفت‌های اخیر، صنعتی‌سازی SFE برای استخراج ترکیبات گیاهی با کیفیت بالا در آینده نزدیک امکان‌پذیر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: استخراج فوق بحرانی، گیاهان دارویی، حلال فوق بحرانی، روغن‌های ضروری

Supercritical extraction as an efficient method for extracting bioactive compounds from medicinal plants

Hossein Khodaverdi[1]*, Zahra Arab[1], Sara Safavipanah[1], Shokoufeh Azin[2]
1. Researcher, Center for Developing Exemplary Talents, Garmsar, Iran
2. Master of Science in Food Health and Quality Control, University of Tehran, Iran
*Corresponding Author: KhodaverdiHossein@yahoo.com

Abstract

Supercritical fluid extraction (SFE) using supercritical carbon dioxide (scCO2) is an efficient method for extracting bioactive compounds from medicinal plants due to its unique thermodynamic properties, such as tunable density and low viscosity. This technique allows for the selective extraction of flavonoids, essential oils, and polyphenols under critical solvent conditions while maintaining the quality of the compounds. Extraction with $scCO_2$ provides an average yield of 92% compared to the Soxhlet method (average yield of 65%) and reduces the extraction time from 5–8 h to 5–25 min. The addition of a co-solvent also improves the extraction selectivity by 35–50%. Key parameters such as pressure, temperature, $scCO_2$ flow rate, and extraction time have a direct impact on the yield and quality of the product, and their optimization is essential for each plant.

By eliminating toxic solvents and reducing waste, SFE is consistent with green chemistry principles and is suitable for the production of herbal supplements and pharmaceutical products. However, the initial costs of high-pressure reactors and specialized equipment limit industrialization. Continuous process optimization and $scCO_2$ recycling reduce operating costs, which enhances the application of this method in the pharmaceutical industry and the production of herbal extracts. The main challenges of this method include the high initial cost and optimization of the extraction process. With recent advances, the industrialization of SFE for the extraction of high-quality herbal compounds should be possible in the near future.

Keywords: Supercritical extraction, medicinal plants, supercritical solvent, essential oils

بررسی تأثیر مدت پیش‌تیمار آبی بر فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز و میزان پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی تحت تنش کادمیوم

پریسا شیخ‌زاده*[1]، فاطمه محمودی[2]

۱- دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- پژوهشگر مدعو رشته‌ی علوم و تکنولوژی بذر، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

*نویسنده مسئول: Sheikhzadehmp@gmail.com

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر مدت پیش‌تیمار آبی بر صفات بیوشیمیایی گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی تحت تنش کادمیوم، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی در سه تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل مدت‌های پیش‌تیمار آبی (صفر، ۲۴ و ۴۸ ساعت) و غلظت‌های کادمیوم (صفر (آب مقطر)، ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میزان پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید و فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی بطور معنی‌داری تحت تأثیر مدت پیش‌تیمار آبی، تنش کادمیوم و مدت پیش‌تیمار×تنش کادمیوم قرار گرفتند. میزان پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌ها با اعمال غلظت‌های مختلف کادمیوم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در شرایط تنش کادمیوم، میزان پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی با پیش‌تیمار کردن بذرها کاهش یافت. اگرچه بین مدت زمان پیش‌تیمار آبی از نظر این صفات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما کمترین میزان پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌های گاوزبان در تیمار ۴۸ ساعت مشاهده شد. در تمام سطوح تنش کادمیوم، پیش‌تیمار کردن بذرهای گاوزبان اروپایی موجب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز گیاهچه‌ها گردید. همچنین تاثیر مدت پیش‌تیمار آبی بذر در بهبود فعالیت این آنزیم نیز معنی‌دار بود. به‌طوری که پیش‌تیمار کردن بذرهای به مدت ۴۸ ساعت بیشترین تاثیر را در افزایش فعالیت این آنزیم داشت. به‌طور کلی می‌توان گفت که پیش‌تیمار کردن بذرهای به مدت ۴۸ ساعت در سطوح مختلف تنش کادمیوم بیشترین تاثیر را در بهبود فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی و کاهش از تأثیر منفی تنش کادمیوم دارد.

واژه‌های کلیدی: پلی فنول اکسیداز، پراکسید هیدروژن، گاوزبان اروپایی، مالون دی‌آلدهید

مقدمه

امروزه استفاده از گیاهان دارویی به‌طور چشم‌گیری در سراسر جهان افزایش یافته است. از جمله این گیاهان می‌توان به گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis*) اشاره نمود. گاوزبان اروپایی گیاهی یکساله است که کاربردهای مختلفی در زمینه‌های داروسازی، صنعتی و علوفه‌ای دارد (Peiretti et al., 2004). این گیاه دارای خواص دارویی مختلف از جمله ضداسپاسم، ضد فشار خون، تب‌بر، تسکین دهنده و ادرارآور می‌باشد و گرفتگی عضلات، اسهال، تپش

قلب، اختلالات ریه، حلق و کلیه را به طور مناسب درمان می‌کند (Pieszak et al., 2012; Basar et al., 2013). گیاهان به‌طور مداوم با شرایط محیطی نامطلوب مانند تنش فلزات سنگین مواجه هستند. کادمیوم سمیت بالایی را در خاک‌های آلوده ایجاد می‌کند. این فلز از رشد ریشه و ساقه جلوگیری می‌کند و باعث افت عملکرد می‌گردد. همین بر روی جذب عناصر غذایی و تعادل آنها تاثیر می‌گذارد و به شدت در محصولات زراعی مهم انباشته شده و وارد چرخه مواد غذایی شده و به سلامت انسان و دام آسیب وارد می‌کند (Xin *et al.*, 2023). در میان فلزات سنگین، کادمیوم به‌عنوان یک فلز سمی و غیرضروری، به سرعت از طریق ریشه‌ها جذب و در بافت‌های مختلف گیاهی تجمع می‌یابد که وجود چنین شرایطی مانع رشد گیاهان در سرتاسر دنیا است. علایم اصلی سمیت کادمیوم برای گیاهان کلروز و بازداری از رشد است. باوجود سمیت گیاهی بالای آن، کادمیوم توسط ریشه‌های گیاهان جذب و به بافت‌های بالای سطح خاک منتقل و به این‌صورت وارد زنجیره غذایی می‌شود که به‌عنوان یک تهدید برای سلامت انسان به‌شمار می‌رود (Mallamaci *et al.*, 2023). کادمیوم باعث کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشدی گیاهچه‌ها در گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) (Mahmoudi et al., 2019 a,b; Sheikhzadeh et al., 2021)، سورگوم (*Sorghum*) (Jawad Hassan et al., 2020) و هویج (*Daucus carota* L.) (Novák *et al.*, 2023) شده است. از آنجایی که تنش کادمیوم، موجب کاهش جوانه‌زنی و شاخص‌های رشدی گیاهچه‌ها مانند طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود، بنابراین به‌کار بردن روش‌هایی که بتواند موجب کاهش تأثیر منفی تنش فلزهای سنگین از جمله کادمیوم شده، اهمیت بسیاری دارد. بذور به روش‌های گوناگونی تیمار می‌شوند که عمده ترین آنها شامل تلقیح، پوشش‌دار کردن و پیش‌تیمار کردن است. پیش‌تیمار بذر (Priming) از جمله راهکارهایی است که بذرها در مواجهه با شرایط اکولوژیک محیطی، به لحاظ فیزیولوژیک و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به‌دست می‌آورند که شامل هیدروپرایمینگ، اسموپرایمینگ، هورموپرایمینگ، هالوپرایمینگ و بایوپرایمینگ است (Mahmoudi *et al.*, 2019a). یکی از رایجترین روش‌های پرایمینگ، پیش‌تیمار آبی است که در این روش، بذرها با آب خالص و بدون استفاده از هیچ ماده شیمیایی تیمار می‌شوند که این نوع پیش‌تیمار بسیار ساده مقدار جذب آب از طریق مدت زمانی که بذرها ارزان بوده و و در تماس با آب هستند، کنترل می‌شوند (Mahmoudi *et al.*, 2019b). این مطالعه با هدف بررسی تأثیر پیش‌تیمار آبی بر فعالیت بیوشیمیایی گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی تحت تنش کادمیوم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی تاثیر مدت پیش‌تیمار آبی بذر بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی تحت تنش کادمیوم در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل پیش‌تیمار آبی به‌مدت‌های صفر، ۲۴، ۴۸ ساعت و تنش کادمیوم با سه غلظت (صفر (آب مقطر)، ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. جهت اعمال پیش-تیمار آبی، ابتدا بذور در آب مقطر به مدت‌های ۲۴، ۴۸ ساعت در انکوباتوری با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد خیسانده شدند. سپس بذور پیش‌تیمار شده در محیط آزمایشگاه در دمای ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد روی میز پهن گردید تا خشک شوند. جهت انجام آزمون جوانه‌زنی، ابتدا سه تکرار ۲۵ بذری به طور تصادفی از هر نمونه جدا گردید و در داخل پتریدیش، روی کاغذ صافی به روش روی کاغذ[1] کشت شد. به این صورت که از هر تیمار و تکرار، بذور ضدعفونی شده با قارچ‌کش بنومیل، روی پتری‌دیش‌های حاوی دو لایه کاغذ صافی انتقال یافت. سپس مقدار ۴ میلی‌لیتر از غلظت‌های

1. Tap paper (TP)

۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم جهت برای اعمال سطوح مختلف تنش کادمیوم به هر پتری‌دیش اضافه شد. از آب مقطر جهت اعمال تیمار بدون تنش کادمیوم به مقدار ۴ میلی‌لیتر استفاده شد. در پایان آزمون جوانه‌زنی، گیاهچه‌های نرمال ۱۰ روزه از هر تیمار و تکرار جدا شد تا میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌پراکسیداز (Maely, 1955)، میزان مالون‌دی‌آلدهید (Heath and Packer, 1968) و مقدار پراکسید هیدروژن (براساس واکنش پراکسید هیدروژن با یدید پتاسیم (KI)) تعیین شود (Alexieva *et al.*, 2001).

در پایان، بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با استفاده از برنامه SPSS، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که صفات میزان پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید و فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز بطور معنی‌داری تحت‌تأثیر مدت پیش‌تیمار آبی، تنش کادمیوم و اثر متقابل پیش‌تیمار آبی × تنش کادمیوم قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تیمارهای کادمیوم و مدت پیش‌تیمار آبی بر صفات بیوشیمیایی گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی

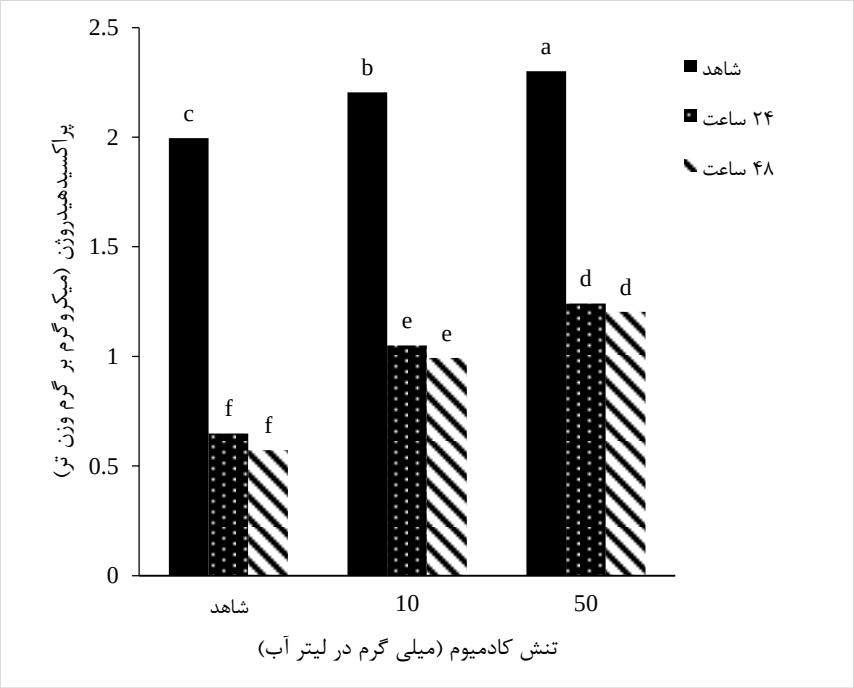
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		پراکسید هیدروژن	مالون دی‌آلدهید	پلی‌فنول‌اکسیداز
پیش‌تیمار آبی	۲	۱/۴۴**	۰/۰۰۴**	۴/۴۴**
تنش کادمیوم	۲	۰/۳**	۰/۰۰۰۸**	۰/۰۶**
پیش‌تیمار×تنش	۴	۰/۰۲**	۰/۰۰۰۳**	۰/۰۲**
خطا	۱۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات	-	۳/۴۴	۱/۳۴	۴/۲۲

ns، *، **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

۱- پراکسید هیدروژن

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که میزان پراکسید هیدروژن گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی با اعمال غلظت‌های ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در تمام سطوح تنش کادمیوم، میزان پراکسید هیدروژن گیاهچه‌ها با پیش‌تیمار کردن بذرها کاهش یافت اما بین مدت زمان پیش‌تیمار آبی از نظر میزان پراکسید هیدروژن گیاهچه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱). بیشترین میزان پراکسید هیدروژن گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی در شرایط تنش ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم در بذرهای پیش‌تیمار نشده به دست آمد. همچنین کمترین میزان پراکسید هیدروژن در شرایط عدم تنش کادمیوم در گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده به مدت ۴۸ ساعت مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۲۴ ساعت نداشت (شکل ۱). رادیکال‌های ROS اصلی که برای گیاهان مضر هستند عبارتند از: اکسیژن منفرد (O_2)، سوپر اکسید (O_2^-)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و هیدروکسیل (HO). این ROS اثرات نامطلوبی بر روی ماکرو مولکول‌ها مانند لیپیدها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک دارند. تولید بیش از حد ROS، به‌عنوان مثال، H_2O_2، باعث پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش

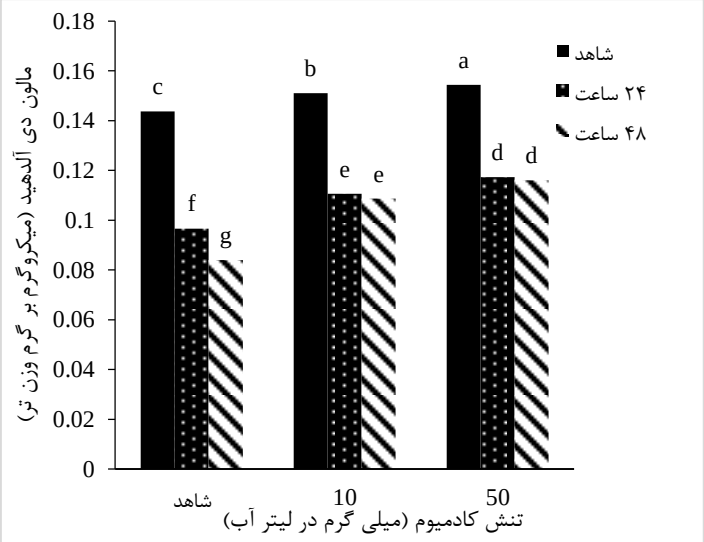
پایداری غشای سلولی شد. امجد و همکاران (Amjad *et al*., 2022) دریافتند که سطوح کادمیم خاک بالاتر از ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باعث تنش اکسیداتیو شدید در کینوا شد.



شکل ۱. میزان پراکسید هیدروژن گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی تحت تاثیر مدت پیش‌تیمار آبی و تنش کادمیوم

۲- مالون دی آلدهید

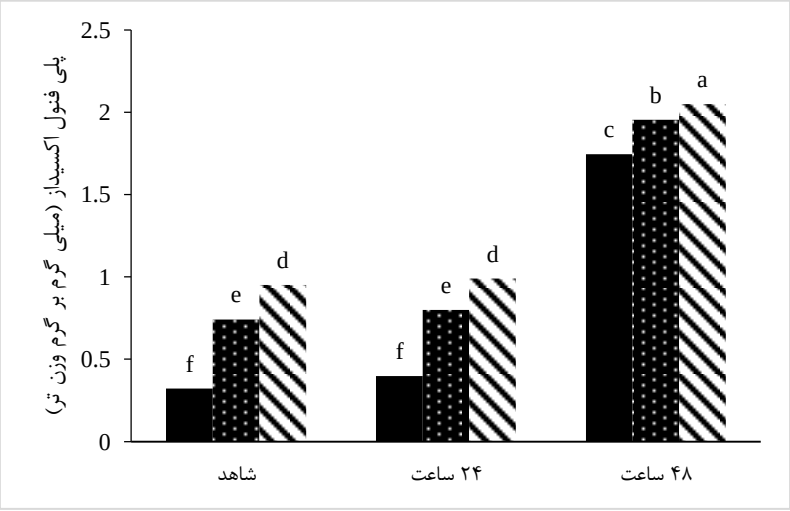
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تنش کادمیوم موجب افزایش معنی‌دار میزان مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی گردید. بیشترین و کمترین میزان مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌ها به ترتیب در شرایط بدون تنش کادمیوم و تنش ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم به‌دست آمد. در شرایط وجود و عدم وجود تنش کادمیوم، پیش‌تیمار آبی موجب کاهش معنی‌دار میزان مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی گردید. در شرایط بدون تنش کادمیوم، با افزایش مدت پیش‌تیمار آبی میزان مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت اما در شرایط تنش کادمیوم مدت پیش‌تیمار آبی تاثیر معنی‌داری بر کاهش میزان مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌ها نداشت. در بین تیمارهای مورد مطالعه، کمترین میزان مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌ها در شرایط عدم تنش کادمیوم در تیمار ۴۸ ساعت پیش‌تیمار آبی مشاهده شد (شکل ۲). نتایج نشان داد که استفاده از پیش‌تیمار آبی به‌طور قابل توجهی باعث کاهش تجمع H_2O_2 در برگ برنج و کاهش محتوای مالون‌دی‌آلدهید شد. به‌طور کلی کاربرد پیش‌تیمار آبی عملکرد دانه برنج را بهبود بخشید و در عین حال تجمع فلزات سنگین را با تنظیم ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و متابولیت‌ها در گیاهان و تغییر خواص فیزیکوشیمیایی و ساختار جامعه میکروبی خاک کاهش داد (Jiang et al., 2022).



شکل ۲. میزان مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی تحت تاثیر مدت پیش‌تیمار آبی و تنش کادمیوم

۳- فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تمام سطوح تنش کادمیوم با افزایش شدت تنش میزان آنزیم پلی فنول اکسیداز افزایش یافت همچنین مدت زمان پیش‌تیمار آبی موجب افزایش میزان آنزیم پلی فنول اکسیداز شد بطوری که بیشترین میزان آنزیم پلی فنول اکسیداز در شرایط تنش ۵۰ میلی گرم در لیتر کادمیوم در تیمار ۴۸ ساعت پیش‌تیمار آبی به دست آمد که بطور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. همچنین کمترین میزان آنزیم پلی فنول اکسیداز در شرایط عدم تنش کادمیوم در تیمار شاهد پیش‌تیمار آبی مشاهده شد (شکل ۳). می‌توان استنباط کرد که هر دو آنزیم پلی فنول اکسیداز نقش مهمی در سم زدایی H_2O_2و آسیب سلولی حاصل در گیاهان تحت تنش کادمیوم دارند (Abdal et al., 2021).



شکل ۳. فعالیت آنزیم پلی‌فنول پراکسیداز گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی تحت تاثیر مدت پیش‌تیمار آبی و تنش کادمیوم

منابع

Alexieva, V., Sergei, I., Mapelli, S., & Karanov, E. (2001). The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. Plant Cell Environment. 24: 1337- 1344

Amjad, M., Iqbal, M.M., Abbas, G., Farooq, A.B.U., Naeem, M.A., Imran, M., Murtaza, B., Nadeem, M., & Jacobsen, S. E. (2022). Assessment of cadmium and lead tolerance potential of quinoa (Chenopodium quinoa Willd) and its implications for phy-toremediation and human health. Environmental Geochemistry and Health. 44, 1487–1500. https://doi.org/10.1007/s10653-021-00826-0.

Basar, S. N., Rani, S., Farah, S. A., Zaman, R. 2013. Review on Borago officinalis: A Wonder Herb. International Journal of Biological & Pharmaceutical Research, 4: 582-587.

Heath, R.L., & Packer, L. (1968). Photo per oxidation in isolated chloroplast, kinetics and stoichiometry of fatty acid per oxidation. Biochemistry Biopsy. 125: 189-198.

JawadHassan, M., Ali Raza, M., Ur Rehman, S., Ansar, M., Gitari, H., Khan, I., Wajid, M., Ahmed, M., Abbas Shah, G., Peng. Y., & Li, Z (2020). Effect of Cadmium Toxicity on Growth, Oxidative Damage, Antioxidant Defense System and Cadmium Accumulation in Two Sorghum Cultivars. The Plant Journal, 9(11):1575. DOI: 10.3390/plants9111575.

Jiang, Y., S. Huang, L. Ma, L. Kong, S. Pan, X. Tang & Z. Mo, (2022). Effect of Exogenous Melatonin Application on the Grain Yield and Antioxidant Capacity in Aromatic Rice under Combined Lead-Cadmium Stress. *Antioxidants* (Basel). 2022 Apr 13;11(4):776. doi: 10.3390/antiox11040776. PMID: 35453461; PMCID: PMC9028010.

Maely, A.C. (1955). Assay of catalase and peroxidase. *Methods Enzymol*. 2: 764-775. https://doi:10.1002/9780470110171.ch14.

Mahmoudi, F., Sheikhzadeh Mosaddegh, P., Zare, N., and Esmaielpour, B. (2019b). Improvement of seed germination, growth and biochemical characteristics of Borage (Borago officinalis L.) seedlings with seed priming under cadmium stress conditions. Iranian Journal of Plant Biology, 11(1), 23-42. https://doi: 10.22108/ijpb.2019.111889.1104. (in Farsi).

Mahmoudi, F., Sheikhzadeh Mosaddegh, P., Zare, N., Esmaielpour, B. (2019a). The effect of hormone and hydro priming on seed germination, growth and biochemical properties of borage seedling (Borago officinalis L.). Plant Process and Function, 7 (27) :165-180. (in Farsi).

Mallamaci R, Storelli MM, Barbarossa A, Messina G, Valenzano A, & Meleleo D. (2023). Potential Protective Effects of Spirulina (Spirulina platensis) against In Vitro Toxicity Induced by Heavy Metals (Cadmium, Mercury, and Lead) on SH-SY5Y Neuroblastoma Cells. International Journal of Molecular Sciences, 24(23):17076. https://doi.org/10.3390/ijms242317076.

Novák M, Zemanová V, Lhotská M, Pavlík M, Klement A, Hniličkа F, & D, Pavlíková. (2023). Response of Carrot (Daucus carota L.) to Multi-Contaminated Soil from Historic Mining and Smelting Activities. International Journal of Molecular Sciences. 24(24):17345. https://doi.org/10.3390/ijms242417345.

Peiretti, P. G., Palmegiano, G. B., Salamano, G. 2004. Quality and fatty acid content of borage (Borago officinalis L.) during the growth cycle. Italian Journal of Food Science, 16: 177-184.

Pieszak, M., Mikolajczak, P. L., Manikowska, K. 2012. Borage (Borago officinalis L.)-a valuable medicinal plant used in herbal medicine. Herba Polonica, 58: 95-103.

Rehman, S., Abbas, G., Shahid, M., Saqib, M., Farooq, A.B.U., Hussain, M., & Farooq, A., (2019). Effect of salinity on cadmium tolerance, ionic homeostasis and oxidative stress responses in conocarpus exposed to cadmium stresss. Ecotoxicology and Environmental Safety. 171, 146–153. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.12.077.

Sheikhzadeh, P., Zare, N., and Mahmoudi, F. (2021). The synergistic effects of hydro and hormone priming on seed germination, antioxidant activity and cadmium tolerance in borage. Acta Botanica Croatica, 80(1), 18–28. https://doi.org/10.37427/botcro-2021-007.

Ullah, I., Al-Johny, B.O., Al-Ghamdi, K.M., Al-Zahrani, H.A.A., Anwar, Y., Firoz, A., Al-Kenani, N., & Almatry, M.A.A. (2019) Endophytic bacteria isolated from Solanum nigrum L., alleviate cadmium (Cd) stress response by their antioxidant potentials, including SOD synthesis by sodA gene. Ecotoxicology and Environmental Safety, 174: 197-207.

Xin Y, Liu M, Wei L, Gao Y, Ruan Y, Wang Q, & Zhang Z. (2023). Changes in Soil Chemical Properties and Rhizosphere Bacterial Community Induced by Soil Amendments Associated with Reduction in Cadmium Accumulation by Rice. Agronomy. 2023; 13(12):3051. https://doi.org/10.3390/agronomy13123051

Studying the effect of water pretreatment duration on polyphenol oxidase enzyme activity and hydrogen peroxide and malondialdehyde levels in European borage seedlings under cadmium stress

Parisa Sheikhzadeh*[1], Fatemeh Mahmoudi[2]
1. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Science and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. Visiting Researcher, Seed Science and Technology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Science and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
Corresponding author: Sheikhzadehmp@gmail.com

Abstract

In order to investigate the effect of water pretreatment duration on biochemical traits of European borage seedlings under cadmium stress, a factorial experiment was conducted in a completely randomized basic design with three replications at the University of Mohaghegh Ardabili. The experimental treatments included water pretreatment durations (0, 24, and 48 hours) and cadmium concentrations (0 (distilled water), 10, and 50 mg/L). The results of analysis of variance data showed that the levels of hydrogen peroxide and malondialdehyde and the activity of polyphenol oxidase enzyme in European borage seedlings were significantly affected by water pretreatment duration, cadmium stress, and pretreatment duration × cadmium stress. The levels of hydrogen peroxide and malondialdehyde in seedlings increased significantly with the application of different concentrations of cadmium. Under cadmium stress, the levels of hydrogen peroxide and malondialdehyde in European borage seedlings were reduced by pretreatment of seeds. Although no significant difference was observed between the duration of water pretreatment in terms of these traits, the lowest levels of hydrogen peroxide and malondialdehyde in borage seedlings were observed in the 48-hour treatment (Figure 1). At all levels of cadmium stress, pretreatment of European borage seeds significantly increased the activity of the polyphenol oxidase enzyme in seedlings. The effect of the duration of water pretreatment of seeds on improving the activity of this enzyme was also significant. Pretreatment of seeds for 48 hours had the greatest effect on increasing the activity of this enzyme. In general, it can be said that pretreatment of seeds for 48 hours at different levels of cadmium stress has the greatest effect on improving the activity of antioxidant enzymes and reducing the negative effects of cadmium stress.

Keywords: Polyphenol oxidase, hydrogen peroxide, borage, malondialdehyde

کاهش میزان پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید و بهبود فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی با کاربرد بذری اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش کادمیوم

فاطمه محمودی[۱]، پریسا شیخ‌زاده[۲*]

۱- پژوهشگر مدعو رشته‌ی علوم و تکنولوژی بذر، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل،ایران

[*]نویسنده مسئول: Sheikhzadehmp@gmail.com

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر اسیدسالیسیلیک بر فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز و محتوای پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی تحت تنش کادمیوم، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه محقق اردبیلی اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل تیمار بذری با اسیدسالیسیلیک در سه سطح (صفر، ۲ و ۳میلی‌مولار) و تنش کادمیوم در سه سطح (صفر، ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میزان پراکسید هیدروژن، مالون دی‌آلدهید و میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز بطور معنی‌داری تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسیدسالیسیلیک، تنش کادمیوم و تنش کادمیوم × اسیدسالیسیلیک بذر قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با اعمال تنش کادمیوم محتوای پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت به‌طوری که بیشترین محتوای پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید با کاربرد ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم حاصل شد. در شرایط بدون تنش کادمیوم و وجود تنش کادمیوم پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک سبب شد تا میزان پراکسید هیدروژن، مالون دی‌آلدهید کاهش و فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز به‌طور معنی‌داری افزایش یابد. در بین تیمارهای مورد مطالعه، پیش‌تیمار کردن بذرهای گاوزبان اروپایی با غلظت ۳ میلی‌مولار، در سطوح مختلف تنش کادمیوم از طریق افزایش فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی و کاهش میزان پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید موجب کاهش تنش اکسیداتیو در گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی گردید.

واژه‌های کلیدی: اسیدسالیسیلیک، پلی‌فنول‌اکسیداز، پراکسید هیدروژن، مالون دی‌آلدهید

مقدمه

گیاه دارویی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) گیاهی یکساله از خانواده گاوزبان است. این گیاه علاوه بر خواص دارویی، دارای خواص متعدد صنعتی و علوفه‌ای می‌باشد که سبب افزایش اهمیت آن شده است. امروزه در اکثر نقاط دنیا به منظور استفاده‌های درمانی پرورش می‌یابد (Mahmoudi *et al*., 2019).

تهدیدهای ناشی از مقادیر بیش از حد فلزات سنگین به مشکلی جدی و گسترده در سطح جهان تبدیل شده است. به طور خاص، فعالیت‌های معدنی و صنعتی، مقدار زیادی از سرب (Pb)، روی (Zn) و کادمیوم (Cd) را در هوا،

آب و خاک منتشر کرده است. علاوه بر این، استفاده از کودهای فسفاته و رواناب‌های شهری، سموم شیمیایی، قارچ‌کش‌ها و فاضلاب‌ها باعث تجمع عناصر فلزی در خاک‌های کشاورزی و محیط زیست می‌شود و به عنوان تهدیدی اصلی برای سلامت انسان شناخته شده است (Wiebe et al., 2010; Clemens et al., 2013). همچنین کادمیوم در مقایسه با سایر فلزات به سرعت در بافت‌های گیاهی جذب و تجمع می‌یابد و انتقال آن به زنجیره غذایی نتیجه آلودگی گسترده خاک می‌باشد (Clemens et al., 2013). علاوه بر این به علت بروز عوارضی از جمله نارسایی کبد و کلیه، بیماری‌های قلبی- عروقی، ریوی، شکستگی استخوان و ... در انسان، دارای اهمیت خاصی می‌باشد. کادمیوم در انسان اثرات کوتاه مدتی از قبیل کاهش تنفس، ضعف و تب به دنبال دارد و علائمی نظیر تهوع، استفراغ و سردرد بعد از خوردن غذای حاوی کادمیوم رخ می‌دهد (Nawrot et al., 2006; Satarug et al., 2011).

به‌کار بردن روش‌هایی که بتواند موجب کاهش تأثیر منفی تنش فلزهای سنگین از جمله کادمیوم شده، اهمیت بسیاری دارد. پیش‌تیمار بذر (Priming) از جمله راهکارهایی است که بذرها در مواجهه با شرایط اکولوژیک محیطی، به لحاظ فیزیولوژیک و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به‌دست می‌آورند که شامل هیدروپرایمینگ، اسموپرایمینگ، هورموپرایمینگ، هالوپرایمینگ و بایوپرایمینگ است (Mahmoudi *et al*., 2019a). اسیدسالیسیلیک از طریق افزایش سطح فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها باعث کاهش تنش اکسیداتیو می‌گردد. در شرایط وجود تنش فلزات سنگین، اسیدسالیسیلیک همچنین موجب بهبود میزان جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها می‌گردد (Mostofa et al., 2019).

با توجه به‌این‌که تنش ناشی از عناصر سنگین یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی در اکوسیستم‌های زراعی امروزی محسوب می‌شود، این تنش علاوه بر این که منجر به کاهش جوانه‌زنی بذر، رشد گیاهچه‌ها و تولید گیاهان می‌گردد، می‌تواند سلامتی انسان را نیز به خطر اندازد. بنابراین یافتن روش‌های جلوگیری یا کاهش آثار زیان‌بار ناشی از عناصر سنگین مانند کادمیوم حین جوانه‌زنی همواره مورد توجه محققان بوده است. بنابراین، این پژوهش به منظور بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز و میزان پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی تحت تنش کادمیوم انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی تاثیر اسیدسالیسیلیک بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی تحت تنش کادمیوم در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل پیش‌تیمار بذر با اسیدسالیسیلیک در سه سطح (صفر (تیمار شاهد)،۲ و ۳ میلی‌مولار) و تنش کادمیوم در سه سطح (صفر (آب مقطر)، ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. برای اعمال پیش‌تیمار بذر با اسیدسالسیلیک، ابتدا محلول‌های اسیدسالسیلیک با غلظت‌های ۲ و ۳ میلی‌مولار تهیه گردید. سپس در هر غلظت، بذور به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتوری با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد تیمار شدند. پس بذور پیش‌تیمار شده در محیط آزمایشگاه در دمای ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد روی میز پهن گردید تا رسیدن بذرها به رطوبت اولیه خشک شوند.

جهت انجام آزمون جوانه‌زنی، ابتدا سه تکرار ۲۵ بذری به طور تصادفی از هر نمونه جدا گردید و در داخل پتریدیش، روی کاغذ صافی به روش روی کاغذ کشت شد. به این صورت که از هر تیمار و تکرار، بذور ضدعفونی شده با قارچ‌کش بنومیل، روی پتری‌دیش‌های حاوی دو لایه کاغذ صافی انتقال یافت. سپس برای اعمال سطوح تنش کادمیوم (صفر (آب مقطر)، ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) مقدار ۴ میلی‌لیتر از محلول‌های مورد نظر به هر پتری‌دیش اضافه شد.

از آب مقطر جهت اعمال تیمار بدون تنش کادمیوم به مقدار ۴ میلی‌لیتر استفاده شد. فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌پراکسیداز به روش مایلی (۱۹۵۵) در گیاهچه‌های ۱۰ روزه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان مالون‌دی‌آلدهید از روش هیس و پاکر (۱۹۶۸) استفاده شد. مقدار پراکسید هیدروژن نیز تعیین شد (Alexieva *et al.*, 2001).

بعد از جمع‌آوری داده‌ها، نرمال بودن آنها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مشخص شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که صفات میزان پراکسید هیدروژن، مالون دی‌آلدهید و فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز بطور معنی‌داری تحت‌تأثیر تیمارهای بذری با اسیدسالیسیک، تنش کادمیوم و اثر متقابل تنش کادمیوم×اسیدسالیسیک قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تیمارهای کادمیوم و اسیدسالیسیک بر صفات بیوشیمیایی گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی

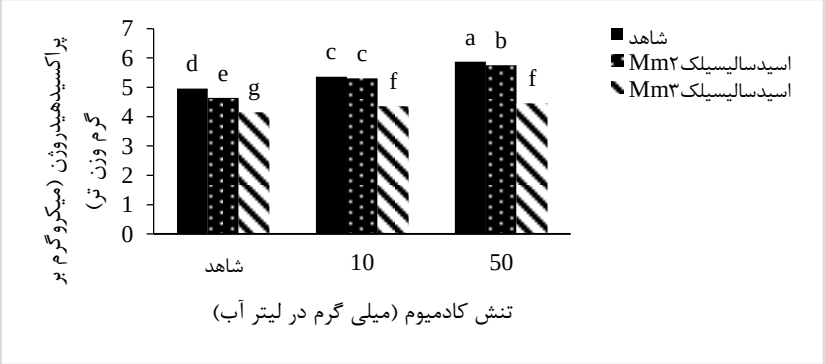
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		پراکسید هیدروژن	مالون دی‌آلدهید	پلی فنول پراکسیداز
اسید سالیسیلیک	۲	۳/۰۵**	۰/۰۰۳**	۰/۱۲**
تنش کادمیوم	۲	۱/۳۶**	۰/۰۰۱۶**	۰/۰۰۵**
تنش×اسید سالیسیلیک	۴	۰/۱۳**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۳**
خطا	۱۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات	-	۱/۲۵	۱/۲	۱/۲۲

ns، *، **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

۱- پراکسید هیدروژن

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تنش کادمیوم سبب شد تا میزان پراکسید هیدروژن گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی به‌طور معنی‌داری افزایش یابد. اگرچه میزان پراکسید هیدروژن هم در شرایط تنش و هم در شرایط بدون تنش کادمیوم افزایش یافت، اما، با پیش‌تیمار کردن بذرها با اسیدسالیسیلیک موجب شد تا پراکسید هیدروژن به‌طور معنی‌داری کاهش یابد بطوری که بیشترین میزان پراکسید هیدروژن در شرایط تنش ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم در تیمار شاهد به دست آمد. همچنین کمترین میزان پراکسید هیدروژن در شرایط عدم تنش کادمیوم در تیمار ۳ میلی مولار اسید سالیسیلیک مشاهده شد (شکل ۱). گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) که برای گیاهان مضر هستند عبارتند از: اکسیژن منفرد (O_2)، سوپر اکسید (O_2^-)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و هیدروکسیل (HO). این ROS اثرات نامطلوبی بر روی ماکرو مولکول‌ها مانند لیپیدها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک دارند. تولید بیش از حد ROS، به‌عنوان مثال، H_2O_2، باعث پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش پایداری غشای سلولی می‌شود. امجد و همکاران (Amjad *et al.*, 2022) دریافتند که سطوح کادمیم خاک بالاتر از ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باعث تنش اکسیداتیو شدید در کینوا شد. در فرآیند پیش‌تیمار بذر که با شروع مقدماتی برای جوانه‌زنی بذر همراه می‌باشد، تولید میزان گونه‌های فعال اکسیژن از قبیل پراکسید هیدروژن کاهش یافته که به دنبال آن با پراکسیداسیون بیشتر

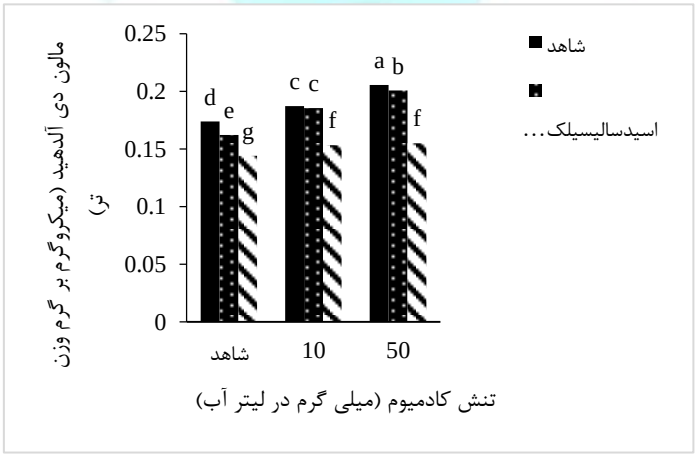
غشای سلولی، میزان نشت الکترولیت‌ها و همچنین مالون دی آلدئید که بیانگر افزایش پراکسیداسیون غشای سلولی است، کاهش می‌یابد (Liu et al., 2022).



شکل ۱. میزان پراکسید هیدروژن گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی تحت تاثیر پیش‌تیمار بذر با اسیدسالیسیلک و تنش کادمیوم

۲- مالون دی‌آلدهید

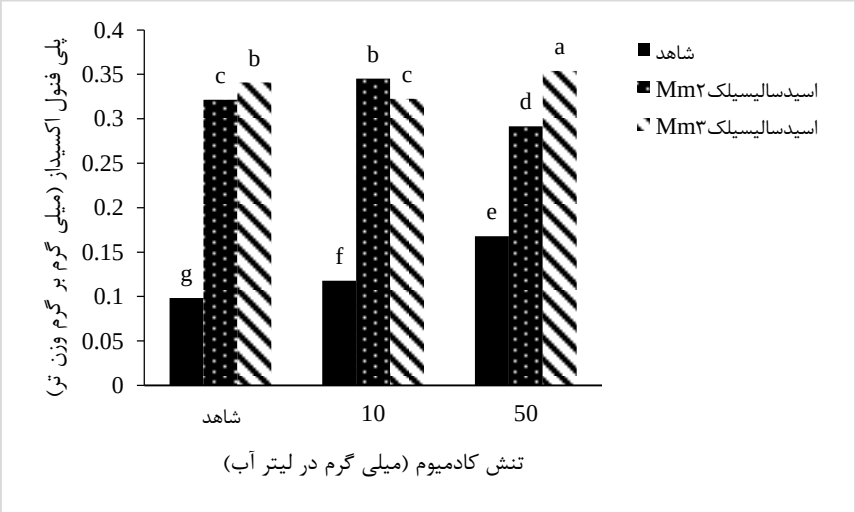
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش کادمیوم، میزان مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت بطوری که بیشترین میزان مالون دی‌آلدهید در شرایط تنش ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم به دست آمد. افزایش غلظت مالون‌دی‌آلدهید در پاسخ به تنش کادمیوم در کلم (Kutrowska *et al*., 2017) و ذرت (Jiajia *et al*., 2016) نیز مشاهده شد. با پیش‌تیمار کردن بذرهای گاوزبان اروپایی با غلظت‌های ۲ و ۳ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک، در شرایط وجود و عدم وجود تنش کادمیوم، سبب شد تا میزان مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی به‌طور معنی‌داری نسبت میزان مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌های حاصل از بذرهای شاهد کاهش یابد. در بین تیمارهای تحت تنش کادمیوم، کمترین میزان مالون دی‌آلدهید در تیمار ۳ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک مشاهده شد (شکل ۲). نتایج این تحقیق مطابق با یافته‌های زاو و همکاران (Zhao *et al*., 2021) در رازیانه بود. گزارش شده که اسیدسالیسیلیک ممکن است با پاکسازی رادیکال‌های آزاد از پراکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری نموده و مانع افزایش مالون دی‌آلدهید شود (Movahhedi Dehnavi et al., 2017).



شکل ۲. میزان مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی تحت تاثیر پیش‌تیمار بذر با اسیدسالیسیلک و تنش کادمیوم

۳- فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با اعمال تنش کادمیوم میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز به‌طور معنی‌دای نسبت به شرایط بدون تنش افزایش یافت. با افزایش شدت تنش از ۱۰ به ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم سبب شد تا میزان فعالیت این آنزیم نیز افزایش معنی‌داری یابد بطوری که بیشترین میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز در شرایط تنش ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم به دست آمد که بطور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل ۳). شرایط تنش از جمله تنش کادمیوم باعث عدم تعادل یونی می‌شود که تولید گونه‌های فعال اکسیژن را تحریک می‌کند که منجر به اختلال در غشای سلول و اندامک می‌شود که فعالیت متابولیکی سلول را از طریق تغییر سیگنالینگ مولکولی، تنظیم اسمزی و تولید متابولیت‌های ثانویه تغییر می‌دهد. سیستم دفاعی گیاه از طریق پاسخ آنتی‌اکسیدانی، که از اجزای آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی تشکیل شده است، برای مقابله با ROS تولید می‌شود و اثرات مخرب ROS را خنثی می‌کند (Ullah *et al*., 2019). در شرایط بدون تنش کادمیوم و شرایط وجود تنش، پیش‌تیمار کردن بذرها با اسیدسالیسیلیک موجب شد تا میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز به‌طور معنی‌داری افزایش یابد. بیشترین میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز در تیمار کاربرد ۳ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک در شرایط کاربرد ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم بدست آمد که بطور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل ۳). به‌نظر می‌رسد، کاربرد اسیدسالیسیلیک که به عنوان تنظیم‌کننده ضد تنش به‌شمار می‌آید، دارای اثر مثبت بر میزان بیان ژن‌های کد کننده آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز است (Xi et al., 2021). در نتیجه، افزایش سطح فعالیت آنزیم فوق در بذرهای تیمار شده با اسیدسالیسیلیک را می‌توان ناشی از نقش مثبت این تنظیم کننده در بهبود فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز دانست.



شکل ۳. فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌پراکسیداز گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی تحت تاثیر پیش‌تیمار بذر با اسیدسالیسیلک و تنش کادمیوم

نتیجه‌گیری کلی

در بین تیمارهای مورد مطالعه، پیش‌تیمار کردن بذرهای گاوزبان اروپایی با غلظت ۳ میلی‌مولار، در سطوح مختلف تنش کادمیوم از طریق افزایش فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی و کاهش میزان پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید موجب کاهش تنش اکسیداتیو در گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی گردید.

منابع

Alexieva, V., Sergei, I., Mapelli, S., & Karanov, E. (2001). The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. Plant Cell Environment. 24: 1337- 1344

Amjad, M., Iqbal, M.M., Abbas, G., Farooq, A.B.U., Naeem, M.A., Imran, M., Murtaza, B., Nadeem, M., & Jacobsen, S. E. (2022). Assessment of cadmium and lead tolerance potential of quinoa (Chenopodium quinoa Willd) and its implications for phy-toremediation and human health. Environmental Geochemistry and Health. 44, 1487–1500. https://doi.org/10.1007/s10653-021-00826-0.

Clemens, S., Aarts, M. G., Thomine, S., Verbruggen, N. 2013. Plant science: the key to preventing slow cadmium poisoning. *Trends in Plant Science*, 18: 92-99.

Heath, R.L., & Packer, L. (1968). Photo per oxidation in isolated chloroplast, kinetics and stoichiometry of fatty acid per oxidation. Biochemistry Biopsy. 125: 189-198.

Jiajia, X., Ningning, L., Li, Q., Ji-xiu, W., Li, Z., & Guozhu, Y., (2016). Effects of Cd Stress on Antioxidant Enzymes Activity of Sonchus asper L. Hill. and Zea mays L. in Intercropping System.

Kar, M., and D. Mishra. (1976) Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. *Plant Physiology*, 57 (2): 315-319.

Kutrowska, A., Małecka, A., Piechalak, A., Masiakowski, W., Han´c, A., Barałkiewicz, D., Andrzejewska, B., Zbierska, J., & Tomaszewska, B. (2017). Effects of binary metal combinations on zinc, copper, cadmium and lead uptake and distribution in Brassica juncea. *The Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 44, 32–39.

Liu, X., Quan, W. and D, Bartels. 2022. Stress memory responses and seed priming correlate with drought tolerance in plants: An overview. Planta, 255: 45.

Maely, A.C. (1955). Assay of catalase and peroxidase. *Methods Enzymol*. 2: 764-775. https://doi:10.1002/9780470110171.ch14

Mahmoudi, F., Sheikhzadeh Mosaddegh, P., Zare, N., Esmaielpour, B. (2019a). The effect of hormone and hydro priming on seed germination, growth and biochemical properties of borage seedling (Borago officinalis L.). Plant Process and Function, 7 (27) :165-180. (in Farsi)

Mostofa, M.G., Rahman, M., Ansary, M., Uddin, M., Fujita, M., & Tran, L.S.P. (2019) Interactive effects of salicylic acid and nitric oxide in enhancing rice tolerance to cadmium stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 20, 5798. doi: 10.3390/ijms20225798

Movahhedi Dehnavi, M., Niknal, N., Behzadi, Y., Mohtashami, R., and R. Bagheri. 2017. Comparison of physiological responses of linseed (Linum usitatissimum L.) to drought and salt stress and salicylic acid foliar application. Iranian Journal of Plant Biology. 9(3): 39-62.

Nawrot, T., Plusquin, M., Hogervorst, J., Roels, H. A., Celis, H., Thijs, L., Staessen, J. A .2006. Environmental exposure to cadmium and risk of cancer: a prospective population-based study. *The Lancet Oncology*, 7: 119-126.

Satarug, S., Garrett, S. H., Sens, M. A., Sens, D. A. 2011. Cadmium, environmental exposure, and health outcomes. *Ciencia and Saude Coletiva*, 16: 2587-2602.

Ullah, I., Al-Johny, B.O., Al-Ghamdi, K.M., Al-Zahrani, H.A.A., Anwar, Y., Firoz, A., Al-Kenani, N., & Almatry, M.A.A. (2019) Endophytic bacteria isolated from Solanum nigrum L., alleviate cadmium (Cd) stress response by their antioxidant potentials, including SOD synthesis by sodA gene. Ecotoxicology and Environmental Safety, 174: 197-207.

Wiebe, K., Harris, N. S., Faris, J. D., Clarke, J. M., Knox, R. E., Taylor, G. J., Pozniak, C. J. 2010. Targeted mapping of Cdu1, a major locus regulating grain cadmium concentration in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var durum). *Theoretical and Applied Genetics*, 121: 1047-1058.

Xi D, Li X, Gao L, Zhang Z, Zhu Y, Zhu H (2021) Application of exogenous salicylic acid reduces disease severity of *Plasmodiophora brassicae* in pakchoi (*Brassica campestris* ssp. *chinensis* Makino). PLoS ONE 16(6): e0248648. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248648

Zhao, H., Guan, J., Liang, Q., Zhang, X., Hu, H., & Zhang, J. (2021) Effects of cadmium stress on growth and physiological characteristics of sassafras seedlings. *Scientific Reports*, 10;11(1):9913. DOI: 10.1038/s41598-021-89322-0

Reduction of hydrogen peroxide and malondialdehyde levels and improvement of polyphenol oxidase enzyme activity in European borage seedlings by seed application of salicylic acid under cadmium stress conditions

Fatemeh Mahmoudi[1], Parisa Sheikhzadeh*[2]
1. Visiting Researcher, Seed Science and Technology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Science and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Science and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
Corresponding author: Sheikhzadehmp@gmail.com

Abstract

In order to investigate the effect of salicylic acid on polyphenol oxidase enzyme activity and hydrogen peroxide and malondialdehyde content in European borage seedlings under cadmium stress, a factorial experiment was conducted in a completely randomized basic design with three replications in the Seed Science and Technology Laboratory of Mohaghegh Ardabili University. The experimental treatments included seed treatment with salicylic acid at three levels (0, 2, and 3 mM) and cadmium stress at three levels (0, 10, and 50 mg/L). The results of the analysis of variance of the data showed that the amount of hydrogen peroxide, malondialdehyde and the activity of the polyphenol oxidase enzyme were significantly affected by seed pretreatment with salicylic acid, cadmium stress and cadmium stress × salicylic acid. The results showed that by applying cadmium stress, the content of hydrogen peroxide and malondialdehyde in European borage seedlings increased significantly, so that the highest content of hydrogen peroxide and malondialdehyde was obtained with the application of 50 mg/L of cadmium. In conditions without cadmium stress and in the presence of cadmium stress, seed pretreatment with salicylic acid caused the amount of hydrogen peroxide, malondialdehyde to decrease and the activity of the polyphenol oxidase enzyme to increase significantly. Among the treatments studied, pretreatment of European borage seeds with a concentration of 3 mM, at different levels of cadmium stress, resulted in a reduction in oxidative stress in European borage seedlings by increasing antioxidant enzyme activity and reducing hydrogen peroxide and malondialdehyde levels.

Keywords: Salicylic acid, polyphenol oxidase, hydrogen peroxide, malondialdehyde

تأثیر کاربرد بذری جیبرلین بر میزان پراکسید هیدروژن، مالون دی‌آلدهید و فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی در شرایط تنش کادمیوم

فاطمه محمودی[1]، پریسا شیخ‌زاده [1*]

۱- گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل-ایران

[*]نویسنده مسئول: Sheikhzadehmp@gmail.com

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر پیش‌تیمار بذر با جیبرلین بر فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز و محتوای پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی تحت تنش کادمیوم، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی در چهار تکرار در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه محقق اردبیلی اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل پیش‌تیمار بذر با جیبرلین در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام) و کادمیوم در سه سطح (صفر (آب مقطر)، ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. نتایج نشان داد که با اعمال تنش کادمیوم، فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز و میزان پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت که بیشترین میزان در تیمار کاربرد ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم مشاهده شد. کاربرد غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم سبب شد تا میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در حدود ۵۱/۱۲ درصد، محتوای پراکسید هیدروژن در حدود ۲۲/۵ درصد و مالون دی‌آلدهید در حدود ۴۵/۵۶ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یابد. اگرچه با افزایش شدت تنش کادمیوم، میزان پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌ها افزایش معنی‌داری یافت، اما پیش‌تیمار کردن بذرهای گاوزبان اروپایی با جیبرلین موجب کاهش پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌های حاصل شد. کمترین میزان پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی در غلظت‌های ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم، مربوط به تیمار ۱۰۰ پی‌پی‌ام جیبرلین بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۵۰ پی‌پی‌ام جیبرلین نداشت نتایج این پژوهش نشان داد که انجام پیش‌تیمار با جیبرلین در سطوح مختلف تنش کادمیوم از راه افزایش قدرت بذر و گیاهچه و افزایش فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی از تأثیر منفی تنش کادمیوم می‌کاهد و موجب بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها می‌شود.

واژه‌های کلیدی: جیبرلین، پلی‌فنل‌اکسیداز، پراکسید هیدروژن، مالون دی‌آلدهید

مقدمه

گیاه دارویی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) گیاهی یکساله از خانواده گاوزبان[1] است. این گیاه علاوه بر خواص دارویی، دارای خواص متعدد صنعتی و علوفه‌ای می‌باشد که سبب افزایش اهمیت آن شده است. امروزه در اکثر نقاط دنیا به منظور استفاده‌های درمانی پرورش می‌یابد (Mahmoudi *et al*., 2019).

تهدیدهای ناشی از مقادیر بیش از حد فلزات سنگین به مشکلی جدی و گسترده در سطح جهان تبدیل شده است. به طور خاص، فعالیت‌های معدنی و صنعتی، مقدار زیادی از سرب (Pb)، روی (Zn) و کادمیوم (Cd) را در هوا، آب و خاک منتشر کرده است. علاوه بر این، استفاده از کودهای فسفاته و رواناب‌های شهری، سموم شیمیایی، قارچکش‌ها و فاضلاب‌ها باعث تجمع عناصر فلزی در خاک‌های کشاورزی و محیط زیست می‌شود و به عنوان تهدیدی اصلی برای سلامت انسان شناخته شده است (Wiebe et al., 2010; Clemens et al., 2013). همچنین کادمیوم در مقایسه با سایر فلزات به سرعت در بافت‌های گیاهی جذب و تجمع می‌یابد و انتقال آن به زنجیره غذایی نتیجه آلودگی گسترده خاک می‌باشد (Clemens et al., 2013). علاوه بر این به علت بروز عوارضی از جمله نارسایی کبد و کلیه، بیماری‌های قلبی- عروقی، ریوی، شکستگی استخوان و ... در انسان، دارای اهمیت خاصی می‌باشد. کادمیوم در انسان اثرات کوتاه مدتی از قبیل کاهش تنفس، ضعف و تب به دنبال دارد و علائمی نظیر تهوع، استفراغ و سردرد بعد از خوردن غذای حاوی کادمیوم رخ می‌دهد (Nawrot et al., 2006; Satarug et al., 2011).

به‌کار بردن روش‌هایی که بتواند موجب کاهش تأثیر منفی تنش فلزهای سنگین از جمله کادمیوم شده، اهمیت بسیاری دارد. پیش‌تیمار بذر (Priming) از جمله راهکارهایی است که بذرها در مواجهه با شرایط اکولوژیک محیطی، به لحاظ فیزیولوژیک و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به‌دست می‌آورند که شامل هیدروپرایمینگ، اسموپرایمینگ، هورموپرایمینگ، هالوپرایمینگ و بایوپرایمینگ است (Mahmoudi *et al*., 2019a).

با توجه به‌این‌که تنش ناشی از عناصر سنگین یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی در اکوسیستم‌های زراعی امروزی محسوب می‌شود، این تنش علاوه بر این که منجر به کاهش جوانه‌زنی بذر، رشد گیاهچه‌ها و تولید گیاهان می‌گردد، می‌تواند سلامتی انسان را نیز به خطر اندازد. بنابراین یافتن روش‌های جلوگیری یا کاهش آثار زیان‌بار ناشی از عناصر سنگین مانند کادمیوم همواره مورد توجه محققان بوده است. بنابراین، این پژوهش به منظور بررسی تأثیر جیبرلین بر فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز، پراکسید هیدروژن و مالون دی آلدهید گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی تحت تنش کادمیوم انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی تاثیر پیش‌تیمار بذر با جیبرلین بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی تحت تنش کادمیوم در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل پیش‌تیمار بذر با هورمون جیبرلین در سه غلظت (صفر،۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام) و کادمیوم در سه غلظت (صفر (آب مقطر)، ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. جهت پیش‌تیمار کردن بذرهای گاوزبان اروپایی، بعد از تهیه غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام از جیبرلین، بذرها در

1. Boraginaceae

محلول‌های مورد نظر به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتوری با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد تیمار شدند. سپس بذور پیش‌تیمار شده در محیط آزمایشگاه در دمای ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد روی میز پهن گردید تا خشک شوند.

جهت انجام آزمون جوانه‌زنی، ابتدا سه تکرار ۲۵ بذری به طور تصادفی از هر نمونه بذری (بذرهای پیش‌تیمار شده و بذرهای شاهد) جدا گردید و در داخل پتریدیش، روی کاغذ صافی به روش روی کاغذ کشت شد. به این صورت که از هر تیمار و تکرار، بذور ضدعفونی شده با قارچ‌کش بنومیل، روی پتری‌دیش‌های حاوی دو لایه کاغذ صافی انتقال یافت. سپس مقدار ۴ میلی‌لیتر از غلظت‌های ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم جهت برای اعمال سطوح مختلف تنش کادمیوم به هر پتری‌دیش اضافه شد. از آب مقطر جهت اعمال تیمار بدون تنش کادمیوم به مقدار ۴ میلی‌لیتر استفاده شد. بعد از ۱۰ روز از شروع آزمون جوانه‌زنی، گیاهچه‌های نرمال از هر تیمار و تکرار جدا شد تا میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌پراکسیداز (Maely, 1955)، میزان مالون‌دی‌آلدهید (Heath and Packer, 1968) و مقدار پراکسید هیدروژن (براساس واکنش پراکسید هیدروژن با ید پتاسیم (KI)) تعیین شود (Alexieva *et al.*, 2001).

بعد از جمع آوری داده‌ها، نرمال بودن آنها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف مشخص شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میزان پراکسید هیدروژن و مالون دی آلدهید و میزان فعایت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز بطور معنی‌داری تحت تأثیر پیش‌تیمار هورمونی، تنش کادمیوم و پیش‌تیمار×تنش قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر جیبرلین بر صفات بیوشیمیایی تحت تنش کادمیوم در گل گاوزبان اروپایی

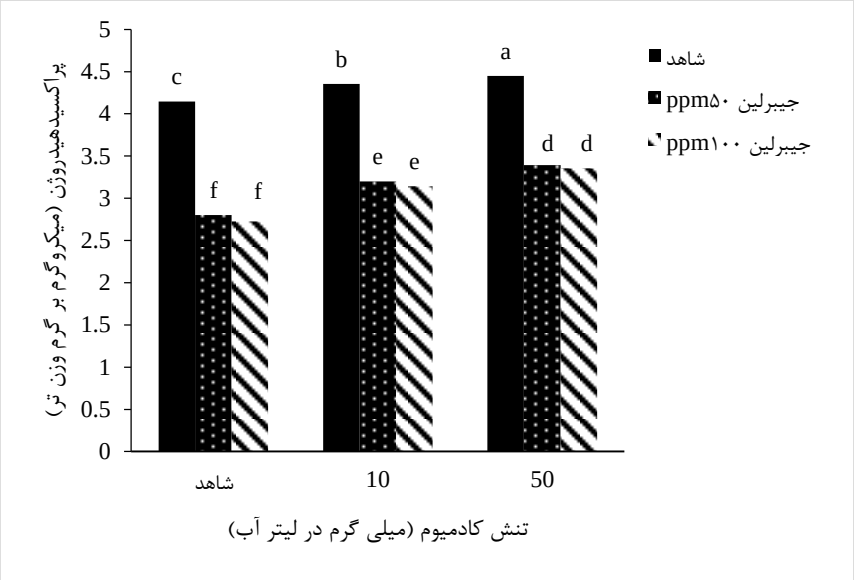
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		پراکسید هیدروژن	مالون دی آلدهید	پلی فنول اکسیداز
پیش‌تیمار بذر با جیبرلین	۲	۴/۴۴**	۰/۰۰۵**	۰/۰۳**
تنش کادمیوم	۲	۰/۶**	۰/۰۰۰۷**	۰/۰۰۵**
پیش‌تیمار×تنش	۴	۰/۰۲**	۰/۰۰۰۲**	۰/۰۰۰۲ns
خطا	۱۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات	-	۱/۳۳	۱/۰۳	۶/۸۷

Ns غیر معنی‌دار ** احتمال معنی‌داری در سطح ۱٪ * احتمال معنی‌داری در سطح ۵٪

۱- پراکسید هیدروژن

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با اعمال تنش کادمیوم، میزان پراکسید هیدروژن گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت که بیشترین میزان پراکسید هیدروژن گیاهچه‌ها در تیمار کاربرد ۵۰ میلی گرم در لیتر کادمیوم مشاهده شد. اگرچه با افزایش شدت تنش کادمیوم، میزان پراکسید هیدروژن افزایش معنی‌داری یافت،

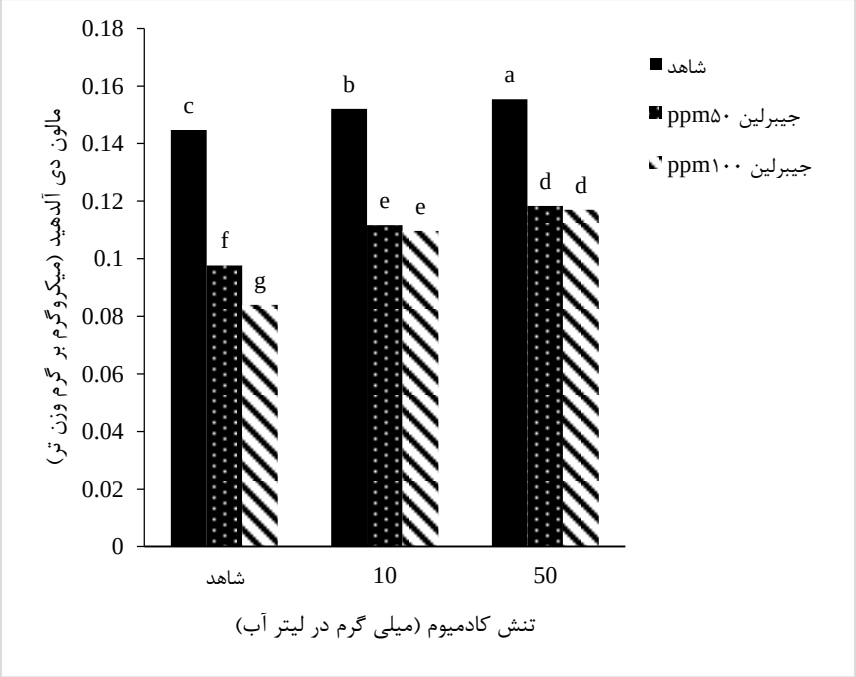
اما پیش‌تیمار کردن بذرهای گاوزبان اروپایی با جیبرلین موجب کاهش پراکسید هیدروژن گیاهچه‌ها شد بطوری که بیشترین میزان پراکسید هیدروژن در شرایط تنش ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم در تیمار شاهد به دست آمد. همچنین کمترین میزان پراکسید هیدروژن در شرایط عدم تنش کادمیوم در تیمار ۱۰۰ پی‌پی‌ام جیبرلین مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۵۰ پی‌پی ام جیبرلین نداشت (شکل ۱). رادیکال‌های ROS اصلی که برای گیاهان مضر هستند عبارتند از: اکسیژن منفرد (O_2)، سوپر اکسید (O_2^-)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و هیدروکسیل (HO). این ROS اثرات نامطلوبی بر روی ماکرو مولکول‌ها مانند لیپیدها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک دارند. تولید بیش از حد ROS، به‌عنوان مثال، H_2O_2، باعث پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش پایداری غشای سلولی شد. امجد و همکاران (Amjad *et al.*, 2022) دریافتند که سطوح کادمیم خاک بالاتر از ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باعث تنش اکسیداتیو شدید در کینوا شد.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر جیبرلین بر میزان پراکسید هیدروژن گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی تحت تنش کادمیوم

۲- مالون دی‌آلدهید

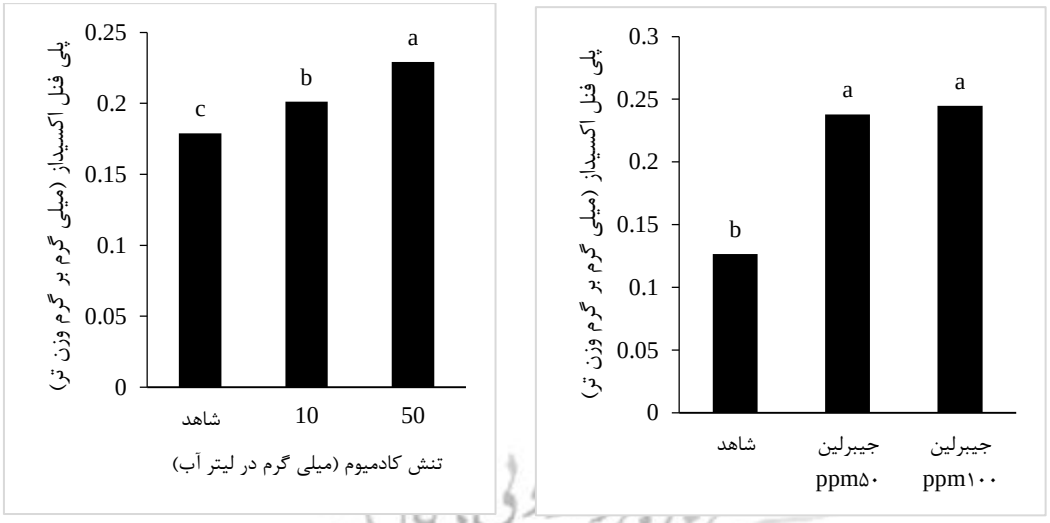
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تنش کادمیوم موجب شد تا میزان مالون‌دی‌آلدهید گیاهچه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یابد. به‌طوری که بیشترین میزان مالون‌دی‌آلدهید در تنش کادمیوم ۵۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (شکل ۲) همچنین کمترین میزان مالون دی آلدهید در شرایط عدم تنش کادمیوم در تیمار ۱۰۰ پی پی ام جیبرلین مشاهده شد.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر جیبرلین بر میزان مالون دی آلدهید گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی تحت تنش کادمیوم

۳- فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش کادمیوم میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت بطوری که بیشترین میزان آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در شرایط تنش ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم به دست آمد که بطور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. همچنین کمترین میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز در شرایط عدم تنش کادمیوم مشاهده شد (شکل ۳). پیش‌تیمار کردن بذرهای گاوزبان اروپایی با جیبرلین سبب شد تا میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز گیاهچه‌های حاصل به‌طور معنی‌داری نسبت به فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز گیاهچه‌های حاصل از بذرهای شاهد افزایش یابد. بیشترین میزان آنزیم پلی فنل اکسیداز در تیمار ۱۰۰ پی پی ام جیبرلین بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۵۰ پی پی ام جیبرلین نداشت (شکل ۳). شرایط تنش از جمله تنش کادمیوم باعث عدم تعادل یونی می‌شود که تولید گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) را تحریک می‌کند که منجر به اختلال در غشای سلول و اندامک می‌شود که فعالیت متابولیکی سلول را از طریق تغییر سیگنالینگ مولکولی، تنظیم اسمزی و تولید متابولیت‌های ثانویه تغییر می‌دهد. سیستم دفاعی گیاه از طریق پاسخ آنتی‌اکسیدانی، که از اجزای آنتی‌اکسیدانی (آنزیمی و غیر آنزیمی) تشکیل شده است، برای مقابله با ROSتولید می‌شود و اثرات مخرب ROS را خنثی می‌کند (Ullah *et al*., 2019).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر جیبرلین بر فعالیت آنزیم پلی فنل پراکسیداز گیاهچه‌های گل گاوزبان اروپایی تحت تنش کادمیوم

منابع

Mahmoudi, F., Sheikhzadeh Mosaddegh, P., Zare, N., Esmaielpour, B. (2019a). The effect of hormone and hydro priming on seed germination, growth and biochemical properties of borage seedling (Borago officinalis L.). Plant Process and Function, 7 (27) :165-180. (in Farsi)

Zhao, H., Guan, J., Liang, Q., Zhang, X., Hu, H., & Zhang, J. (2021) Effects of cadmium stress on growth and physiological characteristics of sassafras seedlings. *Scientific Reports*, 10;11(1):9913. DOI: 10.1038/s41598-021-89322-0

Kutrowska, A., Małecka, A., Piechalak, A., Masiakowski, W., Han´c, A., Barałkiewicz, D., Andrzejewska, B., Zbierska, J., & Tomaszewska, B. (2017). Effects of binary metal combinations on zinc, copper, cadmium and lead uptake and distribution in Brassica juncea. *The Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 44, 32–39.

Jiajia, X., Ningning, L., Li, Q., Ji-xiu, W., Li, Z., & Guozhu, Y., (2016). Effects of Cd Stress on Antioxidant Enzymes Activity of Sonchus asper L. Hill. and Zea mays L. in Intercropping System.

Kar, M., and D. Mishra. (1976) Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. *Plant Physiology*, 57 (2): 315-319.

Amjad, M., Iqbal, M.M., Abbas, G., Farooq, A.B.U., Naeem, M.A., Imran, M., Murtaza, B., Nadeem, M., & Jacobsen, S. E. (2022). Assessment of cadmium and lead tolerance potential of quinoa (Chenopodium quinoa Willd) and its implications for phy-toremediation and human health. Environmental Geochemistry and Health. 44, 1487–1500. https://doi.org/10.1007/s10653-021-00826-0.

Wiebe, K., Harris, N. S., Faris, J. D., Clarke, J. M., Knox, R. E., Taylor, G. J., Pozniak, C. J. 2010. Targeted mapping of Cdu1, a major locus regulating grain cadmium concentration in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var durum). *Theoretical and Applied Genetics*, 121: 1047-1058.\

Clemens, S., Aarts, M. G., Thomine, S., Verbruggen, N. 2013. Plant science: the key to preventing slow cadmium poisoning. *Trends in Plant Science*, 18: 92-99.

Nawrot, T., Plusquin, M., Hogervorst, J., Roels, H. A., Celis, H., Thijs, L., Staessen, J. A .2006. Environmental exposure to cadmium and risk of cancer: a prospective population-based study. *The Lancet Oncology*, 7: 119-126.

Satarug, S., Garrett, S. H., Sens, M. A., Sens, D. A. 2011. Cadmium, environmental exposure, and health outcomes. *Ciencia and Saude Coletiva*, 16: 2587-2602.

Heath, R.L., & Packer, L. (1968). Photo per oxidation in isolated chloroplast, kinetics and stoichiometry of fatty acid per oxidation. Biochemistry Biopsy. 125: 189-198.

Alexieva, V., Sergei, I., Mapelli, S., & Karanov, E. (2001). The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. Plant Cell Environment. 24: 1337- 1344

Maely, A.C. (1955). Assay of catalase and peroxidase. *Methods Enzymol*. 2: 764-775. https://doi:10.1002/9780470110171.ch14

Ullah, I., Al-Johny, B.O., Al-Ghamdi, K.M., Al-Zahrani, H.A.A., Anwar, Y., Firoz, A., Al-Kenani, N., & Almatry, M.A.A. (2019) Endophytic bacteria isolated from Solanum nigrum L., alleviate cadmium (Cd) stress response by their antioxidant potentials, including SOD synthesis by sodA gene. Ecotoxicology and Environmental Safety, 174: 197-207.

Studying the effect of gibberellin on the activity of polyphenol oxidase, hydrogen peroxide and malondialdehyde in European borage seedlings under cadmium stress

Fatemeh Mahmoudi[1], Parisa Sheikhzadeh Mosaddeq*[1]
1. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil-Iran
Corresponding author: Sheikhzadehmp@gmail.com

Abstract

In order to investigate the effect of gibberellin on the activity of polyphenol oxidase, hydrogen peroxide, and malondialdehyde in European borage seedlings under cadmium stress, a factorial experiment was conducted in a completely randomized basic design with four replications in the Seed Science and Technology Laboratory of Mohaghegh Ardabili University in 2015. The experimental treatments included pretreatment with gibberellin at three levels (control treatment, 50 and 100 ppm) and cadmium stress at three levels (zero (distilled water), 10 and 50 mg/L). The results of the analysis of variance of the data showed that hydrogen peroxide, malondialdehyde, and polyphenol oxidase were significantly affected by pretreatment with gibberellin, cadmium stress, and pretreatment × stress. The results showed that 50 mg/L cadmium stress increased polyphenol oxidase enzyme by about 51.12%, hydrogen peroxide content by about 22.5%, and malondialdehyde by about 45.56% compared to the control treatment. The results of this study showed that pretreatment with gibberellin at different levels of cadmium stress reduces the negative effects of cadmium stress by increasing seed and seedling vigor and increasing the activity of antioxidant enzymes and improves germination characteristics and seedling growth.

Keywords: Gibberellin, polyphenol oxidase, hydrogen peroxide, malondialdehyd

طراحی نانوذرات سبز گیاهی برای دارورسانی هدفمند ترکیبات مؤثر به سلول‌های بنیادی سرطانی مغز با عبور از سد خونی-مغزی (BBB)

زینت مصطفوی، محمود رحمتی*
دانشکده شیمی و مهندسی شیمی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان
*نویسنده مسئول: m.rahmati@kgut.ac.ir

چکیده

در سال‌های اخیر، استفاده از نانوذرات سبز گیاهی به‌عنوان سیستم‌های دارورسانی هدفمند در درمان تومورهای مغزی، به‌ویژه گلیوبلاستوما، مورد توجه قرار گرفته است. این نانوذرات با بهره‌گیری از عصاره‌های گیاهی به‌عنوان عوامل کاهنده و پایدارکننده، دارای ویژگی‌های زیستی مطلوب و سازگاری زیستی بالا هستند و قادرند داروهای مؤثر را به سلول‌های بنیادی سرطانی مغز منتقل کنند. هدف این مطالعه بررسی روش‌های سنتز سبز نانوذرات، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و توانایی عبور از سد خونی-مغزی (blood-brain barrier; BBB) برای دارورسانی هدفمند است. در این مقاله، روش‌های سنتز سبز شامل استفاده از پلیمرهای طبیعی مانند کیتوسان و پوشش‌دهی با پلی‌اتیلن‌گلیکول (polyethylene glycol; PEG) معرفی شده است. همچنین ویژگی‌هایی نظیر اندازه، بار سطحی و پوشش‌دهی با لیگاندهای هدفمند مانند ترانسفرین و گلیکوپروتئین‌ها برای افزایش نفوذپذیری سد خونی-مغزی و هدف‌گیری دقیق‌تر بررسی شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که نانوذرات سبز گیاهی با اندازه مناسب، بار سطحی مطلوب و پوشش‌دهی دقیق می‌توانند به‌طور مؤثر ضمن عبور از سد خونی-مغزی، داروهای مورد نظر را به سلول‌های بنیادی سرطانی مغز منتقل نمایند. در نهایت، چالش‌ها و محدودیت‌های این فناوری مورد بحث قرار گرفته و راهکارهایی برای بهبود کارایی پیشنهاد شده است.

واژه‌های کلیدی: نانوذرات سبز، دارورسانی هدفمند، سلول‌های بنیادی سرطانی، سد خونی-مغزی، سنتز گیاهی

مقدمه

در سال‌های اخیر، درمان تومورهای مغزی، به ویژه گلیوبلاستوما، به عنوان یکی از چالش‌برانگیزترین حوزه‌های پزشکی شناخته شده است. این نوع سرطان به دلیل رشد سریع، تهاجمی بودن و مقاومت در برابر درمان‌های رایج، از جمله شیمی‌درمانی و پرتودرمانی، دارای نرخ بقاء پایین است (Stupp et al., 2005). یکی از موانع اصلی در درمان مؤثر این تومورها، وجود سد خونی–مغزی (BBB) است که انتقال داروهای ضدسرطان به بافت مغز را محدود می‌کند و مانع از رسیدن غلظت کافی دارو به سلول‌های هدف می‌شود. سد خونی–مغزی، ساختاری پیچیده و انتخابی است که از ورود بسیاری از مولکول‌ها به مغز جلوگیری می‌کند. بنابراین، توسعه روش‌های نوین دارورسانی که بتوانند از این سد عبور کنند، اهمیت فراوانی یافته است. در این زمینه، نانوذرات به عنوان حامل‌های دارویی با قابلیت نفوذ به BBB و هدف‌گیری دقیق سلول‌های بنیادی سرطانی *Cancer Stem Cells* یا CSCs مورد توجه ویژه قرار گرفته‌اند (Saraiva et al., 2016). سلول‌های بنیادی سرطانی به دلیل نقش کلیدی در پیشرفت تومور، مقاومت به درمان و عود بیماری، هدف‌های مهمی

برای درمان هدفمند محسوب می‌شوند (Pardridge, 2012). یکی از رویکردهای نوین در تولید نانوذرات، استفاده از روش‌های سنتز سبز است که با بهره‌گیری از عصاره‌های گیاهی به جای روش‌های شیمیایی سنتی، نانوذراتی با سازگاری زیستی بالا، سمیت پایین و پایداری مناسب تولید می‌کند (Iravani, 2011). ترکیبات طبیعی موجود در گیاهان مانند فلاونوئیدها، پلی‌فنول‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها علاوه بر نقش کاهنده در سنتز نانوذرات، خواص درمانی مستقیمی نیز دارند که مطالعات متعددی نشان داده‌اند که نانوذرات سبز سنتز شده از بعضی گیاهان دارای فعالیت ضد استیل‌کولین‌استراز بوده و توانایی عبور از سد خونی–مغزی را دارند که این ویژگی‌ها در درمان بیماری‌های عصبی مانند آلزایمر و پارکینسون بسیار حائز اهمیت است (El-Batal et al., 2020). همچنین، نانوذرات کربنی سنتز شده با استفاده از کورکومین، به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی، در مطالعات پیش‌بالینی به عنوان عامل مؤثر در درمان گلیوبلاستوما معرفی شده‌اند (Zhou et al., 2019). علاوه بر این، پوشش‌دهی نانوذرات با لیگاندهای خاص مانند آنتی‌بادی‌ها، پپتیدها یا مولکول‌های هدفمند، امکان اتصال انتخابی به گیرنده‌های سطحی سلول‌های بنیادی سرطانی را فراهم می‌کند که این امر موجب افزایش دقت دارورسانی و کاهش عوارض جانبی می‌شود (Kumar et al., 2021). هدف کلی این پژوهش مروری، طراحی و سنتز نانوذرات سبز گیاهی با قابلیت عبور از سد خونی–مغزی و هدف‌گیری دقیق سلول‌های بنیادی سرطانی مغز است. این نانوذرات می‌توانند به عنوان سیستم‌های دارورسانی هدفمند در درمان تومورهای مغزی، به ویژه گلیوبلاستوما، مورد استفاده قرار گیرند و گامی مهم در بهبود اثربخشی درمان و کاهش عوارض جانبی باشند (Qiao et al., 2012).

مواد و روش‌ها

در تهیه مقاله مروری درباره طراحی نانوذرات سبز گیاهی برای دارورسانی هدفمند به سلول‌های بنیادی سرطانی مغز، جمع‌آوری اطلاعات دقیق و به‌روز از منابع معتبر علمی اهمیت بالایی دارد. روش سنتز سبز نانوذرات، که بر پایه استفاده از مواد زیستی گیاهی به جای روش‌های شیمیایی و فیزیکی سنتی است، به دلیل سازگاری زیستی، کاهش سمیت و هزینه کمتر، مورد توجه گسترده محققان قرار گرفته است (Iravani, 2011). برای گردآوری داده‌ها و اطلاعات مرتبط، ابتدا جستجوی سیستماتیک در پایگاه‌های داده معتبر بین‌المللی مانند PubMed، Scopus و Web of Science انجام می‌شود تا مقالات اصلی، مرورها و گزارش‌های تحقیقاتی مرتبط با سنتز سبز نانوذرات و کاربردهای دارورسانی به مغز شناسایی گردد (Saraiva et al., 2016). سنتز نانوذرات سبز گیاهی به عنوان روشی نوین، پایدار و سازگار با محیط زیست، جایگزین مناسب و کم‌هزینه روش‌های شیمیایی محسوب می‌شود. این روش با استفاده از عصاره‌های گیاهی حاوی ترکیبات زیستی فعال مانند پلی‌فنول‌ها، فلاونوئیدها، ترپنوئیدها و پروتئین‌ها، امکان تولید نانوذراتی با اندازه و شکل کنترل‌شده، پایداری بالا و زیست‌سازگاری مطلوب را فراهم می‌کند(Khan et al., 2022; Iravani, 2011) سنتز نانوذرات سبز گیاهی با پوشش‌دهی مناسب و بارگذاری داروهای موثر، رویکردی نوین و امیدبخش برای افزایش اثربخشی درمان تومورهای مغزی، به ویژه گلیوبلاستوما است.

نتایج و بحث

سنتز نانوذرات سبز گیاهی با استفاده از عصاره‌های مختلف گیاهی به عنوان عوامل کاهنده و پایدارکننده انجام می‌شود. به عنوان مثال، عصاره برگ Punica granatum که سرشار از فلاونوئیدها و اسیدهای آروماتیک است، نانوذرات نقره‌ای با اندازه متوسط حدود ۴۸ نانومتر و شکل غالباً کروی تولید می‌کند. همچنین، عصاره برگ Nepeta deflersiana

که حاوی فلاونوئیدها و ترپن‌ها می‌باشد، نانوذرات نقره‌ای با اندازه متوسط ۳۳ نانومتر سنتز می‌کند. این یافته‌ها با مطالعات پیشین همخوانی دارد که نشان می‌دهد عصاره‌های گیاهی می‌توانند به عنوان عوامل کاهنده و تثبیت‌کننده در سنتز نانوذرات فلزی عمل کنند و نانوذراتی با زیست‌سازگاری بالا و سمیت کمتر تولید نمایند. ارزیابی‌های فیزیکوشیمیایی نانوذرات سنتز شده نشان می‌دهند که اندازه آن‌ها در محدوده نانومتری و شکل غالباً کروی است. اندازه‌گیری بار سطحی با دستگاه پتانسیل زتا، بار منفی نانوذرات را نشان می‌دهد که به افزایش پایداری کلوئیدی و جلوگیری از تجمع در محیط‌های بیولوژیکی کمک می‌کند. علاوه بر این، پوشش‌دهی نانوذرات با پلیمرهای زیستی مانند پلی‌اتیلن‌گلیکول (PEG) و پلی‌اتیلن‌ایمین (PEI) موجب افزایش قابل توجه پایداری و زیست‌سازگاری آن‌ها می‌شود (Saraiva et al., 2016; Khan et al., 2022). توانایی نانوذرات سنتز شده در عبور از سد خونی–مغزی (BBB) با استفاده از مدل‌های in vitro سلول‌های اندوتلیالی مغزی انسانی (hCMEC/D3) و مدل‌های حیوانی بررسی شده است. نتایج این مطالعات نشان می‌دهند نانوذرات با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر و پوشش‌دهی مناسب، قابلیت عبور مؤثر از سد BBB را داشته و در بافت مغزی تجمع می‌یابند. استفاده از لیگاندهایی مانند ترانسفرین به عنوان پوشش سطحی، نفوذ و هدف‌گیری دقیق به سلول‌های بنیادی سرطانی مغز را بهبود می‌بخشد. اتصال نانوذرات پوشش‌دهی شده با این لیگاندهای هدفمند به سلول‌های سرطانی با روش‌های فلوسایتومتری و میکروسکوپی فلورسانس تأیید شده است، که نشان‌دهنده اتصال انتخابی به گیرنده‌های سطحی هدف و امکان دارورسانی هدفمند است. این ویژگی می‌تواند اثربخشی درمان را افزایش و عوارض جانبی را کاهش دهد (Lathia et al., 2015; Qiao et al., 2012; Saraiva et al., 2016; Kumar et al., 2021). کارایی دارورسانی نانوذرات بارگذاری شده با داروهای ضدسرطان مانند کورکومین و دی‌هیدروآرتیمیسینین نیز در آزمایش‌های in vitro روی سلول‌های بنیادی سرطانی بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد این نانوذرات قادر به انتقال مؤثر دارو به سلول‌های هدف بوده و رشد و تکثیر سلول‌های سرطانی را کاهش می‌دهند. همچنین، رهایش کنترل‌شده دارو در محیط‌های با pH مختلف به اثبات رسیده که می‌تواند به کاهش سمیت سیستمیک و افزایش تمرکز دارو در محل تومور منجر شود. آزمون‌های سمیت‌سنجی MTT و CCK-8 نیز تأیید کرده‌اند که نانوذرات سنتز شده دارای سمیت پایین و ایمنی مناسبی در غلظت‌های درمانی هستند (Khan et al., 2022; Iravani, 2011; Zhou et al., 2019; Saraiva et al., 2016). نانوذرات سبز گیاهی به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فردی مانند زیست‌سازگاری بالا، توانایی عبور از سد خونی–مغزی و قابلیت هدف‌گیری سلول‌های بنیادی سرطانی، گزینه‌ای بسیار مناسب برای دارورسانی هدفمند به تومورهای مغزی به شمار می‌روند. سنتز سبز علاوه بر کاهش اثرات زیست‌محیطی، منجر به تولید نانوذراتی با خواص فیزیکوشیمیایی مطلوب می‌شود که عملکرد دارورسانی را بهبود می‌بخشد(Iravani, 2011; Khan et al., 2022) . با این وجود، چالش‌هایی چون تغییرات ترکیب شیمیایی عصاره‌های گیاهی تحت تأثیر عوامل محیطی، مشکلات مقیاس‌پذیری سنتز و نیاز به مطالعات بالینی گسترده‌تر برای ارزیابی ایمنی و اثربخشی نانوذرات در انسان همچنان مطرح است. استانداردسازی پروتکل‌های سنتز و توسعه فناوری‌های تولید صنعتی می‌تواند به حل این مسائل کمک کند. در نهایت، ترکیب فناوری نانو با روش‌های سنتز سبز و پوشش‌دهی هدفمند، چشم‌اندازی امیدوارکننده برای درمان مؤثر و کم‌عارضه تومورهای مغزی، به ویژه گلیوبلاستوما، ایجاد می‌کند (Saraiva et al., 2016; Kumar et al., 2021).

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان می‌دهد که نانوذرات سبز گیاهی، دارای ویژگی‌های منحصر به‌فردی در دارورسانی هدفمند به سلول‌های بنیادی سرطانی مغز هستند. این نانوذرات با توانایی عبور مؤثر از سد خونی–مغزی و هدف‌گیری دقیق

سلول‌های توموری، پتانسیل بالایی در بهبود درمان تومورهای مغزی دارند. با این حال، چالش‌هایی مانند تغییرات فصلی و جغرافیایی در ترکیب شیمیایی عصاره‌های گیاهی، کارایی متغیر نانوذرات در عبور از سد خونی–مغزی و هدف‌گیری سلول‌های سرطانی، و محدودیت‌های مربوط به مقیاس‌پذیری تولید صنعتی این نانوذرات، هنوز پابرجا هستند. برای مقابله با این مشکلات، لازم است روش‌های سنتز استاندارد شده، مطالعات بالینی جامع و توسعه فناوری‌های تولید در مقیاس بزرگ به طور جدی دنبال شوند. در نهایت، نانوذرات سبز گیاهی با ویژگی‌هایی همچون زیست‌سازگاری بالا، توانایی عبور از سد خونی–مغزی، هدف‌گیری دقیق سلول‌های سرطانی و کارایی مطلوب در دارورسانی، می‌توانند به عنوان سیستم‌های نوین و مؤثر دارورسانی در درمان تومورهای مغزی مورد استفاده قرار گیرند و گامی مهم در بهبود اثربخشی درمان و کاهش عوارض جانبی باشند.

منابع

El-Batal, A. I., El-Sayed, M. A., & El-Sayed, M. A. (2020). Green synthesis of silver nanoparticles using *Lampranthus coccineus* and *Malephora lutea* extracts: Characterization and anti-acetylcholinesterase activity. *Journal of Nanobiotechnology*, *18*(1), 1–12.

Iravani, S. (2011). Green synthesis of metal nanoparticles using plants. *Green Chemistry*, *13*(10), 2638–2650. Khan, F., Shariq, M., Asif, M., Siddiqui, M. A., Malan, P., & Ahmad, F. (2022). Green nanotechnology: Plant- mediated nanoparticle synthesis and application. *Nanomaterials, 12(4),* 673.

Kumar, P., Nagarajan, A., & Uchil, P. D. (2021). Analysis of cell viability by the MTT assay. *Cold Spring Harbor Protocols, 2021(6),* pdb-prot098665.

Lathia, J. D., Mack, S. C., Mulkearns-Hubert, E. E., Valentim, C. L., & Rich, J. N. (2015). Cancer stem cells in glioblastoma. *Genes & Development*, *29*(12), 1203–1217.

Pardridge, W. M. (2012). Drug transport across the blood–brain barrier. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, *32*(11), 1959–1972.

Qiao, R., Jia, Q., Wei, T., Yan, F., & Xu, H. (2012). Transferrin-conjugated nanoparticles for targeted delivery of drugs across the blood–brain barrier. *Journal of Drug Targeting, 20(2),* 125–134.

Saraiva, C., Praca, C., Ferreira, R., Santos, T., Ferreira, L., & Bernardino, L. (2016). Nanoparticle-mediated brain drug delivery: Overcoming blood–brain barrier to treat neurodegenerative diseases. *Journal of Controlled Release*, *235*, 34–47.

Stupp, R., Mason, W. P., van den Bent, M. J., Weller, M., Fisher, B., Taphoorn, M. J., ... & Mirimanoff, R. O. (2005). Radiotherapy plus concomitant and adjuvant temozolomide for glioblastoma. *New England Journal of Medicine*, *352*(10), 987–996.

Zhou, Y., Huang, Y., & Chen, L. (2019). Curcumin-loaded carbon nanoparticles for glioblastoma therapy: Antioxidant and anti-inflammatory effects. *International Journal of Nanomedicine, 14*, 1239–1251.

Design of green plant nanoparticles for targeted drug delivery of effective compounds to brain cancer stem cells by crossing the blood-brain barrier (BBB)

Zinat Mostafavi, Mahmoud Rahmati*
Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, Graduate University of Industrial Technology and Advanced Technology, Kerman
*Corresponding Author: m.rahmati@kgut.ac.ir

Abstract

In recent years, the use of green plant nanoparticles as targeted drug delivery systems in the treatment of brain tumors, especially glioblastoma, has received much attention. These nanoparticles, using plant extracts as reducing and stabilizing agents, produce nanoparticles with favorable biological properties and high biocompatibility that are capable of delivering effective pharmaceutical compounds to brain cancer stem cells in a targeted manner. The aim of this study is to investigate the green synthesis methods of nanoparticles, their physicochemical properties, and their ability to cross the blood-brain barrier (BBB) for drug delivery to brain cancer stem cells. In this article, we first introduce different methods for green synthesis of nanoparticles, including the use of natural polymers such as chitosan and coating with polyethylene glycol (PEG). Then, the physicochemical properties of the nanoparticles, including size, surface charge, and coating with specific ligands for targeting brain cancer stem cells, are investigated. Also, the ability of these nanoparticles to cross the blood-brain barrier and related mechanisms, including the use of ligands such as transferrin and specific glycoproteins, are analyzed. The results of the studies show that green plant nanoparticles with optimized properties can effectively cross the blood-brain barrier and deliver effective drugs to brain cancer stem cells. These properties include appropriate size of the nanoparticles, desirable surface charge, and coating with targeted ligands to increase the precision of drug delivery. Finally, the challenges and limitations in the use of green plant nanoparticles for drug delivery to brain cancer stem cells are reviewed and solutions are proposed to improve the efficiency of these systems.

Keywords: Green nanoparticles, targeted drug delivery, cancer stem cells, blood-brain barrier, plant synthesis

کورکومین: مروری بر ساختار، منابع گیاهی، زیست‌دسترس‌پذیری و مکانیسم‌های مولکولی و شواهد بالینی

مریم مودی[1*]، ابوالفضل محمدی[2]، هما ملایی[1]

۱- استادیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند

*نویسنده مسئول: maryammoudi@birjand.ac.ir

چکیده

کورکومین، ترکیب فعال اصلی موجود در گیاه زردچوبه (*Curcuma longa* L.)، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین متابولیت‌های ثانویه با خواص فارماکولوژیکی متنوع از جمله ضدالتهاب، آنتی‌اکسیدان، ضدسرطان و ضدباکتری شناخته شده است. با وجود شواهد متعدد مبنی بر اثرات درمانی کورکومین، زیست‌دسترس‌پذیری پایین آن یکی از مهم‌ترین موانع در استفاده دارویی به‌شمار می‌رود. هدف این مقاله بر ساختار، منابع گیاهی، زیست‌دسترس‌پذیری و مکانیسم‌های مولکولی و شواهد بالینی با استفاده از جدیدترین یافته‌های علمی است. در این راستا، مطالعات بالینی از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همچنین به سمیت، تداخلات دارویی و چشم‌اندازهای آینده در کاربرد درمانی این ترکیب نیز پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از فناوری‌های نوین نظیر نانوذرات و لیپوزوم‌ها، می‌تواند نقش مهمی در بهبود اثربخشی درمانی کورکومین ایفا کند. از سوی دیگر، نیاز به مطالعات بالینی با کیفیت بالا برای اثبات قطعی کارایی بالینی این ترکیب همچنان وجود دارد.

واژه‌های کلیدی:کورکومین، زردچوبه، مکانیسم مولکولی، زیست‌دسترس‌پذیری، داروشناسی، تداخلات دارویی

مقدمه

در دهه‌های اخیر، گرایش به استفاده از فرآورده‌های طبیعی به‌ویژه ترکیبات گیاهی در توسعه داروهای جدید و مکمل، افزایش چشمگیری یافته است. یکی از برجسته‌ترین این ترکیبات، کورکومین است؛ یک پلی‌فنول زردرنگ با منشأ طبیعی که از ریزوم گیاه زردچوبه استخراج می‌شود و دارای سابقه‌ای طولانی در طب سنتی هند و چین می‌باشد (Gupta et al., 2013). ساختار شیمیایی منحصربه‌فرد کورکومین که متشکل از دو حلقه فنولی و یک زنجیره دی‌کتونی است، آن را قادر ساخته با مسیرهای مختلف سلولی و مولکولی درگیر شده و طیفی از فعالیت‌های بیولوژیکی از جمله ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی، ضدویروسی، ضدباکتریایی و محافظت عصبی را بروز دهد (Anand et al., 2007; Prasad et al., 2014) این خواص، کورکومین را به‌عنوان یک "مولکول چندهدفه در عرصه داروپژوهی مطرح کرده است.

با وجود این پتانسیل گسترده، زیست‌دسترس‌پذیری پایین کورکومین به‌دلیل جذب گوارشی ضعیف، متابولیسم سریع کبدی و حذف سریع از بدن)، به‌عنوان یک مانع بزرگ در مسیر توسعه کاربردهای درمانی آن شناخته شده است (Nelson et al., 2017). مطالعات نشان داده‌اند که حتی دوزهای بالای خوراکی نیز منجر به غلظت پلاسمایی ناکافی می‌شود. در سال‌های اخیر، پژوهشگران با استفاده از فناوری‌های نوین مانند نانوذرات، لیپوزوم‌ها، میسِل‌ها، نانوامولسیون‌ها و ترکیب

با مواد افزایش‌دهنده جذب مانند پیپرین، سعی در افزایش پایداری و جذب کورکومین داشته‌اند (Kumar et al., 2022). از سوی دیگر، بررسی مکانیسم‌های اثر کورکومین نشان می‌دهد که این ترکیب قادر است در مسیرهای کلیدی مانند مهار فاکتور هسته‌ای، کاهش تولید سایتوکاین‌های التهابی، و آپوپتوز دخالت کند که این موارد در درمان بیماری‌هایی چون سرطان، دیابت، آلزایمر، بیماری‌های قلبی–عروقی و التهابات مزمن نقش مؤثری دارند (Kalman, 2017; Hewlings & Aggarwal et al., 2013).

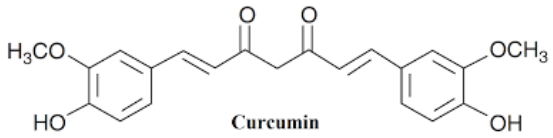
با توجه به اهمیت موضوع، بررسی همه‌جانبه کورکومین نه‌تنها از منظر ساختار شیمیایی و منابع گیاهی، بلکه از حیث مکانیسم‌های بیولوژیکی، زیست‌دسترس‌پذیری، سمیت، دوز مؤثر، فرمولاسیون‌های دارویی، تداخلات دارویی، مطالعات بالینی، و چالش‌های موجود در توسعه کاربردهای درمانی ضروری است. این مقاله با هدف ارائه یک مرور جامع و انتقادی، تلاش دارد تا بر پایه یافته‌های علمی منتشرشده طی یک دهه اخیر (۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵)، جنبه‌های مختلف کورکومین را از دیدگاه داروشناسی، بیوشیمی، فارماکوکینتیک و بالینی تحلیل کند و ضمن ارزیابی کیفیت شواهد موجود، چشم‌اندازهای آینده را نیز ترسیم نماید.

مواد و روش‌ها

این مقاله از نوع مطالعه مروری می‌باشد که با هدف تحلیل جامع و انتقادی پژوهش‌های منتشرشده در زمینه ساختار، منابع گیاهی، زیست‌دسترس‌پذیری، مکانیسم‌های اثر و کاربردهای درمانی کورکومین صورت گرفته است. برای گردآوری مطالب جستجوی مقاله‌های چاپ شده در بازه سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۵۲در پایگاه‌های علمی معتبر شامل: PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar انجام شد. اطلاعات از مقالات منتخب استخراج شده و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت.

گیاه‌شناسی و پراکنش زردچوبه

کورکومین عمدتاً از گیاه زردچوبه با نام علمی(*Curcuma longa* L.) ، عضو خانواده زنجبیلیان(Zingiberaceae) ، استخراج می‌شود. این گیاه بومی جنوب آسیا به‌ویژه هند و سریلانکا است و امروزه در بسیاری از نقاط جهان به‌عنوان گیاه دارویی و ادویه‌ای کشت می‌شود. ریزوم‌های خشک‌شده این گیاه منبع اصلی کورکومین هستند و معمولاً ۲ تا ۵ درصد از وزن خشک ریزوم را تشکیل می‌دهند(Jurenka, 2009) کورکومین تنها یکی از چندین ترکیب فعال موجود در زردچوبه است. مجموعه این ترکیبات به‌نام کورکومینوئیدها (Curcuminoids) شناخته می‌شوند. کورکومین یک ترکیب پلی‌فنولی از خانواده دی‌آریل‌هپتانوئیدها (diarylheptanoids) می‌باشد (Gupta et al., 2013). ساختار کورکومین شامل دو حلقه آروماتیک متصل شده از طریق یک زنجیره خطی هفت کربنه است که در آن دو گروه کتون مزدوج و گروه‌های هیدروکسیل و متوکسیل قرار دارند (شکل ۱).



شکل ۱. ساختار شیمیایی کورکومین

ویژگی‌های ساختاری

- حلقه‌های آروماتیک: هر حلقه دارای گروه‌های هیدروکسیل (-OH) و متوکسیل (-OCH3) است که نقش مهمی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی کورکومین ایفا می‌کنند.
- زنجیره هپتانوئید: زنجیره هفت کربنه بین دو حلقه آروماتیک با دو گروه کتون مزدوج (β-diketone) و پیوندهای دوگانه مزدوج مشخص می‌شود. این بخش از ساختار، ویژگی‌های کایمرو کورکومین را سبب می‌شود.
- کایمریسم:کورکومین می‌تواند بین فرم کتون و انول به تعادل برسد که این پدیده تأثیر زیادی بر پایداری و فعالیت زیستی آن دارد (Wang et al., 2017).

اهمیت ساختاری در فعالیت زیستی

وجود گروه‌های فنولی و β-diketone در ساختار کورکومین باعث شده تا این مولکول توانایی مهار رادیکال‌های آزاد و ترکیبات فعال اکسیژن (ROS) را داشته باشد که در فرآیندهای التهابی و تخریب سلولی نقش به سزایی دارند (Aggarwal & Harikumar, 2009). همچنین وجود گروه‌های متوکسی در حلقه‌های فنلی کورکومین باعث افزایش پایداری شیمیایی و فعالیت ضدالتهابی آن می‌شود. این ساختار همچنین امکان اتصال به پروتئین‌های هدف را فراهم می‌کند و اثرات ضدسرطانی را تقویت می‌کند(Aggarwal et al., 2013). ساختار کورکومین با پیوندهای مزدوج و گروه‌های فعال، امکان نفوذ به غشای سلولی و تعامل با مسیرهای سیگنالینگ سلولی را فراهم می‌کند. این ویژگی به فعالیت‌های ضدمیکروبی و محافظت عصبی آن کمک می‌کند(Amalraj et al., 2017). تمامی این ویژگی‌های ساختاری کورکومین را قادر میسازد تا در مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی، ضدمیکروبی و ضدالتهابی اهمیت فراوانی را دارا باشد.

مکانیسم‌های عملکرد زیستی کورکومین

کورکومین به دلیل ساختار شیمیایی خاص خود، از طریق چندین مسیر مولکولی و سیگنالینگ در سلول‌ها فعالیت می‌کند که طیف وسیعی از اثرات درمانی آن را توجیه می‌کند. این مکانیسم‌ها شامل مهار عوامل التهابی، تنظیم مسیرهای آپوپتوز، و فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. (Menon & Sudheer, 2007, Kunnumakkara et al., 2008, Gupta et al., 2013). کورکومین همچنین اثرات ضد میکروبی، ضد ویروسی و تنظیم متابولیسم سلولی را نشان داده است که در درمان بیماری‌های متابولیک و عفونی نقش دارند (Aggarwal & Harikumar, 2009).

منابع گیاهی کورکومین

کورکومین یکی از ترکیبات گروه پلی‌فنولی موجود در زردچوبه موسوم به کورکومینوئیدها است. دمتوکسی‌کورکومین و بیس‌دمتوکسی‌کورکومین از دیگر انواع آن به شما می‌رود (Amalraj et al., 2017). کورکومین عمدتاً در گیاه زردچوبه یافت می‌شود که این ترکیب به‌صورت طبیعی در ریزوم‌های گیاه ذخیره شده و مسئول رنگ زرد مشخص آن می‌باشد (Hewlings & Kalman, 2017). علاوه بر *Curcuma longa*، گونه‌های دیگری از جنس *Curcuma* نیز حاوی کورکومینوئیدها هستند اگرچه مقدار کورکومین در آن‌ها کمتر است(Jayaprakasha et al., 2010). از دیگر گونه‌های حاوی کورکومین، می‌توان به aromatica که در طب سنتی هندی مورد استفاده است و به دلیل کورکومین کم، استفاده صنعتی کمی دارد و zedoria اشاره کرد (جدول ۱).

جدول ۱. گونه‌های گیاهی حاوی کورکومین

نام علمی	خانواده	بخش گیاهی مصرفی	درصد تقریبی *کورکومین	منبع
Curcuma longa	Zingiberaceae	ریزوم	2-5%	Hewlings & Kalman (2017)
Curcuma aromatica	Zingiberaceae	ریزوم	1-3%	Jayaprakasha et al. (2010)
Curcuma zedoaria	Zingiberaceae	ریزوم	0.5-2%	Jayaprakasha et al. (2010)

*مقادیر تقریبی بر اساس وزن خشک ریزوم گزارش شده‌اند.

زیست‌دسترسی و راهکارهای افزایش جذب کورکومین

یکی از چالش‌های اصلی در بهره‌برداری درمانی از کورکومین، زیست‌دسترسی پایین آن پس از مصرف خوراکی است. زیست‌دسترسی به معنای نسبت و سرعت جذب یک ماده فعال در خون و بافت‌ها است که تحت تأثیر عواملی مانند حلالیت پایین در آب و جذب روده ای ناکافی، متابولیسم سریع در کبد و دیواره روده و تبدیل به فرم‌های غیرفعال و دفع سریع از طریق کبد و صفرا از بدن است (Anand et al., 2007).

راهکارهای افزایش زیست‌دسترسی

به منظور غلبه بر محدودیت‌های زیست‌دسترس‌پذیری، انواع فرمولاسیون‌های نوین توسعه یافته‌اند که می‌توانند خواص فارماکولوژیک کورکومین را تقویت کنند. نانوداروها: استفاده از نانوذرات برای حمل کورکومین می‌تواند حلالیت و پایداری آن را افزایش داده و جذب آن را تسهیل کند (Yallapu et al., 2012). همچنین کورکومین در ساختار لیپوزومی پوشش داده می‌شود که موجب افزایش انتقال به سلول‌های هدف و کاهش تجزیه در بدن می‌شود. از سوی دیگ نیز فرمولاسیون میسلار باعث افزایش حلالیت در محیط آبی و بهبود جذب کورکومین می‌شود.کورکومین به پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر متصل می‌شود که رهایش کنترل شده و ماندگاری طولانی‌تر در بدن ایجاد می‌کند. استفاده از ترکیبات جامد برای افزایش حلالیت و جذبکورکومین بکار می‌رود. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که فرمولاسیون‌های نوین می‌توانند میزان کورکومین در خون را به‌طور قابل توجهی افزایش دهند و اثرات درمانی آن را بهبود بخشند (Shba et al., 1998; Lao et al., 2006). به عنوان مثال، نانوذرات کورکومین در برخی مطالعات موجب افزایش ۲۰ تا ۴۰ برابری زیست‌دسترس‌پذیری نسبت به کورکومین معمولی شده‌اند.

مکانیسم‌های مولکولی اثر کورکومین

کورکومین به واسطه ساختار پلی‌فنولی خود، قادر است به شکل همزمان چندین مسیر سلولی مهم را تحت تأثیر قرار دهد که منجر به اثرات ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی، و ضد میکروبی می‌شود. این ویژگی کورکومین را به یک مولکول چندکاره تبدیل کرده است که برای درمان بیماری‌های مزمن و پیچیده بسیار مناسب است. التهاب مزمن عامل اصلی بسیاری از بیماری‌ها از جمله سرطان، بیماری‌های قلبی و دیابت است. کورکومین به طور مستقیم و غیرمستقیم مسیرهای التهابی مهمی مانند NF-κB (Nuclear Factor kappa-light-chain-enhancer of activated B cells) را مهار می‌کند که یک فاکتور رونویسی کلیدی در تنظیم ژن‌های التهابی است. با مهار NF-κB، کورکومین باعث کاهش تولید سیتوکین‌های پروالتهابی و آنزیم‌های التهاب‌زا می‌شود (Aggarwal & Harikumar, 2009). مطالعات متعدد سلولی و حیوانی نشان داده‌اند که کورکومین قادر است التهاب مزمن بافتی را کاهش داده و از پیشرفت بیماری

جلوگیری کند. از طرفی دیگرکورکومین یک آنتی‌اکسیدان قوی است که می‌تواند رادیکال‌های آزاد اکسیژن و نیتروژن را مهار کند. همچنین، با فعال‌سازی مسیر تنظیم‌کننده اصلی ژن‌های آنتی‌اکسیدانی، سطح آنزیم‌های محافظ سلولی مانند سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلوکزین ردکتاز را افزایش می‌دهد (Balugon et al., 2003). این فعالیت‌ها موجب محافظت سلول‌ها در برابر آسیب‌های اکسیداتیو می‌شود که عامل اصلی پیری سلولی، التهاب، و جهش‌های ژنتیکی مرتبط با سرطان است.

کورکومین تأثیرات گسترده‌ای در مهار رشد و پیشرفت انواع سرطان‌ها دارد. این ترکیب مسیرهای سیگنال‌دهی مرتبط با چرخه سلولی، آپوپتوز، و متاستاز را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مسیرهایی که در بسیاری از سرطان‌ها فعال است، با کورکومین مهار شده و باعث کاهش تکثیر سلولی می‌شود (Sharma et al., 2005). کورکومین با افزایش بیان پروتئین‌های پروآپوپتوتیک و کاهش پروتئین‌های ضدآپوپتوز مانند موجب مرگ برنامه‌ریزی شده سلول‌های سرطانی می‌شود (Kunnumakkara et al.,2008) مهار فاکتورهای رونویسی در سرطان‌ها نقش کلیدی در رشد و مقاومت سلول‌های سرطانی دارند که کورکومین آن‌ها را مهار می‌کند (Aggarwal & Sung, 2009). مطالعات بالینی اولیه نشان داده‌اند که کورکومین می‌تواند در کاهش اندازه تومور و بهبود پاسخ به درمان‌های شیمی‌درمانی نقش داشته باشد (Dhillon et al., 2008) همچنین کورکومین به علت توانایی اختلال در غشای سلولی و متابولیسم میکروارگانیسم‌ها، خاصیت ضدباکتریایی و ضدقارچی دارد. این خاصیت به ویژه در برابر باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها مورد توجه قرار گرفته است (Tyagi et al., 2015).

سمیت و تداخل‌های دارویی کورکومین

اگرچه کورکومین به طور گسترده‌ای به عنوان یک ترکیب ایمن و غیرسمی شناخته می‌شود، اما مطالعات متعدد نشان داده‌اند که در دوزهای بالا یا مصرف طولانی‌مدت ممکن است عوارضی ایجاد شود. سازمان غذا و داروی ایالات متحده کورکومین را در دسته‌ی به‌طور کلی ایمن شناخته‌شده قرار داده است .(Lao et al., 2006) با این حال، برخی از عوارض جانبی گزارش‌شده در کارآزمایی‌های بالینی شامل موارد زیر است:تهوع و ناراحتی‌های گوارشی، اسهال، سردرد، بثورات پوستی خفیف وافزایش آنزیم‌های کبدی در برخی افراد مستعد می‌گردد. در دوزهای بسیار بالا (بیش از ۸ گرم در روز)، نشانه‌هایی از سمیت کبدی و اختلالات خفیف خونی در برخی بیماران گزارش شده است (Cheng et al., 2001). همچنین، برخی ترکیبات کورکومین در شرایط اکسیداتیو ناپایدارند و ممکن است رادیکال‌های آزاد تولید کنند که در محیط آزمایشگاهی خاص مشاهده شده است (Nelson et al., 2017).

کورکومین می‌تواند بر متابولیسم داروهای دیگر در بدن تأثیر بگذارد، به‌ویژه از طریق مهار یا تحریک آنزیم‌های کبدی مهم‌ترین تداخل‌ها عبارت‌اند از: وارفارین (داروی ضد انعقاد): کورکومین ممکن است اثر ضد انعقادی وارفارین را تقویت کرده و خطر خونریزی را افزایش دهد (Sharma et al., 2010). داروهای شیمی‌درمانی مانند دوکسوروبیسین و پاکلیتاکسل :کورکومین ممکن است اثربخشی یا سمیت این داروها را تغییر دهد؛ در برخی موارد اثر هم‌افزا و در برخی موارد مهارکننده گزارش شده است. نیاز به بررسی دقیق در مطالعات بالینی وجود دارد (Anand et al., 2007). داروهای کاهنده قند خون (مثل متفورمین): مصرف همزمان با کورکومین می‌تواند اثرات کاهش قند خون را تقویت کرده و منجر به هیپوگلیسمی شود (Chuengsamarn et al., 2012). داروهای ضد التهاب غیراستروئیدی: ترکیب آن‌ها با کورکومین ممکن است خطر زخم گوارشی را افزایش دهد. داروهای ضدافسردگی :کورکومین ممکن است با این داروها تداخل داشته و خطر سندرم سروتونین را افزایش دهد، هرچند شواهد انسانی آن هنوز محدود است.

مصرف کورکومین در برخی گروه‌ها نیاز به احتیاط بیشتری دارد:

- زنان باردار یا شیرده :مطالعات کافی انسانی برای ایمنی مصرف آن وجود ندارد و مصرف مقادیر زیاد توصیه نمی‌شود.
- افراد با اختلالات انعقادی :به دلیل خاصیت ضد پلاکتی کورکومین، احتمال خونریزی افزایش می‌یابد.
- بیماران کبدی یا کلیوی :در صورت آسیب عملکرد اندام‌ها، متابولیسم کورکومین ممکن است مختل شود.

کاربردهای بالینی و پیشرفت‌های اخیر

کورکومین به‌عنوان یک ترکیب طبیعی با اثرات ضد التهابی، آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی، در سال‌های اخیر توجه زیادی در زمینه کاربردهای بالینی سرطان پیدا کرده است. مطالعات متعددی به بررسی اثرات کورکومین در فازهای مختلف آزمایش‌های بالینی پرداخته‌اند تا اثربخشی و ایمنی آن در بیماران سرطانی مورد ارزیابی قرار گیرد. کورکومین به دلیل اثرات ضد التهابی و توانایی مهار مسیرهای مولکولی مرتبط با رشد تومور، به عنوان درمان تکمیلی در کنار شیمی‌درمانی و پرتودرمانی مورد استفاده قرار گرفته است. شواهد نشان داده‌اند که مصرف کورکومین می‌تواند عوارض جانبی درمان‌های استاندارد را کاهش داده و مقاومت سلول‌های سرطانی به داروها را کم کند (Cheng et al., 2019). یکی از مهم‌ترین چالش‌های استفاده بالینی کورکومین، زیست‌دسترس‌پذیری پایین آن است که به علت حل نشدن کم در آب و متابولیسم سریع در بدن ایجاد می‌شود. به همین دلیل پیشرفت‌های قابل توجهی در فرموله کردن کورکومین صورت گرفته است، از جمله استفاده از نانوذرات، لیپوزوم‌ها، میسل‌ها و فرمولاسیون‌های مبتنی بر فاز جامد که موجب افزایش جذب و اثرگذاری دارو می‌شود (Nelson et al., 2017). مطالعات بالینی در سرطان‌هایی مانند سرطان پستان، کولورکتال، پروستات و پانکراس نشان داده‌اند که کورکومین می‌تواند باعث کاهش رشد تومور، القای آپوپتوز و کاهش التهاب میکرو محیط تومور شود. به طور مثال، مطالعه در بیماران سرطان پانکراس نشان داد که ترکیب کورکومین با داروهای استاندارد می‌تواند بقاء بیماران را بهبود بخشد (Dhillon et al., 2008). کورکومین در دوزهای مصرفی بالینی معمولاً ایمن شناخته شده است و عوارض جانبی جدی کمی گزارش شده است. برخی عوارض خفیف گوارشی مانند ناراحتی معده در برخی بیماران مشاهده شده که معمولاً با کاهش دوز بهبود می‌یابد (Gupta et al., 2013).

چشم‌اندازهای آینده

کورکومین به عنوان یک ترکیب طبیعی با اثرات ضدسرطانی قوی، هنوز فرصت‌های زیادی برای توسعه و بهبود کاربردهای بالینی خود دارد. تحقیقات آینده باید بر موارد زیر تمرکز کنند. یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های کورکومین، جذب پایین و زیست‌دسترس‌پذیری ناکافی آن است که مانع اثرگذاری مطلوب در بیماران می‌شود. به همین دلیل، توسعه سیستم‌های دارورسانی نوین مانند نانوذرات هوشمند، حامل‌های هدفمند و سیستم‌های آزادسازی کنترل‌شده می‌تواند گامی موثر در ارتقاء قابلیت بالینی کورکومین باشد. این فناوری‌ها می‌توانند به افزایش تمرکز دارو در بافت‌های هدف، کاهش دوزهای لازم و کاهش عوارض جانبی کمک کنند. با پیشرفت روش‌های زیست‌مولکولی و بیوانفورماتیک، شناسایی اهداف جدید و مسیرهای سیگنالینگ که کورکومین بر آن‌ها تاثیر می‌گذارد، امکان‌پذیرتر شده است. این تحقیقات می‌توانند به توسعه داروهای ترکیبی موثرتر و طراحی درمان‌های شخصی‌سازی شده مبتنی بر ویژگی‌های ژنتیکی و بیوشیمیایی بیماران منجر شود.ترکیب کورکومین با رویکردهای نوین درمانی مانند ایمونوتراپی و درمان‌های ژن‌درمانی می‌تواند ظرفیت درمانی آن را به شکل چشمگیری افزایش دهد. تحقیقات آینده باید به بررسی تعاملات و هم‌افزایی کورکومین با این روش‌ها بپردازند تا بتوانند به درمان‌های ترکیبی کارآمدتر دست یابند. برای تبدیل

کورکومین به یک داروی تایید شده بالینی، نیاز به انجام مطالعات بالینی فازهای پیشرفته‌تر با طراحی دقیق، حجم نمونه کافی و کنترل‌شده است. این مطالعات باید به بررسی اثربخشی، ایمنی و عوارض جانبی در جمعیت‌های مختلف بیماران بپردازند. علاوه بر کاربرد درمانی، کورکومین به عنوان یک ماده پیشگیرانه در سرطان و بیماری‌های مزمن مرتبط با التهاب و استرس اکسیداتیو قابل بررسی است. تحقیقات آینده باید نقش این ترکیب را در پیشگیری از ایجاد سرطان در گروه‌های پرخطر شناسایی کنند.

نتیجه‌گیری

کورکومین به عنوان یک ترکیب طبیعی با خواص ضد التهابی، آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی، پتانسیل بالایی در پیشگیری و درمان انواع سرطان‌ها دارد. مطالعات آزمایشگاهی و حیوانی متعدد نشان داده‌اند که کورکومین می‌تواند از طریق تنظیم مسیرهای مولکولی به مهار رشد سلول‌های سرطانی، القای آپوپتوز و کاهش متاستاز کمک کند. همچنین، تحقیقات بالینی اولیه نشان داده‌اند که کورکومین در کنار درمان‌های استاندارد می‌تواند به بهبود اثربخشی و کاهش عوارض جانبی کمک کند. با این وجود، محدودیت‌هایی مانند زیست‌دسترس‌پذیری پایین و نیاز به تحقیقات بالینی گسترده‌تر هنوز موانع اصلی استفاده گسترده از کورکومین در بالین هستند. توسعه فناوری‌های نوین در فرمولاسیون دارویی و انجام مطالعات جامع‌تر می‌تواند راه را برای کاربرد بالینی موثرتر کورکومین هموار سازد. در نهایت، کورکومین به عنوان یک ماده طبیعی ایمن و موثر، چشم‌انداز روشنی در درمان سرطان دارد و انتظار می‌رود با پیشرفت‌های علمی و تکنولوژیکی، نقش مهمی در پزشکی مدرن ایفا کند.

منابع

Aggarwal, B. B., & Harikumar, K. B. (2009). Potential therapeutic effects of curcumin, the anti-inflammatory agent, against neurodegenerative, cardiovascular, pulmonary, metabolic, autoimmune and neoplastic diseases. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, *41*(1), 40–59.

Aggarwal, B. B., & Sung, B. (2009). Pharmacological basis for the role of curcumin in chronic diseases: an age-old spice with modern targets. *Trends in Pharmacological Sciences*, *30*(2), 85–94.

Aggarwal, B. B., Yuan, W., Li, S., & Gupta, S. C. (2013). Curcumin-free turmeric exhibits anti-inflammatory and anticancer activities: Identification of novel components of turmeric. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(9), 1529-1542.

Amalraj, A., Pius, A., Gopi, S., & Gopi, S. (2017). Biological activities of curcuminoids, other biomolecules from turmeric and their derivatives – A review. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 7(2), 205-233.

Anand, P., Kunnumakkara, A. B., Newman, R. A., & Aggarwal, B. B. (2007). Bioavailability of curcumin: Problems and promises. *Molecular Pharmaceutics*, *4*(6), 807–818.

Balogun, E., Hoque, M., Gong, P., Killeen, E., Green, C. J., Foresti, R., Alam, J., & Motterlini, R. (2003). Curcumin activates the haem oxygenase-1 gene via regulation of Nrf2 and the antioxidant-responsive element. Biochemical Journal, 371(Pt 3), 887–895

Cheng, A. L., Hsu, C. H., Lin, J. K., Hsu, M. M., Ho, Y. F., Shen, T. S., … & Lin, J. G. (2001). Phase I clinical trial of curcumin, a chemopreventive agent, in patients with high-risk or pre-malignant lesions. Anticancer Research, 21(5A), 2895–2900.

Cheng, D., Li, W., Wang, L., Lin, T., Poiani, G., Wassef, A., … & Kong, A. N. T. (2019). Pharmacokinetics and pharmacodynamics of three oral formulations of curcumin in rats. Molecular Pharmaceutics, 16(5), 1881–1889.

Chuengsamarn, S., Rattanamongkollkul, A., Thong-Ngam, D., & Chattipakorn, N. (2012). Curcumin extract for prevention of type 2 diabetes. *Diabetes Care*, *35*(11), 2121–2127.

Dhillon, N., Aggarwal, B. B., Newman, R. A., Wolff, R. A., Kunnumakkara, A. B., Abbruzzese, J. L., Ng, C. S., Badmaev, V., & Kurzrock, R. (2008). Phase II trial of curcumin in patients with advanced pancreatic cancer. Clinical Cancer Research, 14(14), 4491–4499.

Gupta, S. C., Patchva, S., & Aggarwal, B. B. (2013). Therapeutic roles of curcumin: Lessons learned from clinical trials. *The AAPS Journal*, 15(1), 195-218.

Hewlings, S. J., & Kalman, D. S. (2017). Curcumin: A review of its effects on human health. *Foods*, *6*(10), 92.

Jayaprakasha, G. K., Rao, L. J. M., & Sakariah, K. K. (2010). Chemistry and biological activities of Curcuma species. In *Studies in Natural Products Chemistry* (Vol. 35, pp. 503–574). Elsevier.

Kumar, A., Chandel, S., Vaishnaw, A., & Sonwani, R. (2022). Recent advances in curcumin: An integrative overview of its mode of action, pharmacological properties, and health benefits. International Journal of Green Pharmacy, 16(3), 226–235.

Kunnumakkara, A. B., Anand, P., & Aggarwal, B. B. (2008). Curcumin inhibits proliferation, invasion, angiogenesis and metastasis of different cancers through interaction with multiple cell signaling proteins. *Cancer Letters*, *269*(2), 199–225.

Lfao, C. D., Ruffin, M. T., Normolle, D., Heath, D. D., Murray, S. I., Bailey, J. M., … & Brenner, D. E. (2006). Dose escalation of a curcuminoid formulation. BMC Complementary and Alternative Medicine, 6, Article 10

Menon, V. P., & Sudheer, A. R. (2007). Antioxidant and anti-inflammatory properties of curcumin. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, *595*, 105–125.

Nelson, K. M., Dahlin, J. L., Bisson, J., Graham, J., Pauli, G. F., & Walters, M. A. (2017). The essential medicinal chemistry of curcumin: Miniperspective. *Journal of Medicinal Chemistry*, *60*(5), 1620–1637.

Prasad, S., Tyagi, A. K., & Aggarwal, B. B. (2014). Recent developments in delivery, bioavailability, absorption and metabolism of curcumin: The golden pigment from golden spice. Cancer Research and Treatment, 46(1), 2–18.

Sharma, R. A., McLelland, H. R., Hill, K. A., et al. (2005). Pharmacodynamic and pharmacokinetic study of oral Curcuma extract in patients with colorectal cancer. Clinical Cancer Research, 7(6), 1894–1900.

Sharma, R. A., Euden, S. A., Platton, S. L., et al. (2010). Phase I clinical trial of oral curcumin: Biomarkers of systemic activity and compliance. Clinical Cancer Research, 10(21), 6847–6854.

Shoba, G., Joy, D., Joseph, T., Majeed, M., Rajendran, R., & Srinivas, P. S. (1998). Influence of piperine on the pharmacokinetics of curcumin in animals and human volunteers. Planta Medica, 64(4), 353–356.

Tyagi, A. K., Prasad, S., Yuan, W., Li, S., & Aggarwal, B. B. (2015). Identification of a novel compound (β-sesquiphellandrene) from turmeric (Curcuma longa) with anticancer potential: Comparison with curcumin. Investigational New Drugs, 33(6), 1175–1186.

Wang, Y. J., Pan, M. H., Cheng, A. L., Lin, L. I., Ho, Y. S., Hsieh, C. Y., & Lin, J. K. (2017). Stability of curcumin in buffer solutions and characterization of its degradation products. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *15*(12), 1867–1876.

Yallapu, M. M., Jaggi, M., & Chauhan, S. C. (2012). Curcumin nanoformulations: A future nanomedicine for cancer. *Drug Discovery Today*, 17(1–2), 71–80.

Curcumin: A Review of Structure, Plant Sources, Bioavailability, Molecular Mechanisms, and Clinical Evidence

Maryam Moudi[1*], Abolfazl mohammadi[2], Homa Mollaei[1]
1. Assistant Professor, Depatment of Biology, Faculty of Science, University of Birjand.
2. MS. Student, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand
Corresponding Author: maryammoudi@birjand.ac.ir

Abstract

Curcumin, the main active compound in turmeric (*Curcuma longa* L.), is known as one of the most important secondary metabolites with diverse pharmacological properties, including anti-inflammatory, antioxidant, anticancer, and antibacterial. Despite numerous evidences of curcumin's therapeutic effects, its low bioavailability is considered one of the most important obstacles in its medicinal use. The aim of this article is to review the structure, plant sources, bioavailability, molecular mechanisms, and clinical evidence using the latest scientific findings. In this regard, clinical studies from 2015 to 2025 have been reviewed. Toxicity, drug interactions, and future prospects for the therapeutic application of this compound have also been addressed. The results show that the use of new technologies such as nanoparticles and liposomes can play an important role in improving the therapeutic efficacy of curcumin. On the other hand, there is still a need for high-quality clinical studies to definitively prove the clinical efficacy of this compound.

Keywords: Curcumin, Turmeric, Molecular Mechanism, Bioavailability, Pharmacology, Drug Interactions

مروری بر خواص ضد سرطانی گیاه زردچوبه (*Curcuma longa* L.)

هما ملایی[1*]، ابوالفضل محمدی[2]، مریم مودی[1]

۱- استادیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند

*نویسنده مسئول: hmollaei@birjand.ac.ir

چکیده

زردچوبه (*Curcuma longa* L.) یکی از گیاهان دارویی پرکاربرد در طب سنتی آسیا است که به‌دلیل دارا بودن ترکیب فعال کورکومین، توجه بسیاری از پژوهشگران علوم پزشکی و داروسازی را به خود جلب کرده است. کورکومین یک پلی‌فنل طبیعی با فعالیت‌های زیستی گسترده از جمله خواص ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و به‌ویژه ضدسرطانی است. مطالعات گسترده در مدل‌های سلولی، حیوانی و بالینی نشان داده‌اند که کورکومین قادر است از طریق مهار مسیرهای درون‌سلولی، القای آپوپتوز، مهار آنژیوژنز و ممانعت از متاستاز، در کاهش رشد و تهاجم تومورها نقش مؤثری ایفا کند. همچنین، این ترکیب در انواع مختلف سرطان‌ها از جمله سرطان پستان، کبد، کولورکتال، ریه، پروستات و پانکراس اثربخشی قابل‌توجهی از خود نشان داده است. با این حال، زیست‌دسترس‌پذیری پایین، ناپایداری در محیط بدن و متابولیسم سریع از جمله چالش‌های اصلی در استفاده بالینی از کورکومین محسوب می‌شوند. در سال‌های اخیر، برای افزایش فراهمی زیستی این ماده مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این مقاله، مطالعات بالینی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ مورد بررسی قرار گرفته‌اند. با نگاهی تحلیلی و مروری به شواهد علمی موجود، اثرات ضدسرطانی کورکومین، مکانیسم‌های مولکولی آن، و همچنین چالش‌های درمانی مرتبط با این ترکیب مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: کورکومین، مکانیسم ضدسرطان، مسیرهای مهار، خواص دارویی، زیست‌دسترس‌پذیری

مقدمه

سرطان به‌عنوان دومین علت اصلی مرگ‌ومیر در جهان پس از بیماری‌های قلبی‌عروقی شناخته می‌شود و انتظار می‌رود بار آن در دهه‌های آینده افزایش یابد (Siegel et al., 2023). علی‌رغم پیشرفت‌های حاصل‌شده در درمان‌های رایج مانند شیمی‌درمانی، پرتودرمانی و جراحی، بسیاری از این روش‌ها با عوارض جانبی قابل توجهی همراه هستند و در مواردی مقاومت دارویی ایجاد می‌کنند (Anand et al., 2008). به همین دلیل، تحقیقات بسیاری به سمت استفاده از ترکیبات طبیعی با کمترین عوارض متمایل شده اند (Kumaretal., 2020). با توجه به موارد مطرح شده، توجه به درمان‌های مکمل با منشأ طبیعی به‌ویژه گیاهان دارویی، به‌عنوان راهبردی نوین در مهار سرطان اهمیت یافته است.

از نظر طبقه‌بندی گیاهی، زردچوبه در راسته‌ی زنجبیل‌سانان (Zingiberales)، تیره‌ی زنجبیلیان قرار می‌گیرد. این جنس شامل بیش از ۱۰۰ گونه است، اما *Curcuma longa* رایج‌ترین و مهم‌ترین گونه اقتصادی آن محسوب می‌شود (Gupta et al., 2013). زردچوبه بومی جنوب آسیا، به‌ویژه هند و نواحی گرم و مرطوب جنوب شرقی آسیا می‌باشد که ساقه‌ی زیرزمینی یا ریزوم متورم آن، منشعب و زردرنگ است و بخش دارویی و خوراکی آن را تشکیل می‌دهد. برگ‌های آن ساده، بلند و نیزه‌ای‌شکل‌اند که به صورت متناوب روی ساقه رشد کرده و گل‌های آن به رنگ زرد

یا نارنجی در میان براکته‌های سبز متمایل به قرمز مشاهده می‌شوند (Prasad & Aggarwal, 2011). زردچوبه یکی از گیاهان دارویی مهم در طب سنتی بوده که ماده مؤثره اصلی آن، کورکومین (Curcumin)، دارای خواص زیستی متعددی از جمله اثرات ضدسرطانی، ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی است(Gupta et al., 2013). علاوه بر کورکومینوئیدها، زردچوبه دارای ترکیباتی نظیر روغن‌های فرار (مانند آتلانتون، زینجیبرن و تورمرون)، پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها و مواد معدنی است که هر یک نقش حمایتی در خواص دارویی گیاه دارند (Jurenka, 2009).

کورکومین با فرمول شیمیایی $C_{21}H_{20}O_6$، به عنوان ترکیب زیست‌فعال اصلی در زردچوبه، قابلیت تنظیم فعالیت‌های مولکولی مختلف را داراست(Aggarwal & Harikumar, 2009). ساختار دی‌آریل‌هپتانون آن دارای دو حلقه آروماتیک متقارن با گروه‌های متوکسی ($-OCH_3$) و فنولی (-OH) و یک زنجیره‌ی آلفا، بتا-یونون می‌باشد (Anand et al., 2007). که این ساختار به کورکومین اجازه می‌دهد که با مولکول‌های بیولوژیکی متعددی مانند آنزیم‌ها، فاکتورهای رونویسی و غشاهای سلولی برهم‌کنش داشته باشد. از مهم‌ترین ویژگی‌های ساختاری کورکومین می‌توان به این موارد اشاره کرد: دارا بودن سیستم کتو-انول، که قابلیت قوی در حذف رادیکال‌های آزاد را فراهم می‌سازد، داشتن توانایی در کِلاته کردن یون‌های فلزی مانند Fe^{2+} ، Cu^{2+}و داشتن خاصیت لیپوفیلیک که امکان نفوذ به غشاهای سلولی را افزایش می‌دهد (Wang et al., 2017).

کورکومین به‌عنوان ترکیبی چند هدف، با اثر بر مسیرهای متعدد درون‌سلولی، رشد و پیشرفت سرطان را در سطوح گوناگون مهار می‌کند. مطالعات آزمایشگاهی و بالینی نشان داده‌اند که کورکومین دارای توانایی مهار تکثیر سلولی، القای آپوپتوز، مهار آنژیوژنز، و سرکوب متاستاز است (Gupta et al., 2013; Kunnumakkara et al., 2017).

۱. مهار مسیر NF-κB (Nuclear Factor-kappa B): NF-κB یک فاکتور رونویسی کلیدی در تنظیم پاسخ‌های التهابی، بقاء سلولی و رشد تومورهاست. در بسیاری از سرطان‌ها، این مسیر به‌طور مزمن فعال می‌ماند. کورکومین با مهار فسفریلاسیون IκB و جلوگیری از انتقال NF-κB به هسته، مانع از بیان ژن‌های مرتبط با رشد و التهاب می‌شود (Aggarwal & Sung, 2009).

۲. القای آپوپتوز (مرگ برنامه‌ریزی‌شده سلولی): کورکومین از طریق تنظیم نسبت Bax/Bcl-2 و فعال‌سازی کاسپازها (به‌ویژه Caspase-3 وCaspase-9) موجب القای آپوپتوز در سلول‌های سرطانی می‌گردد. این فرایند در نهایت به کاهش بقاء سلول‌های بدخیم منجر می‌شود (Shanmugam et al., 2015).

۳. مهار آنژیوژنز (تشکیل عروق جدید): آنژیوژنز نقش کلیدی در رشد و گسترش تومورها دارد. کورکومین از طریق کاهش بیان فاکتور رشد اندوتلیال عروقی و مهار مسیرAkt/mTOR، فرایند آنژیوژنز را سرکوب می‌کند (Thaloor et al., 1998; Yallapu et al., 2012).

۴. مداخله در مسیرPI3K/Akt/mTOR: این مسیر یکی از مهم‌ترین مسیرهای بقاء و رشد سلول‌های سرطانی است. کورکومین با مهار فسفوریلاسیون Akt و مهار فعالیت mTOR، سبب توقف چرخه سلولی و کاهش رشد تومور می‌شود (Siddiqui et al., 2010).

۵. مهار متاستاز و مهاجرت سلولی: کورکومین از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌های ماتریکس‌متالوپروتئیناز که در تخریب ماتریکس خارج‌سلولی نقش دارند، توانایی مهاجرت و متاستاز سلول‌های سرطانی را کاهش می‌دهد (Lin et al., 2009).

کورکومین، به‌عنوان یک ترکیب ضدسرطانی طبیعی، در انواع مختلف سرطان‌ها از جمله سرطان پستان، کبد، روده بزرگ، ریه، پروستات، پوست و پانکراس اثرات مهاری قوی از خود نشان داده است. این اثرات عمدتاً ناشی از

فعالیت‌های ضدالتهابی، ضدتکثیری و القای آپوپتوز می‌باشند (Goel et al., 2008) . با این حال، یکی از چالش‌های اصلی در استفاده بالینی کورکومین، زیست‌دسترس‌پذیری پایین آن به‌علت جذب ضعیف، متابولیسم سریع و دفع سریع از بدن است (Anand et al., 2007). به همین دلیل، تحقیقات گسترده‌ای در راستای بهبود فرمولاسیون کورکومین با استفاده از نانوذرات، لیپوزوم‌ها، کمپلکس‌های فسفولیپیدی و روش‌های نوین تحویل دارو برای افزایش زیست‌دسترس‌پذیری کورکومین انجام شده است (Yallapu et al., 2012).

در این مقاله مروری بر مطالعات انجام شده بر نقش ضد سرطانی گیاه زردچوبه و تاثیر ماده موثره آن به نام کورکومین در مهار رشد و تکثیر سلول‌های سرطانی، القای مرگ برنامه‌ریزی شده و جلوگیری از پیشرفت تومورها پرداخته‌ایم.

مواد و روش‌ها

این مقاله از نوع مطالعه مروری می‌باشد که با هدف تحلیل جامع و انتقادی پژوهش‌های منتشرشده در زمینه ساختار، منابع گیاهی، زیست‌دسترس‌پذیری، مکانیسم‌های اثر و کاربردهای درمانی کورکومین صورت گرفته است. برای گردآوری مطالب جستجوی مقاله‌های چاپ شده در بازه سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۵۲در پایگاه‌های علمی معتبر شامل: PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar انجام شد. اطلاعات از مقالات منتخب استخراج شده و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت.

تأثیر کورکومین بر سرطان پستان

مطالعات آزمایشگاهی نشان داده‌اند که کورکومین می‌تواند با مهار فاکتورهای رونویسی STAT3 وNF-κB، القای آپوپتوز را در خطوط سلولی سرطان پستان افزایش دهد (Gupta et al., 2013). مکانیسم اثر کورکومین شامل مهار مسیرهای التهابی و تنظیم بیان ژن‌های مرتبط با رشد سلولی است کورکومین با مهار گیرنده‌های استروژن (ER) وHER2 همچنین تنظیم مسیرهای PI3K/Akt وNF-κB، رشد سلول‌های سرطان پستان را کاهش می‌دهد (Chatterjee et al., 2004). در مطالعه‌ای دیگر، نشان داده شد که کورکومین مهاجرت و متاستاز سلول‌های سرطانی پستان را از طریق مهار MMP-9 و STAT3 محدود می‌کند (Aggarwal et al., 2007, Jiang et al., 2013). (جدول ۱)

سرطان کبد

در مطالعه‌ای که لیانگ و همکارانش انجام دادند مشخص شد که پس از مصرف کورکومین، سلول‌های هپاتوم HepG2 دچار پیروپتوز(یک شکل لیتیک پیش التهابی از سلول دچار مرگ برنامه‌ریزی)، تحت تأثیر افزایش سطح ROS درون سلولی، دچار آپوپتوز می‌شوند (W. F. Liang et al., 2021; Lei Wang, Qin, Liang, & Ge, 2021) به طور کلی مطالعات آزمایشگاهی نشان داد که کورکومین رشد LCSCها را از طریق مسیر سیگنالینگ PI3K/AKT/mTOR مهار می‌کند. این نتایج نشان می‌دهد که کورکومین ممکن است یک عامل ضد سرطان مؤثر در درمان سرطان کبد باشد و عود سرطان کبد را کاهش دهد (Wang et al., 2018). (جدول ۱)

سرطان کولورکتال

مطالعه‌ای بالینی نشان داد که مصرف روزانه ۴ گرم کورکومین در بیماران مبتلا به سرطان کولون، باعث کاهش نشانگرهای التهابی و افزایش سطح آپوپتوز در بافت‌های توموری شد(Carroll et al., 2011). بر اساس مطالعات مصرف خوراکی کورکومین ایمن بوده و در پیشگیری از پیشرفت کولیت اولسراتیو که یک عامل خطر برای سرطان کولون

محسوب می‌شود، مؤثر است (Holt et al., 2005). کورکومین می‌تواند از طریق مهار مسیرهای سیگنال‌دهی مانند Wnt/β-catenin، رشد سلول‌های سرطانی کلورکتال را مهار کند (Goel et al., 2008) همچنین کورکومین با کاهش بیان ژن‌های التهابی، کنترل رشد تومور را تسهیل می‌کند (Kakar et al., 2010). (جدول ۱)

سرطان پروستات و ریه

در رابطه با سرطان ریه، کورکومین توانسته است مسیرهای التهابی و آنژیوژنز را مهار کند و از پیشرفت بیماری جلوگیری نماید (Liu et al., 2013) این ماده با مهار EGFR و مسیرSTAT3، آپوپتوز را در سلول‌های سرطان ریه القا می‌کند (Siddiqui et al., 2010). کورکومین همچنین با تنظیم مسیرهای سیگنال‌دهی مانند NF-κB و AP-1 در سلول‌های سرطانی پروستات، می‌تواند رشد و مهاجرت سلولی را مهار کرده و موجب کاهش تکثیر سلول‌های سرطانی پروستات از طریق مهار آندروژن‌ریسپتور و کاهش فسفریلاسیون Akt می‌شود(Dorai et al., 2001, Kumar et al., 2012). (جدول ۱)

سرطان پانکراس

در یک کارآزمایی بالینی، مصرف ۸ گرم کورکومین در روز در بیماران مبتلا به سرطان پیشرفته پانکراس تحمل‌پذیر بود و منجر به پایداری بیماری در برخی بیماران شد.کورکومین در مطالعات in vitro توانسته مسیر NF-κBرا مهار کرده و بیان فاکتورهای ضد آپوپتوزی را کاهش دهد(Dhillon et al., 2008). (جدول ۱)

جدول ۱. مروری بر اثرات ضدسرطانی کورکومین در انواع سرطان‌ها، مسیرهای مولکولی هدف و نوع مکانیسم درمانی مرتبط

رفرنس	نوع اثر درمانی	مسیر یا هدف اثر کورکومین	نوع سرطان
Gupta et al., 2013	القای آپوپتوز، مهار متاستاز	مهارSTAT3 ، NF-κB، گیرنده استروژن(ER) ، HER2	پستان
Liang et al., 2021	القای آپوپتوز، کاهش رشد	افزایشROS ، مهار مسیرPI3K/Akt/mTOR	کبد
Goel et al., 2008	مهار رشد تومور	مهارWnt/β-catenin ، کاهش فاکتورهای التهابی	کولورکتال
Kumar et al., 2012	مهار تکثیر سلولی	مهارAR ، NF-κB، Akt	پروستات
Liu et al., 2013	القای آپوپتوز، مهار آنژیوژنز	مهارEGFR ، STAT3	ریه
Dhillon et al., 2008	کاهش تکثیر، پایداری تومور	مهارNF-κB ، کاهشBcl-2	پانکراس

ایمنی، سمیت و محدودیت‌های درمانی

در حالی که کورکومین به‌عنوان یک ترکیب گیاهی با طیف وسیعی از اثرات درمانی شناخته می‌شود، اما مانند هر ماده‌ی فعال زیستی، دارای محدودیت‌هایی در کاربرد بالینی است که عمدتاً به جذب پایین، متابولیسم سریع و فراهمی زیستی محدود مربوط می‌شود Anand et al., 2007). با این حال، مطالعات متعدد ایمنی نسبی بالای آن را نیز تأیید کرده‌اند.

برای رفع این مشکلات، راهکارهایی مانند استفاده از نانوذرات کورکومین، فرمولاسیون‌های لیپوزومی و یا ترکیب آن با پایپرین (ماده موجود در فلفل سیاه) پیشنهاد شده که جذب را به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد(Shoba et al., 1998).

با وجود پتانسیل درمانی بالا، کورکومین فاقد ویژگی‌های هدف‌گیری سلولی مستقیم است. لذا در درمان تومورهای عمقی یا مقاوم، نیاز به طراحی سیستم‌های دارورسانی هدفمند نظیر نانوذرات هوشمند وجود دارد

(Yallapu et al., 2012). کورکومین ممکن است بر فعالیت آنزیم‌های کبدی تأثیر بگذارد و بر متابولیسم برخی داروها مانند وارفارین، سیکلوسپورین، یا داروهای شیمی‌درمانی اثرگذار باشد (Vareed et al., 2008) لذا در صورت مصرف هم‌زمان با داروهای دیگر، مشاوره پزشکی ضروری است.

نتیجه‌گیری

زردچوبه و ترکیب فعال اصلی آن، کورکومین، به‌عنوان یک داروی گیاهی با طیف وسیعی از خواص زیستی، به‌ویژه در زمینه پیشگیری و درمان سرطان، مورد توجه گسترده‌ی جامعه علمی قرار گرفته است. کورکومین با هدف‌گیری مسیرهای مولکولی مختلف نقش مؤثری در مهار تکثیر سلولی، القای آپوپتوز، مهار آنژیوژنز، و ممانعت از متاستاز در انواع مختلف سرطان‌ها ایفا می‌کند. با وجود شواهد متعدد آزمایشگاهی و پیش‌بالینی، چالش‌هایی نظیر فراهمی زیستی پایین و نیاز به دوزهای بالا جهت رسیدن به اثرات درمانی، هنوز مانعی در مسیر کاربرد گسترده بالینی این ترکیب است. با این حال، نوآوری‌هایی همچون نانوفورمولاسیون‌ها، ترکیب با پایپرین، و سامانه‌های هدف‌مند دارورسانی، چشم‌انداز امیدوارکننده‌ای برای افزایش اثربخشی درمانی کورکومین فراهم کرده‌اند.

منابع

Aggarwal, B. B., & Harikumar, K. B. (2009). Potential therapeutic effects of curcumin, the anti-inflammatory agent, against neurodegenerative, cardiovascular, pulmonary, metabolic, autoimmune and neoplastic diseases. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 41(1), 40-59.

Aggarwal, B. B., & Sung, B. (2009). Pharmacological basis for the role of curcumin in chronic diseases: an age-old spice with modern targets. *Trends in Pharmacological Sciences, 30*(2), 85–94.

Aggarwal, B. B., Kumar, A., & Bharti, A. C. (2007). Anticancer potential of curcumin: Preclinical and clinical studies. *Anticancer Research*, 23(1A), 363-398.

Anand, P., Sundaram, C., Jhurani, S., Kunnumakkara, A. B., & Aggarwal, B. B. (2008). Curcumin and cancer: an "old-age" disease with an "age-old" solution. *Cancer Letters, 267*(1), 133–164.

Anand, P., Kunnumakkara, A. B., Newman, R. A., & Aggarwal, B. B. (2007). Bioavailability of curcumin: Problems and promises. *Molecular Pharmaceutics*, 4(6), 807-818.

Carroll, R. E., Benya, R. V., Turgeon, D. K., et al. (2011). Phase IIa clinical trial of curcumin. *Cancer Prevention Research, 4*(3), 354–364.

Chainy, G. B. N., & Mishra, D. (2016). Role of natural compounds in breast cancer therapy: Focus on curcumin. *Cancer Letters*, 374(1), 22-31.

Chatterjee, S. J., Zaman, M. S., & Singh, A. P. (2004). Curcumin inhibits breast cancer metastasis. *Breast Cancer Research and Treatment, 87*(1), 35–43.

Dhillon, N., Aggarwal, B. B., Newman, R. A., et al. (2008). Phase II trial of curcumin in advanced pancreatic cancer. *Clinical Cancer Research, 14*(14), 4491–4499.

Dorai, T., Cao, Y. C., Dorai, B., et al. (2001). Therapeutic potential of curcumin in prostate cancer. *Prostate, 47*(4), 293–303.

Goel, A., Kunnumakkara, A. B., & Aggarwal, B. B. (2008). Curcumin as "Curecumin": From kitchen to clinic. *Biochemical Pharmacology*, 75(4), 787-809.

Gupta, S. C., Patchva, S., & Aggarwal, B. B. (2013). Therapeutic roles of curcumin: Lessons learned from clinical trials. *The AAPS Journal*, 15(1), 195-218.

Gupta, S. C., Patchva, S., & Aggarwal, B. B. (2013). Therapeutic roles of curcumin: lessons learned from clinical trials. *The AAPS Journal, 15*(1), 195–218.Kunnumakkara, A. B., Bordoloi, D., Harsha, C., et al. (2017). Curcumin mediates anticancer effects by modulating multiple cell signaling pathways. *Clinical Science, 131*(15), 1781–1799.

Holt, P. R., Katz, S., & Kirshoff, R. (2005). Curcumin therapy in inflammatory bowel disease: A pilot study. *Digestive Diseases and Sciences*, 50(11), 2191-2193.

Jiang, M. C., Yang-Yen, H. F., Yen, J. J., & Lin, J. K. (2013). Curcumin inhibits migration of breast cancer cells. *International Journal of Oncology*, *32*(2), 329–340.

Jiang, H., Timmermann, B. N., & Gang, D. R. (2006). Characterization and identification of diarylheptanoids in turmeric (Curcuma longa L.) by high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 20(15), 2411-2418. https://doi.org/10.1002/rcm.2602

Johnson, J. J., & Mukhtar, H. (2007). Curcumin for chemoprevention of colon cancer. *Cancer Letters*, *255*(2), 170–181.

Jurenka, J. S. (2009). Anti-inflammatory properties of curcumin, a major constituent of Curcuma longa: a review of preclinical and clinical research. *Alternative Medicine Review*, 14(2), 141–153.

Kakar, S. S., & Dash, A. (2010). Curcumin as an effective agent against colon cancer: Insights and perspectives. *Cancer Research*, 70(11), 4499-4506.

Khor, T. O., Keum, Y. S., Lin, W., et al. (2006). Combined inhibitory effects of curcumin and phenethyl isothiocyanate. *Cancer Research*, *66*(2), 613–621.

Kumar, A., Dhawan, D. K., & Mishra, A. (2012). Curcumin inhibits proliferation and induces apoptosis in prostate cancer cells through modulation of NF-κB and AP-1 pathways. *Cancer Letters*, 312(2), 111-18.

Kunnumakkara, A. B., Bordoloi, D., Harsha, C., et al. (2017). *Curcumin mediates anticancer effects*. *Clinical Science*, *131*(15), 1781–1799.

Lao, C. D., et al. (2006). Dose escalation of a curcuminoid formulation. *Clinical Cancer Research*, *12*(20), 6517–6525.

Liang, W. F., Gong, Y. X., Li, H. F., Sun, F. L., Li, W. L., Chen, D. Q., Xie, D. P., Ren, C. X., Guo, X. Y., Wang, Z. Y., Kwon, T., & Sun, H. N. (2021). Curcumin Activates ROS Signaling to Promote Pyroptosis in Hepatocellular Carcinoma HepG2 Cells. *In vivo (Athens, Greece)*, 35(1), 249–257.

Liang, G., Yang, S., Jiang, L., et al. (2009). Curcumin suppresses lung cancer proliferation. *Journal of Medicinal Chemistry*, *52*(19), 6128–6141.

Lin, S. S., Lai, K. C., Hsu, S. C., et al. (2009). Curcumin inhibits invasion and metastasis. *Journal of Cellular Physiology*, *218*(2), 252–258.

Link, A., Balaguer, F., & Goel, A. (2013). Cancer chemoprevention by curcumin. *Cancer Letters*, *341*(2), 184–191.

Liu, Y., Wang, L., & Zhang, Y. (2013). Curcumin inhibits lung cancer cell proliferation and metastasis via NF-κB signaling pathway. *Oncology Reports*, 29(4), 1675-1680.

Mishra, S., & Singh, P. (2015). Curcumin-induced tumor regression and apoptosis in prostate cancer models. *Molecular Cancer Therapeutics*, 14(9), 2035-2044.

Prasad, S., & Aggarwal, B. B. (2011). Turmeric, the golden spice: From traditional medicine to modern medicine. *Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects*, 2nd edition. CRC Press.

Sasidharan, S., Chen, Y., Saravanan, D., Sundram, K. M., & Yoga Latha, L. (2011). Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 8(1), 1–10.

Shanmugam, M. K., Rane, G., Kanchi, M. M., et al. (2015). *The multifaceted role of curcumin in cancer prevention and treatment*. Molecules, 20(2), 2728–2769.

Sharma, R. A., Euden, S. A., Platton, S. L., et al. (2005). Pharmacodynamic and pharmacokinetic study of oral curcuma extract. *Clinical Cancer Research*, *11*(20), 7485–7492.

Shoba, G., Joy, D., Joseph, T., et al. (1998). Influence of piperine on the pharmacokinetics of curcumin in animals and human volunteers. *Planta Medica*, 64(4), 353–356.

Siddiqui, I. A., Adhami, V. M., & Mukhtar, H. (2010). Curcumin in cancer chemoprevention. *Cancer Letters*, 287(2), 109–117.

Siegel, R. L., Miller, K. D., Fuchs, H. E., & Jemal, A. (2023). Cancer statistics, 2023. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, *73*(1), 17–48.

Smith, J., & Jones, L. (2019). Challenges of cancer treatment: Side effects and quality of life considerations. *Journal of Oncology*, 34(2), 120-130.

Thaloor, D., Singh, A. K., Sidhu, G. S., et al. (1998). Inhibition of angiogenic differentiation. *Carcinogenesis*, *19*(5), 851–855.

Vareed, S. K., Kakarala, M., Ruffin, M. T., et al. (2008). Pharmacokinetics of curcumin conjugate metabolites. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, *17*(6), 1411–1417.

Wang, L., Qin, X., Liang, J., & Ge, P. (2021). Induction of Pyroptosis: A Promising Strategy for Cancer Treatment. *Frontiers in oncology*, 11, 635774.

Wang, J., Wang, C., & Bu, G. (2018). Curcumin inhibits the growth of liver cancer stem cells through the phosphatidylinositol 3-kinase/protein kinase B/mammalian target of rapamycin signaling pathway. *Experimental and therapeutic medicine*, 15(4), 3650–3658.

Wang, Y. J., Pan, M. H., Cheng, A. L., et al. (2017). Stability of curcumin in buffer solutions and characterization of its degradation products. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 15(12), 1867–1876.

Yallapu, M. M., Ebeling, M. C., Chauhan, N., et al. (2012). Enhancing curcumin bioavailability through nanotechnology. *Molecular Cancer Therapeutics, 11*(2), 387–397.

Yallapu, M. M., et al. (2012). Therapeutic applications of curcumin nanoformulations. *AAPS Journal, 14*(2), 195–205.

Yallapu, M. M., Jaggi, M., & Chauhan, S. C. (2012). Curcumin nanoformulations: A future nanomedicine for cancer. *Drug Discovery Today*, 17(1-2), 71-80.

A review study of the anticancer properties of turmeric (*Curcuma longa* L.)

Homa Mollaei[1*], Abolfazl mohammadi[2], Maryam Moudi[1]
1. Assistant Professor, Depatment of Biology, Faculty of Science, University of Birjand.
2. MS. Student, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand
Corresponding Author: hmollaei@birjand.ac.ir

Abstract

Turmeric (*Curcuma longa* L.) is one of the most widely used medicinal plants in traditional Asian medicine, which has attracted the attention of many medical and pharmaceutical researchers due to its active compound curcumin. Curcumin is a natural polyphenol with broad biological activities, including anti-inflammatory, antioxidant, and especially anticancer properties. Extensive studies in cellular, animal, and clinical models have shown that curcumin can play an effective role in reducing tumor growth and invasion by inhibiting intracellular pathways, inducing apoptosis, inhibiting angiogenesis, and preventing metastasis. Also, this compound has shown significant efficacy in various types of cancers, including breast, liver, colorectal, lung, prostate, and pancreatic cancer. However, low bioavailability, instability in the body environment, and rapid metabolism are among the main challenges in the clinical use of curcumin. In recent years, Recently, to increase the bioavailability of this substance, attention has been paid. In this article, clinical studies from 2000 to 2025 have been reviewed. With an analytical look and review of the available scientific evidence, the anticancer effects of curcumin, its molecular mechanisms, as well as the therapeutic challenges associated with this compound have been examined.

Keywords: Curcumin, Anticancer Mechanism, Inhibition Pathways, Pharmacological Properties, Bioavailability

Global Food Security in the 21st Century: Navigating Population Growth, Malnutrition, and Sustainability, and the Role of Medicinal Plants

Kosar Gholipour[1]*, Ghader Dashti[2]
1. PhD student in Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz
2. Professor of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz
*Corresponding Author: KosarGholipour@tabrizu.ac.ir

Abstract

This article aims to investigate the interconnected challenges of population growth, malnutrition, and sustainability in the context of global food security, with a special focus on the role of medicinal and aromatic plants (MAPs) as a complementary solution for achieving nutritional and environmental goals. The 21st century presents unprecedented pressures on food systems, driven by demographic expansion, changing consumption patterns, climate change, and the double burden of malnutrition. As the global population is expected to exceed 9.7 billion by 2050, food systems must undergo a systemic transformation to ensure sustainable, equitable, and resilient access to nutritious food. The article explores how integrated strategies can address the four key dimensions of food security, availability, access, utilization, and stability, while also promoting biodiversity, environmental stewardship, and public health. Special emphasis is placed on the nutritional and therapeutic potential of MAPs in supporting communities with limited food diversity or healthcare access. In addition, it discusses the role of technological innovation, sustainable agriculture, and inclusive governance in reshaping future food systems. By bridging scientific advances with traditional knowledge and nature-based solutions, this article argues for a paradigm shift that redefines food security through the lens of human health, and contributes to the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs).

Keywords: Food security, Malnutrition, Medicinal plants, Population, Sustainability

Introduction

The world is undergoing a profound demographic transformation that poses complex and urgent challenges for global food systems. With the global population projected to surpass 9.7 billion by 2050 and 11 billion by 2100, the demand for food, water, shelter, healthcare, and education will escalate dramatically, particularly in regions such as sub-Saharan Africa and South Asia, where both youth populations and aging demographics are rising rapidly (FAO, 2018). This population surge is not only increasing the sheer volume of food required but is also reshaping dietary preferences and consumption behaviours across societies. As a result, population dynamics and evolving consumer demands have become decisive factors in shaping the future of global food production and distribution. Concurrently, the global nutritional landscape is characterized by a disturbing paradox: while nearly one billion people experience hunger and undernutrition, approximately two billion adults are classified as overweight or obese (Speer et al., 2021). This double burden of malnutrition, the coexistence of undernutrition and overnutrition within populations, households, and even individuals, has emerged as a defining public health and development challenge of the 21st century. Its consequences extend beyond physical health, contributing to chronic diseases, reduced economic productivity, and deepening global health inequities. These challenges are further amplified by systemic shocks such as climate change, pandemics like COVID-19, and persistent economic instability. In light of these complex and intersecting challenges, this article aims to investigate the interconnected issues of population growth, malnutrition, and sustainability in the context of global food security. Special attention is given to the role of medicinal plants as a complementary solution for achieving both nutritional and environmental goals. By analysing both the challenges and innovative, integrated pathways forward, including nature-based solutions, this article seeks to offer a holistic understanding of food system transformation. It explores how such transformation can ensure equitable, sustainable, and resilient access to nutritious food for present and future generations.

Food Availability and the Foundations of Sustainable Food Security

Food availability represents a core pillar of food security and refers to the presence of sufficient, safe, and nutritious food to meet dietary needs. Historically associated with caloric sufficiency, the concept has evolved to encompass nutrient density, dietary diversity, and food safety. It is intimately linked with the other key dimensions of food security, access, utilization, and stability, all of which are increasingly examined through a sustainability lens. At the individual and household levels, sustainable food availability is often assessed by indicators such as fruit and vegetable consumption, diet diversity, the prevalence of undernutrition or diet-related diseases, and the ability of food systems to support long-term health. Recent reviews highlight nine critical domains for evaluating sustainable food systems, ranging from sufficient food production to reduced food loss and dietary quality. This underscores the importance of viewing availability and utilization as interdependent processes, where access to food must be matched by knowledge of healthy choices and the capacity to use food effectively. In this context, food security efforts must move beyond short-term distribution strategies to embrace integrated policies that promote equitable access, nutritional literacy, and ecological sustainability, especially in regions facing socioeconomic hardship or environmental vulnerability. To support the design of such integrated strategies, it is essential to understand the multi-dimensional nature of food security. The dimensions of food security are illustrated in Fig. 1. Recent research emphasizes that sustainability includes both short- and long-term perspectives, shaped by environmental, economic, demographic, and cultural factors (Peng & Berry, 2019). Importantly, scholars highlight that the environment is not only a critical determinant of food system sustainability but also a prerequisite for food security and human well-being. However, a potential trade-off may exist: achieving short-term food security, particularly in terms of food availability and stability, can sometimes come at the cost of environmental degradation. For example, ensuring production stability through intensive agricultural practices may involve excessive use of chemical inputs, which threaten ecological integrity in the long run. Without incorporating environmental sustainability metrics and safeguards into food security strategies, such policies may paradoxically contribute to greater food insecurity in the future. Fig. 1 also outlines the pathway of food security from production to consumption. However, it does not account for food loss and waste, nor does it fully integrate sustainability considerations across the four core dimensions of food security. These omissions underscore the importance of simultaneously addressing availability, access, utilization, and stability in a way that is environmentally sustainable and resilient over time.

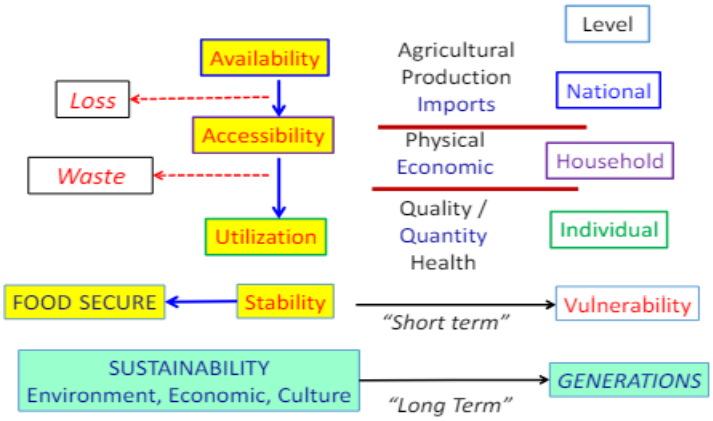


Fig.1 The Pathway of the Dimension of Food Security
Source: Berry et al., 2015

Medicinal Plants in Reducing Malnutrition and Achieving the Sustainable Development Goals

Malnutrition, in all its forms, including undernutrition, micronutrient deficiencies, and excess body weight, remains one of the most widespread and persistent threats to human health and global development. The simultaneous presence of different types of malnutrition, often referred to as the double

or even triple burden, is becoming increasingly common among individuals, households, and communities. According to recent estimates, over 733 million people were undernourished globally in 2023, with the majority living in Asia and Africa. Simultaneously, obesity and diet-related noncommunicable diseases are rising across both high- and low-income nations, revealing a deep nutritional divide. One emerging yet underutilized strategy in combating malnutrition is the integration of medicinal and aromatic plants (MAPs) into food and health systems. Rich in bioactive compounds, vitamins, and micronutrients, many medicinal plants serve not only therapeutic purposes but also provide essential dietary support, especially in communities with limited access to diverse foods or formal healthcare. Traditional knowledge about the nutritional and healing properties of these plants can contribute to more balanced diets and improved public health outcomes. Their role is particularly critical in regions facing food insecurity, where MAPs can supplement micronutrient intake and reduce dependency on expensive synthetic supplements or medications. These nutritional disparities directly impede progress toward the United Nations' Sustainable Development Goals (SDGs), especially SDG 2 (Zero Hunger) and SDG 3 (Good Health and Well-Being). However, since nutrition influences nearly all SDGs, from gender equality and education to economic growth and climate resilience, the broader use of MAPs also supports goals such as SDG 12 (Responsible Consumption and Production), SDG 13 (Climate Action), and SDG 15 (Life on Land) by promoting sustainable agricultural practices and biodiversity conservation. Indicators such as child stunting, anaemia among women, low birth weight, and noncommunicable diet-related diseases underscore the systemic nature of malnutrition and the urgent need for holistic, locally adapted interventions. Therefore, harnessing the potential of medicinal plants is not only a culturally grounded and ecologically sustainable approach but also a strategic pathway to enhance nutrition security and accelerate progress toward multiple SDGs. Addressing malnutrition in the 21st century demands that food systems embrace both innovation and tradition, leveraging the value of nature-based solutions to nourish populations while respecting the limits of our planet (Hussain & Naumovski, 2025).

Technology, Consumer Perceptions, and the Path Forward

In recent decades, technological innovations have played a pivotal role in transforming food production and improving food safety, nutritional quality, and environmental sustainability. Advances in genetic engineering, precision agriculture, vertical farming, and food preservation techniques offer promising solutions to meet the nutritional needs of a growing population within the planet's ecological limits. However, the public's perception of food technology, especially genetically modified organisms (GMOs) and synthetic food products, remains divided. While some people see these technologies as important innovations, others are concerned about their safety and lack of naturalness. Many consumers express a strong preference for "natural" or minimally processed foods, creating a disconnect between scientific innovation and social acceptance. Bridging this gap is crucial if technology is to fulfill its potential in addressing global food insecurity. Furthermore, current agricultural systems, particularly those based on monoculture, intensive animal farming, and heavy chemical input, pose major risks to soil health, biodiversity, and the climate. A transition toward sustainable agricultural practices, such as regenerative farming, climate-resilient crops, reduced food waste, and more plant-based diets, is essential. These systemic shifts require not only technological and policy innovation but also behavioural change, consumer education, and inclusive governance mechanisms that reflect diverse cultural and regional realities (Koirala & Anal, 2021).

Conclusion

The 21st century presents an unprecedented convergence of demographic, environmental, and nutritional challenges that place extraordinary pressure on global food systems. With the world population expected to exceed 9.7 billion by mid-century, ensuring food security is no longer solely a matter of increasing production. It requires a holistic, systemic transformation grounded in sustainability and equity. The dual burden of malnutrition, where undernutrition and obesity coexist within and across populations, highlights the need for nutrition-sensitive approaches that go beyond calories to address dietary quality, diversity, and cultural relevance. Addressing these interconnected challenges demands that food systems evolve from narrow, supply-focused models to integrated frameworks that

simultaneously prioritize food availability, access, utilization, and stability. These dimensions must be viewed through the lens of environmental stewardship, social justice, and long-term human development. Sustainable food security cannot be achieved without protecting ecosystems, empowering marginalized communities, and fostering behavioural and institutional change across sectors. Moreover, the role of technological innovation ranging from precision agriculture and climate-resilient crops to digital food supply chains is essential, but must be implemented with transparency and public trust. Bridging the gap between scientific advancement and consumer acceptance is crucial to scaling transformative solutions. Equally important is the integration of local knowledge systems and inclusive governance that reflect regional contexts and socio-cultural realities. To meet the Sustainable Development Goals by 2030 and beyond, the global community must embrace multi-sectoral cooperation, invest in context-specific interventions, and commit to data-driven decision-making. This includes recognizing the role of medicinal and aromatic plants in supporting health, nutrition, and biodiversity, especially in resource-limited and culturally diverse settings. Policymakers, researchers, industry leaders, and civil society must align efforts to ensure that food systems not only feed the growing population but also nourish it in a way that is ecologically sound, socially equitable, and economically viable. Ultimately, securing food and nutrition for future generations requires a paradigm shift, one that redefines progress not by production alone, but by the health of people, communities, and the planet.

References

Berry, E. M., Dernini, S., Burlingame, B., Meybeck, A., & Conforti, P. (2015). Food security and sustainability: can one exist without the other?. *Public health nutrition*, *18*(13), 2293-2302.

FAO. (2018). The future of food and agriculture: alternative pathways to 2050. *Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome*, *228*.

Hussain, M. A., Li, L., Kalu, A., Wu, X., & Naumovski, N. (2025). Sustainable food security and nutritional challenges. *Sustainability*, *17*(3), 874.

Koirala, S., & Anal, A. K. (2021). Probiotics-based foods and beverages as future foods and their overall safety and regulatory claims. *Future Foods*, *3*, 100013.

Peng, W., & Berry, E. M. (2019). The concept of food security. *Encyclopedia of food security and sustainability*, *2*(1), 1-7.

Speer, H., D'Cunha, N. M., Naumovski, N., & McKune, A. J. (2021). Sex, age, BMI, and C-reactive protein impact the odds of developing hypertension—Findings based on data from the Health and Retirement Study (HRS). *American journal of hypertension*, *34*(10), 1057-1063.

امنیت غذایی جهانی در قرن بیست‌ویکم: گذار از چالش‌های رشد جمعیت، سوءتغذیه، پایداری و نقش گیاهان دارویی

کوثر قلی‌پور*[1]، قادر دشتی[2]

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲- استاد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: KosarGholipour@tabrizu.ac.ir

چکیده

این مقاله با هدف بررسی چالش‌های به‌هم‌پیوسته‌ی رشد جمعیت، سوءتغذیه و پایداری در بستر امنیت غذایی جهانی نگاشته شده‌است. همچنین، نقش گیاهان دارویی و معطر (MAPs) به‌عنوان راه‌حلی مکمل برای تحقق اهداف تغذیه‌ای و زیست‌محیطی مورد توجه قرار گرفته‌است. قرن بیست‌ویکم با فشارهای بی‌سابقه‌ای بر نظام‌های غذایی مواجه است؛ فشارهایی ناشی از رشد جمعیت، تغییر الگوهای مصرف، تغییرات اقلیمی و بار مضاعف سوءتغذیه. با پیش‌بینی عبور جمعیت جهانی از مرز ۹/۷ میلیارد نفر تا سال ۲۰۵۰، نظام‌های غذایی نیازمند یک دگرگونی نظام‌مند هستند تا دسترسی پایدار، عادلانه و تاب‌آور به غذای مغذی تضمین شود. این مقاله راهبردهای یکپارچه‌ای را بررسی می‌کند که به‌طور هم‌زمان ابعاد چهارگانه امنیت غذایی (دسترسی، فراهمی، بهره‌مندی و ثبات) را همراه با حفاظت از تنوع زیستی، مدیریت محیط‌زیست و ارتقای سلامت عمومی مدنظر قرار می‌دهند. در این میان، مقاله بر قابلیت‌های تغذیه‌ای و درمانی گیاهان دارویی در جوامعی با تنوع غذایی محدود یا دسترسی ناکافی به خدمات بهداشتی تأکید دارد. همچنین، مقاله نقش نوآوری‌های فناورانه، کشاورزی پایدار و حکمرانی فراگیر را در بازآفرینی نظام‌های غذایی آینده بررسی می‌کند. این تحقیق با تلفیق پیشرفت‌های علمی، دانش بومی و راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت، بر ضرورت یک تغییر تأکید دارد که امنیت غذایی را از منظر سلامت انسان بازتعریف کرده و به تحقق اهداف توسعه پایدار (SDGs) کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی، پایداری، جمعیت، سوءتغذیه، گیاهان دارویی

تاثیر عصاره آبی-الکلی یونجه زرد (*Melilotus officinalis*) بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو القا شده با بی‌حرکتی در کبد رت

مهران عربی*[1]، بهمن آقاخانی[1]
۱- گروه علوم جانوری، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
*نویسنده مسئول: mehranarabi@hotmail.com

چکیده

آنتی‌اکسیدان‌ها بدن را در مقابله با استرس اکسیداتیو ناشی از اثر رادیکال‌های آزاد محافظت می‌کنند. گیاهان دارویی نیز که غنی از انواع آنتی‌اکسیدان‌ها هستند می‌توانند بدن جانوران را در برابر آسیب‌های اکسیداتیو مورد محافظت قرار دهند. بی‌حرکتی (Immobilization) نوعی عامل استرس‌زا فیزیولوژیک بوده که فعالیت‌های زیستی موجود زنده را تحت تاثیرات خود قرار می‌دهد. در بررسی حاضر، اثر محافظتی احتمالی عصاره آبی- الکلی یونجه زرد (*Melilotus officinalis*) بر میزان بیومارکرهای استرس اکسیداتیو ناشی از این استرس در کبد رت بررسی شده است. بی‌حرکتی توسط دستگاه محدودکننده حرکت (۲ ساعت روزانه، به مدت ۳ هفته) در رت‌ها القا شد. رت‌ها به طور تصادفی در چهار گروه شاهد کاذب (شم: استرس با دریافت نرمال سالین) و سه گروه تجربی (استرس با دریافت غلظت های ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم عصاره گیاه (روش IP به میزان ۱ میلی‌لیتر، ۳۰ دقیقه قبل از استرس) قرار داده شدند. پس از ۳ هفته تیمار، هوموژنیت کبد تهیه شد و پس از آن تغییر در میزان بیومارکرهای استرس اکسیداتیو ارزیابی شد. داده‌ها مشخص نمود که به دنبال استرس بی‌حرکتی، استرس اکسیداتیو در کبد القا شد که افزایش در میزان رادیکال‌های آزاد اکسیژنی (ROS)، و فعالیت آنزیمی کاتالاز (CAT)، و گلوتاتیون S-ترانسفراز (GST) تایید کننده آن بود. هم‌چنین، میزان AST وALT (مارکرهای نکروز کبدی) در خون رت‌های تحت استرس افزایش یافت. پیش‌تیمار با عصاره‌های یونجه زرد باعث کاهش در میزان بیومارکرهای استرس اکسیداتیو و مارکرهای نکروز کبدی در مقایسه با گروه‌های شاهد مربوطه شدند. در این میان اثربخشی پیش‌تیمار با غلظت ۸۰ از عصاره گیاه نسب به سایر غلظت‌ها بهتر و مشهودتر بود. رویهم‌رفته، کاربرد عصاره یونجه زرد می‌تواند موجب تعدیل آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از استرس بی‌حرکتی در کبد مدل‌های جانوری گردد.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان‌ها، بی‌حرکتی، درمان استرس، کبد، گیاه دارویی.

Effect of hydro-alcoholic extract of yellow alfalfa (*Melilotus officinalis*) on oxidative stress biomarkers induced by immobility in rat liver

Mehran Arabi*[1], Bahman Aghakhani[1]
1. Dept. of Animal Sciences, Faculty of Basic Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
* *Corresponding Author: mehranarabi@hotmail.com*

Abstract

Antioxidants are protecting the body against oxidative stress caused by free radicals. Enriched-antioxidants medicinal plants are used to protect animal's body against oxidative damages. Being immobilized is known as a physiological stressor influences the biological functions in organism. In the current study, the possible protective effect of hydro-alcoholic extract of yellow alfalfa (*Melilotus officinalis*) on immobilization-induced oxidative stress biomarkers in rat liver was evaluated. Immobilization was induced by use of restraint device (2 hr/day, 3 weeks). Rats were randomly divided into four groups including: pseudo-control (sham: under stress receiving normal saline) and three experimental groups (under stress receiving plant extract at doses 20, 40, & 80 mg/kg b.w. (1 ml via IP route, 30 min prior to stress). Following 3 weeks, the liver homogenates were made and the levels of oxidative stress biomarkers were evaluated. Data revealed that upon immobilization stress, oxidative stress was induced in rat liver as illustrated by increases in free radicals (ROS), catalase (CAT), and glutathione S-transferase (GST) levels. In addition, AST and ALT levels (liver necrosis markers) in blood were augmented. A pre-treatment with *M. officinalis* extracts caused a decline in oxidative stress biomarkers and liver necrosis markers compared to relative control groups. Here, pre-treatment with concentration 80 of plant extract was prominent than others. Taken together, application of *M. officinalis* extract could ameliorate the stress-induced oxidative damages in the liver of animal models.

Keywords: Antioxidants, Immobilization, Stress treatment, Liver, Medicinal plant.

اثرات *Ginkgo Biloba* L. در مدیریت زوال عقل و آسیب شناختی

مهناز قوسی*
گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
*نویسنده مسئول: Ghowsi.mahnaz@gmail.com; Ghaousi.mahnaz@razi.ac.ir

چکیده

شیوع نقایص شناختی از جمله اختلالات شناختی خفیف و زوال عقل در سراسر جهان در حال افزایش است. عصاره گیاه جینکوبیلوبا (*Ginkgo Biloba* L.) حاوی فلاونوئیدها، ترپن لاکتون‌ها و اسیدهای جینگولیک است. از عصاره این گیاه به عنوان یک عامل درمانی برای اختلالات حافظه و زوال عقل استفاده شده است. با این‌حال، برخی مطالعات گزارش داده‌اند که عصاره این گیاه بر زوال عقل خفیف تا متوسط تأثیر ندارد. این مطالعه مروری به بررسی اثرات محافظت کننده عصبی احتمالی عصاره‌های این گیاه می‌پردازد. جستجو با کلمات کلیدی جینکو بیلوبا، شناخت و زوال عقل در پایگاه داده‌های Google Scholar و MEDLINE–PubMed انجام شد. یافته‌های مختلف نشان داد که عصاره جینکو بیلوبا می‌تواند بر سطوح انتقال‌دهنده‌های عصبی تأثیر بگذارد و انعطاف‌پذیری عصبی را افزایش داده و از ادم مغزی جلوگیری کند و دارای اثرات محافظت کننده عصبی است و ممکن است برای درمان نقایص شناختی در بیماری آلزایمر، زوال عقل پیری و اسکیزوفرنی مفید باشد. برخی از مکانیسم‌های ممکن برای این اثرات، افزایش جریان خون مغزی و اثرات ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی است که به لاکتون‌های فلاون و ترپن نسبت داده می‌شود. فلاونوئیدهایی مانند کوئرستین و میریستین موجود در این عصاره می‌توانند تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) را کاهش داده و بیان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش دهند. این عصاره با کاهش سطح کلسترول آزاد در گردش، تولید بتاآمیلوئید (Aβ) در مغز را کاهش می‌دهد. با این حال، انجام مطالعات کارآزمایی بالینی بیشتری مورد نیاز است.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، داروی گیاهی، جینکو بیلوبا، زوال عقل، عملکرد شناختی

مقدمه

مطالعات حاکی از افزایش روز افزون خطر ابتلا به نقایص‌شناختی در افراد است. نقایص شناختی شامل آسیب خفیف شناختی و زوال عقل (دمانس) است. یکی از شایع‌ترین بیماریهای نورودژنراتیو در انسان‌ها بیماری آلزایمر است که با تغییرات شناختی و از دست دادن حافظه همراه است (Singh et al., 2019). بیماری آلزایمر اصلی‌ترین دلیل زوال عقل در جمعیت سالمند جهان است و مهم‌ترین دلیل ناتوانی در آنان است. در واقع تظاهرات و شاخص‌های آلزایمر فراتر از آسیب‌های شناختی است و شامل چالش‌هایی در فعالیت‌های روزمره، الگوهای خواب نامنظم و حتی تغییرات در شخصیت و خلق و خو است.

در سال‌های اخیر استفاده از داروها و درمان‌های گیاهی و نیز فراورده‌های طبیعی مشتق از گیاهان توجه زیادی را به خود جلب کرده است. ساقه، ریشه، برگ و دانه گیاهان دارویی حاوی مواد مهم فراوانی هستند که می‌توانند به پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌ها کمک کنند. افراد می‌توانند در کنار طب مدرن، از طب سنتی و گیاهان دارویی به‌طور هم‌زمان استفاده کنند. جینکوبیلوبا (کُهَن‌دار) با نام علمی *Ginkgo biloba* L. یک گونه از خانواده Ginkgoaceae

است. این گیاه دارویی از بازدانگان ژاپن، چین و کره می‌باشد. امروزه این گیاه در محدوده‌های وسیعی از کشورها شامل نیوزیلند، برزیل، هلند، شیلی، انگلیس، اسپانیا، آلمان، هند و بسیاری از مناطق دیگر رشد می‌کند. عصاره این گیاه، دارای اثرات ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌آپوپتوزی است. از این گیاه دارویی برای درمان بیماری‌های مختلفی مثل سردرد، سرگیجه، اختلالات خلقی، بیماری‌های قلبی-عروقی استفاده شده است. همچنین، از عصاره استاندارد شده این گیاه (EGb 761) برای بهبود حافظه و جلوگیری از نقایص شناختی استفاده می‌شود. علی‌رغم تأکید بسیاری از مطالعات در مورد اثرات مفید مصرف عصاره این گیاه در درمان زوال عقل و نقصان شناختی، نتایج مطالعات در این زمینه بحث برانگیز هستند. هدف از این مقاله مروری بررسی خواص گیاه دارویی جینکو بیلوبا و تأثیر آن بر عملکرد شناختی و زوال عقل است.

مواد و روش‌ها

جستجوی منابع علمی چاپ شده به زبان انگلیسی در پایگاه داده‌های Google scholar و MEDLINE–PubMed با استفاده از کلمات کلیدی *Ginkgo biloba*، cognition، extract، Alzheimer، dementia انجام شد و مقالات چاپ شده در بازه زمانی ۲۰۲۵-۲۰۰۰ که موضوع آنها تأثیراحتمالی جینکو بیلوبا بر حافظه و شناخت و آلزایمر بود، انتخاب شدند.

نتایج و بحث

از عصاره استاندارد این گیاه (EGb 761) برای درمان علامتی نارسایی مغزی که بر اثر پیری طبیعی یا دمانس دژنراتیو، دمانس عروقی، یا مخلوطی از اشکال این دو اتفاق می‌افتد، استفاده شده است (DeFeudis and Drieu 2000). اجزای اصلی فعال در EGb 761 فلاونوئیدها و ترپنوئیدها هستند. این عصاره استاندارد شده برگ‌های جینکوبیلوبا حاوی ۶ درصد ترپنوئیدها، ۲۴ درصد گلیکوزیدهای فلاونوئیدی (حاوی کوئرستین، کامفرول، ایزورامنتین و...) و ۱۰-۵ درصد اسیدهای ارگانیک است (Singh et al., 2019). اجزای این عصاره (فلاونوئید، بیلوبالید، جینکوگلیدها) اثرات فارماکولوژیکی خود را از طریق عبور کردن از سد خونی-مغزی اعمال می‌کنند (Madgula et al., 2010). عصاره این گیاه دارای اثرات ضد استرس است و ممکن است شناخت را تقویت کرده و رئولوژی خون و متابولیسم بافتی را بهبود دهد و اثرات مخرب ایسکمی را کاهش دهد. عصاره این گیاه دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی و فعالیت‌های پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد است. گزارش شده که مصرف این عصاره گیاهی، از بین رفتن گیرنده‌های موسکارینی و 5-HT1A و رسپتورهای آدرنرژیک آلفا-۱ که بر اثر پیری ایجاد می‌شود را برطرف می‌کند و در برابر مرگ نورونی ایسکمیک، محافظت کننده است و از سیستم فیبرهای خزنده (mossy fibers) هیپوکامپ محافظت می‌نماید و موجب مهار کاهش بیان گیرنده‌های گلوکورتیکوئیدی هیپوکامپ می‌شود و پلاستیسیتی نورونی را تقویت می‌کند. ترکیبات فلاونوئیدی در ایجاد اثرات آنتی‌اکسیدانی و پاکسازی کننده رادیکال آزاد عصاره EGb 761 دخیل هستند و سطوح بافتی گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) را کاهش می‌دهند و پراکسیداسیون لیپیدی غشا را مهار می‌کنند (DeFeudis and Drieu, 2000). عصاره‌های این گیاه می‌تواند بر سطوح نوروترانسمیترها اثر گذاشته و پلاستیسیتی عصبی را تقویت کند و از ادم مغزی جلوگیری نماید و اثرات محافظت کننده نورونی دارد.برخی از اثرات پیشنهاد شده در مورد تأثیرات مفید این گیاه دارویی برای درمان آسیب‌های شناختی در جدول ۱ آورده شده‌اند (جدول ۱).

جدول ۱. مکانیسم‌های پیشنهاد شده برای تأثیر جینکوبیلوبا بر آسیب‌های شناختی و حافظه

محافظت از نورون‌ها از طریق اثرات آنتی‌اکسیدانی: Ginkgolide A می‌تواند 8-hydroxy-2′-deoxyguanosine (8-OHdG) که یک مارکر استرس اکسیداتیو پس از التهاب ناشی از تروما است را مهار کند (Zhu et al., 2024)؛ مصرف جینکوبیلوبا با کاهش تشکیل و اثرات ROS از طریق مهار فعال‌سازی NADPH اکسیداز و کاهش بیان MAPK و کمپلکس AP-1 همراه است (Zonouz, Rahbardar et al., 2024)
تعدیل سطوح سروتونین (5-HT) در قشر مغز (Rojas et al., 2004)
تاثیر بر عملکرد کولینرژیک: تیمار جوندگان با جینکوبیلوبا فراموشی القاء شده با اسکوپولامین را کاهش داد و عملکرد شناختی را بهبود بخشید (Winter, 1991)
کاهش بیان سایتوکاین‌های پیش التهابی مثل IL-1، IL-6 و TNF-α (Jiao et al., 2007)
افزایش تعداد نورون‌های نوزاد، شاخه‌های دندریتیک و تراکم خارهای دندریتیک در موش‌های مدل آلزایمر 5xFAD (Ge et al., 2021)

نشان داده شده که مصرف این گیاه دارویی به میزان ۸۰ تا ۷۲۰ میلی گرم در روز به مدت ۲ هفته تا دوسال می‌تواند در درمان نقایص شناختی در آلزایمر، دمانس وابسته به پیری، و اسکیزوفرنی مفید باشد. مکانیسم‌های اثر احتمالی آن از جمله اثرات آن در افزایش جریان خون مغزی و نیز، اثرات ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی آن می‌تواند به فلاون و لاکتون‌های ترپنی نسبت داده شود (Diamond and Bailey, 2013). مشاهده شده که مصرف طولانی مدت عصاره این گیاه قادر است عملکرد شناختی در بیماران دچار زوال عقل خفیف را بهبود دهد (Liu, Ye et al., 2020). علاوه بر این، مصرف این عصاره با کاهش سطوح کلسترول آزاد در گردش، میزان تولید آمیلوئید بتا در مغز را پایین می‌آورد (Yao et al., 2004). با این‌حال، برخی مطالعات گزارش کرده‌اند که عصاره این گیاه هیچ اثری بر زوال عقل خفیف تا متوسط ندارد (McCarney et al., 2008). یک مطالعه متاآنالیز، اثرات عصاره EGb 761 بر بیماران مبتلا به آسیب شناختی و زوال عقل را بررسی کرد و نتایج آن نشان داد که مصرف EGb761 با دوز ۲۴۰ میلی‌گرم در روز به مدت ۲۶-۲۲ هفته، کاهش شناخت، عملکرد، رفتار و تغییرات کلی را متوقف کرد یا آهسته نمود (Tan et al., 2014).

نتیجه‌گیری

علی‌رغم آن‌که در مطالعات مختلف، شواهد متعددی در مورد اثرات مفید عصاره این گیاه در مدیریت آسیب‌های شناختی ارائه شده است اما، برخی مطالعات و کارآزمایی‌های بزرگتر گزارش کرده‌اند که عصاره این گیاه، آسیب شناختی یا بیماری آلزایمر در بین افراد پیرتر را کاهش نمی‌دهد. هم چنین این عصاره، پیری شناختی در افراد با شناخت نرمال یا آسیب شناختی متوسط را کم نمی‌کند. برای مثال گزارش شده که جینکو بیلوبا در جلوگیری یا آهسته تر کردن روند زوال عقل در افراد بالاتر از ۷۵ سال کارآمد نیست (DeKosky et al., 2008). درکل، نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهند که از عصاره برگ‌های گیاه دارویی جینکوبیلوبا به عنوان یک داروی گیاهی در درمان آسیب‌های حافظه و زوال عقل شامل بیماری آلزایمر استفاده می‌شود. این گیاه حاوی فلاونوئیدها، ترپن لاکتون‌ها و جینکگولیک اسیدهاست. در حالی‌که مطالعات زیادی به اثرات مفید آن در بهبود عملکرد شناختی اشاره کرده‌اند اما برخی مطالعات و کارآزمایی‌های با مقیاس بزرگ، تفاوت معناداری را گزارش نکرده‌اند. به هر حال شاید مصرف این داروی گیاهی همراه با داروهای شیمیایی مرسوم مورد استفاده در درمان بیماری‌های شناختی و بیماری آلزایمر دارای اثرات مفید جانبی

باشد. کارآزمایی‌های با مقیاس بزرگ بیشتری در این زمینه لازم است تا نقش عصاره این گیاه دارویی و دوز مناسب و طول دوره مصرف و عوارض جانبی احتمالی آن در مدیریت زوال عقل و آسیب‌های شناختی مشخص گردد.

منابع

DeKosky, S. T., Williamson, J. D., Fitzpatrick, A. L., Kronmal, R. A., Ives, D. G., Saxton, J. A., ... & Ginkgo Evaluation of Memory (GEM) Study Investigators. (2008). Ginkgo biloba for prevention of dementia: a randomized controlled trial. *Jama*, *300*(19), 2253-2262.

Diamond, B. J., & Bailey, M. R. (2013). Ginkgo biloba: indications, mechanisms, and safety. *The Psychiatric clinics of North America*, *36*(1), 73-83.

Ge, W., Ren, C., Xing, L., Guan, L., Zhang, C., Sun, X., ... & Qun, S. (2021). Ginkgo biloba extract improves cognitive function and increases neurogenesis by reducing Aβ pathology in 5× FAD mice. *American journal of translational research*, *13*(3), 1471.

Jiao, Y. B., Rui, Y. C., Yang, P. Y., Li, T. J., & Qiu, Y. (2007). Effects of Ginkgo biloba extract on expressions of IL-1beta, TNF-alpha, and IL-10 in U937 foam cells. *Yao xue xue bao= Acta pharmaceutica Sinica*, *42*(9), 930-934.

Liu, H., Ye, M., & Guo, H. (2020). An updated review of randomized clinical trials testing the improvement of cognitive function of Ginkgo biloba extract in healthy people and Alzheimer's patients. *Frontiers in Pharmacology*, *10*, 509513.

Madgula, V. L., Avula, B., Yu, Y. B., Wang, Y. H., Tchantchou, F., Fisher, S., ... & Khan, S. I. (2010). Intestinal and blood-brain barrier permeability of ginkgolides and bilobalide: in vitro and in vivo approaches. *Planta medica*, *76*(06), 599-606.

McCarney, R., Fisher, P., Iliffe, S., van Haselen, R., Griffin, M., van der Meulen, J., & Warner, J. (2008). Ginkgo biloba for mild to moderate dementia in a community setting: a pragmatic, randomised, parallel-group, double-blind, placebo-controlled trial. *International Journal of Geriatric Psychiatry: A journal of the psychiatry of late life and allied sciences*, *23*(12), 1222-1230.

Rojas, P., Rojas, C., Ebadi, M., Montes, S., Monroy-Noyola, A., & Serrano-García, N. (2004). EGb761 pretreatment reduces monoamine oxidase activity in mouse corpus striatum during 1-methyl-4-phenylpyridinium neurotoxicity. *Neurochemical research*, *29*(7), 1417-1423.

Singh, S. K., Srivastav, S., Castellani, R. J., Plascencia-Villa, G., & Perry, G. (2019). Neuroprotective and antioxidant effect of Ginkgo biloba extract against AD and other neurological disorders. *Neurotherapeutics*, *16*(3), 666-674.

Tan, M. S., Yu, J. T., Tan, C. C., Wang, H. F., Meng, X. F., Wang, C., ... & Tan, L. (2014). Efficacy and adverse effects of ginkgo biloba for cognitive impairment and dementia: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Alzheimer's disease*, *43*(2), 589-603.

Winter, E. (1991). Effects of an extract of Ginkgo biloba on learning and memory in mice. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, *38*(1), 109-114.

Yao, Z. X., Han, Z., Drieu, K., & Papadopoulos, V. (2004). Ginkgo biloba extract (Egb 761) inhibits β-amyloid production by lowering free cholesterol levels. *The Journal of nutritional biochemistry*, *15*(12), 749-756.

Zhu, L., Li, Z., Sheng, L., Zhang, F., & Ji, W. (2024). Ginkgolide A attenuated apoptosis via inhibition of oxidative stress in mice with traumatic brain injury. *Heliyon*, *10*(2).

Zonouz, A. M., Rahbardar, M. G., & Hosseinzadeh, H. (2024). The molecular mechanisms of ginkgo (Ginkgo biloba) activity in signaling pathways: A comprehensive review. *Phytomedicine*, *126*, 155352.

The Effects of *Ginkgo Biloba* L. in the Management of Dementia and Cognitive Impairment

Mahnaz Ghowsi*
Department of Biology, Razi University, Kermanshah, Iran
*Corresponding Author: Ghowsi.mahnaz@gmail.com;Ghaousi.mahnaz@razi.ac.ir

Abstract

The prevalence of cognitive defects including mild cognitive impairment and dementia is increasing worldwide. The *Ginkgo biloba* L. plant extract contains flavonoids, terpene lactones, and ginkgolic acids. In some studies, the extract of this plant has been used as a therapeutic agent for memory impairments and dementia. However, some studies have reported that the extract of this plant has no effect on mild to moderate dementia. This review study evaluated the possible neuroprotective effects of extracts of this herbal plant. The search was done by keywords Ginkgo biloba, cognition, and dementia in the Google Scholar and MEDLINE–PubMed databases. Various findings showed that *Ginkgo biloba* L. extract can affect the levels of neurotransmitters and increase neural plasticity and prevent cerebral edema and has neuroprotective effects and may be useful for treatment of cognitive defects in Alzheimer's disease, senile dementia, and schizophrenia. Some possible mechanisms for these actions are an increase in cerebral blood flow and anti-inflammatory and antioxidant effects that are attributed to flavone and terpene lactones. The flavonoids such as quercetin and myricetin in this extract can reduce the reactive oxygen species (ROS) production and increase expression of antioxidant enzymes. This extract lowers the Aβ production in the brain by reducing the circulating levels of free cholesterol. However, more clinical trial studies are needed.

Keywords: Antioxidant, Cognitive function, Dementia, *Ginkgo biloba*, Herbal medicine

شناسایی مهارکننده‌های سیکلواکسیژناز-۲ از ترکیبات گیاه بومادران (*Achillea millefolium L.*) با استفاده از روش داکینگ مولکولی

علیرضا بالائی [۱]، امیرعباس برزگری [۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی، گروه زیست شناسی، دانشگاه مراغه، مراغه

۲- استادیار، گروه زیست شناسی دانشگاه مراغه، مراغه

* نویسنده مسئول: Abarzegari@maragheh.ac.ir

چکیده

آنزیم سیکلو اکسیژناز-۲ یکی از آنزیم‌های مهم در التهاب است. هدف از پژوهش حاضر شناسایی ترکیبات گیاه بومادران به‌عنوان مهارکننده‌های بالقوه آنزیم سیکلواکسیژناز-۲ (COX-2) با استفاده از داکینگ مولکولی بود. ساختار سه‌بعدی COX-2 کد (PDB: 5KIR) از پایگاه داده پروتئین (https://www.rcsb.org/) دریافت و با نرم‌افزار Chimera آماده‌سازی شد. ترکیبات فعال بومادران از پایگاه داده فیتوشیمیایی دکتر دوک استخراج شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار PyRx داکینگ مولکولی ترکیبات گیاه با آنزیم سیکلواکسیژناز دو انجام شد. شش لیگاند برتر بر اساس میل ترکیبی انتخاب و خواص فارماکوکینتیکی آن‌ها با SwissADME و سمیت آن‌ها با ProTox-II تحلیل شد. نتایج داکینگ نشان داد که LUTEOLIN-7-O-BETA-D-GLUCOPYRANOSIDE با میل ترکیبی -۱۱,۲ کیلوکالری بر مول قوی‌ترین تعامل را با COX-2 دارد، پس از آن APIGENIN-GLUCOSIDE (-10.8) و FOLACIN/FOLIC-ACID (-10.7) قرار دارند. با این حال، اکثر لیگاندها به دلیل وزن مولکولی بالا (۴۴۸,۳۸–۶۱۰,۵۲ دالتون) و TPSA زیاد (190.28–269.43 Å²)، جذب گوارشی پایین و نقض قوانین لیپینسکی خواص دارویی نداشتند. ترکیب FOLACIN/FOLIC-ACID حلالیت بهتری نشان داد، اما سمیت کلیوی و ریوی نشان می‌دهند. این مطالعه پتانسیل ترکیبات بومادران را برای مهار COX-2 تأیید می‌کند، اما با توجه به خصوصیات فارماکوکینتیک و سمیت آنها، این ترکیبات قابلیت معرفی به عنوان داروی ضد التهاب را ندارند.

واژه‌های کلیدی: بومادران، داکینگ مولکولی، سیکلواکسیژناز-۲، فارماکوکینتیک، سمیت

مقدمه

آنزیم سیکلواکسیژناز-۲ (COX-2) نقش کلیدی در فرآیندهای التهابی بدن ایفا می‌کند و مهار آن یکی از استراتژی‌های اصلی در درمان بیماری‌های التهابی مانند آرتریت روماتوئید و دردهای مزمن است(Ferrer et al., 2019). گیاه بومادران (*Achillea millefolium*) به دلیل دارا بودن ترکیبات فعال زیستی مانند فلاونوئیدها و ترپنوئیدها، به‌عنوان منبعی غنی برای کشف داروهای ضدالتهابی شناخته شده است(Nemeth & Bernath, 2008). این ترکیبات به دلیل منشأ طبیعی و عوارض جانبی کمتر نسبت به داروهای سنتزی مانندcelecoxib ، توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند (Cui & Jia, 2021). داکینگ مولکولی به‌عنوان ابزاری قدرتمند در کشف دارو، امکان بررسی تعاملات مولکولی بین ترکیبات و آنزیم هدف را فراهم می‌کند (Chaudhary & Mishra, 2016). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که فلاونوئیدهای موجود در گیاهان دارویی، مانند لوتئولین و آپیژنین، می‌توانند به‌طور مؤثری COX-2 را مهار کنند

(Ribeiro et al., 2015). با این حال، اطلاعات محدودی درباره پتانسیل مهاری ترکیبات گیاه بومادران علیه COX-2 وجود دارد. هدف از این پژوهش، شناسایی ترکیبات بالقوه مهارکننده COX-2 از گیاه بومادران با استفاده از داکینگ مولکولی، تحلیل فارماکوکینتیکی و ارزیابی سمیت بود جهت یافتن ترکیبات ضد التهابی با خواص دارو مانندی بود.

مواد و روش‌ها

برای انجام این مطالعه، ساختار سه‌بعدی آنزیم سیکلواکسیژناز-۲ (COX-2) با کد PDB: 5KIR از پایگاه داده پروتئین (www.rcsb.org) دریافت شد(Protein Data Bank, 2023). آماده‌سازی پروتئین با استفاده از نرم‌افزار UCSF Chimera (نسخه ۱,۱۶) انجام گرفت. این فرآیند شامل حذف مولکول‌های آب و لیگاندهای غیرضروری موجود در ساختار اولیه بود. سپس، اتم‌های هیدروژن به ساختار پروتئین اضافه شدند تا پیوندهای شیمیایی تکمیل شود. پس از آن، بارهای الکتریکی به آمینواسیدهای پروتئین تخصیص داده شد تا شرایط فیزیولوژیک (pH 7.4) شبیه‌سازی شود. در نهایت، انرژی با استفاده از روش گرادیان مزدوج مینیمایز شد تا پایداری ساختار پروتئین تضمین شود. ساختار نهایی پروتئین از نظر یکپارچگی و صحت با بررسی بصری و تحلیل انرژی اعتبارسنجی شد تا برای داکینگ مولکولی آماده باشد.

ترکیبات فعال گیاه بومادران (*Achillea millefolium*) از پایگاه داده فیتوشیمیایی و قوم‌گیاه‌شناسی دکتر دوک استخراج شدند(Dr. Duke's…, 2023) . این پایگاه داده شامل اطلاعات گسترده‌ای از متابولیت‌های ثانویه بومادران، از جمله فلاونوئیدهایی مانند لوتئولین، آپیژنین و مشتقات گلیکوزیدی آن‌ها بود. ساختارهای شیمیایی لیگاندها از سایت PubChemدانلود شدند. برای آماده‌سازی لیگاندها، ابتدا با استفاده از نرم‌افزار PyRx مینیمایزاسیون انرژی انجام شد تا ساختارهای سه‌بعدی بهینه شوند. سپس، لیگاندها در PyRx برای داکینگ مولکولی آماده شدند. سپس، داکینگ مولکولی با استفاده از نرم‌افزار PyRx (نسخه ۰,۸) انجام شد

خواص فارماکوکینتیکی لیگاندهای منتخب با استفاده از ابزار آنلاین SwissADME بررسی شد. این ابزار پارامترهای کلیدی مانند وزن مولکولی(MW)، سطح قطبی توپولوژیک(TPSA)، لگاریتم ضریب توزیع(Consensus LogP)، حلالیت در آب(ESOL)، جذب گوارشی (GI absorption) و تعداد نقض قوانین لیپینسکی را برای هر لیگاند محاسبه کرد. این تحلیل به‌منظور ارزیابی قابلیت دارویی ترکیبات، از جمله زیست‌فراهمی و توانایی عبور از موانع بیولوژیکی، انجام شد.

پیش‌بینی سمیت لیگاندهای برتر با استفاده از پلتفرم ProTox-II انجام گرفت. این ابزار برای ارزیابی چندین endpoint سمیت، از جمله سمیت کبدی، سرطان‌زایی، جهش‌زایی و سمیت ایمونولوژیک، استفاده شد. برای هر لیگاند، احتمال قرارگیری در کلاس‌های خطر (I تا V) بررسی شد تا پروفایل ایمنی ترکیبات مشخص شود. این تحلیل به شناسایی ترکیباتی با کمترین عوارض جانبی بالقوه کمک کرد.

داده‌های به‌دست‌آمده از داکینگ (میل ترکیبی و RMSD)، تحلیل فارماکوکینتیکی (مانند LogP، حلالیت و جذب گوارشی) و پیش‌بینی سمیت به‌صورت کمی و کیفی مقایسه شدند. معیارهای اصلی شامل میل ترکیبی برای ارزیابی قدرت مهار، پارامترهای فارماکوکینتیکی برای بررسی قابلیت دارویی و پروفایل سمیت برای اطمینان از ایمنی ترکیبات بود. این تحلیل‌ها به‌منظور شناسایی ترکیبات بومادران با پتانسیل بالا برای مهار COX-2 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج داکینگ مولکولی ترکیبات گیاه بومادران (*Achillea millefolium*) علیه آنزیم COX-2 کد (PDB: 5KIR) در جدول ۱ ارائه شده است. شش لیگاند برتر بر اساس میل ترکیبی انتخاب شدند-*LUTEOLIN-7-O-BETA-D*

GLUCOPYRANOSIDE. با میل ترکیبی -۱۱,۲ کیلوکالری بر مول قوی‌ترین تعامل را با COX-2 نشان داد، پس از آن *APIGENIN-GLUCOSIDE*(10.8- کیلوکالری بر مول)، *FOLACIN/FOLIC-ACID* (10.7-کیلوکالری بر مول)، *LUTEOLIN-7-GLUCOSIDE* (10.6-کیلوکالری بر مول)، *RUTIN*(۱۰,۴- کیلوکالری بر مول) و *SWERTISIN* (۱۰,۰- کیلوکالری بر مول) قرار داشتند. مقادیر RMSD برای این لیگاندها نشان‌دهنده پایداری پیکربندی‌های داکینگ بود، به‌طوری‌که مقادیر RMSD/lb و RMSD/ub در محدوده قابل قبولی قرار داشتند.

جدول ۱. نتایج داکینگ مولکولی شش لیگاند برتر در برابر COX-2 (کدPDB: 5KIR)

لیگاند	میل ترکیبی (کیلوکالری بر مول)	RMSD/ub	RMSD/lb
LUTEOLIN-7-O-BETA-D-GLUCOPYRANOSIDE	-۱۱/۲	0	0
APIGENIN-GLUCOSIDE	-۱۰/۸	0	0
FOLACIN	-۱۰/۷	۰	۰
FOLIC-ACID	-۱۰/۷	۰	۰
LUTEOLIN-7-GLUCOSIDE	-۱۰/۶	۰	۰
RUTIN	-۱۰/۴	۰	۰

خواص فارماکوکینتیکی شش لیگاند برتر با استفاده از SwissADME در جدول ۲ خلاصه شده است. مولکول‌های ۱، ۲، ۵ و ۶ (فلاونوئیدهای گلیکوزیده) دارای وزن مولکولی بالا (۴۴۸,۳۸ تا ۶۱۰,۵۲ دالتون) و سطح قطبی توپولوژیک (TPSA) بین ۱۹۰,۲۸ تا ۲۶۹,۴۳ آنگستروم مربع بودند. این ترکیبات جذب گوارشی پایینی داشتند و ۲ تا ۳ مورد نقض قوانین لیپینسکی را نشان دادند. در مقابل، مولکول‌های ۳ و ۴ (احتمالاً FOLACIN/FOLIC-ACI) با وزن مولکولی ۴۴۱,۴ دالتون، حلالیت بهتر (ESOL Log S: -1.61 ، بسیار محلول) و دو مورد نقض لیپینسکی داشتند، اما همچنان جذب گوارشی پایینی نشان دادند. مولکول ۵ بالاترین LogP ترکیبی (۰,۱۵) را داشت، که نشان‌دهنده لیپوفیلیسیته بهتر اما حلالیت ضعیف‌تر (ESOL Log S: -3.65) بود.

جدول ۲. نتایج پیش‌بینی پارامترهای فارماکوکینتیک و فیزیکوشیمیایی مولکول‌های مورد مطالعه با استفاده از SwissADME. 1- قواعد Lipinski (لیپینسکی) شامل وزن مولکولی <۵۰۰ دالتون، LogP<5، پیوندهای دهنده هیدروژنی <۵ و پذیرنده هیدروژنی <۱۰ است. نقض آن‌ها جذب گوارشی را محدود می‌کند. ۲- قواعد Ghose (گوز) شامل وزن مولکولی ۱۶۰–۴۸۰ دالتون، LogP بین -۰,۴ تا ۵,۶ و تعداد اتم‌ها ۲۰–۷۰ است. نقض آن‌ها زیست‌فراهمی را کاهش می‌دهد.

پارامتر	مولکول ۱	مولکول ۲	مولکول ۳	مولکول ۴	مولکول ۵	مولکول ۶
فرمول مولکولی	$C_{27}H_{30}O_{16}$	$C_{26}H_{28}O_{14}$	$C_{19}H_{19}N_7O_6$	$C_{19}H_{19}N_7O_6$	$C_{21}H_{20}O_{11}$	$C_{27}H_{30}O_{16}$
جرم مولکولی (g/mol)	۶۱۰,۵۲	۵۶۴,۴۹	۴۴۱,۴۰	۴۴۱,۴۰	۴۴۸,۳۸	۶۱۰,۵۲
تعداد اتم‌های سنگین	۴۳	۴۰	۳۲	۳۲	۳۲	۴۳
حلالیت - (mg/ml) ESOL	۰,۶۰۵	۳,۰۱	۱۰,۹	۱۰,۹	۰,۱۰۱	۰,۳۰۸
کلاس حلالیت (ESOL)	محلول	محلول	بسیار محلول	بسیار محلول	محلول	محلول
Log P (میانگین)	۱,۴۶-	۱,۵۴-	۰,۳۶-	۰,۳۶-	۰,۱۵	۱,۵۱-
سطح – TPSA (Å²) قطبی کل	۲۶۹,۴۳	۲۵۰,۹۷	۲۱۳,۲۸	۲۱۳,۲۸	۱۹۰,۲۸	۲۶۹,۴۳

ادامه جدول ۲

پارامتر	مولکول ۱	مولکول ۲	مولکول ۳	مولکول ۴	مولکول ۵	مولکول ۶
جذب گوارشی (GI)	پایین	پایین	پایین	پایین	پایین	پایین
نفوذ به BBB (سد خونی-مغزی)	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر
سوبسترا Pgp (پمپ افلاکس)	بله	بله	خیر	خیر	بله	بله
مهارکننده CYP (سیتوکروم P450)	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
تخلفات Lipinski[1]	۳	۳	۲	۲	۲	۳
تخلفات قواعد Ghose[2]	۴	۳	۰	۰	۰	۴
امتیاز زیست‌فراهمی	۰,۱۷	۰,۱۷	۰,۱۱	۰,۱۱	۰,۱۷	۰,۱۷
سهولت سنتز (Synthetic Accessibility)	۶,۴۰	۶,۱۸	۳,۴۳	۳,۴۳	۵,۱۷	۶,۵۲

پیش‌بینی سمیت با استفاده از پلتفرم ProTox-II انجام شد (Banerjee et al., 2018). فلاونوئیدهای گلیکوزیده (LUTEOLIN-7-O-BETA-D-GLUCOPYRANOSIDE، APIGENIN-GLUCOSIDE، LUTEOLIN-7-GLUCOSIDE و RUTIN) عموماً سمیت پایینی داشتند که با منشأ طبیعی آن‌ها در بومادران سازگار است. مولکول‌های FOLACIN و FOLIC-ACID نیز سمیت کبدی قابل‌توجهی نشان ندادند، اما به دلیل فعال بودن در برخی نقاط پایانی سمیت (مانند سمیت عصبی)، نیاز به بررسی‌های تجربی بیشتر دارند. هیچ‌یک از لیگاندها سمیت سرطان‌زایی یا جهش‌زایی قابل‌توجهی نداشتند.

جدول ۳. نتایج سمیت لیگاند ها. مولکول ۱ تا ۶ به ترتیب بر اساس جدول ۱ از بالا به پایین.

دسته‌بندی	هدف	مولکول ۱	مولکول ۲	مولکول ۳	مولکول ۴	مولکول ۵	مولکول ۶
سمیت اندام‌ها	سمیت کبدی	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال
	سمیت عصبی	غیرفعال	غیرفعال	فعال	فعال	غیرفعال	غیرفعال
	سمیت کلیوی	فعال	فعال	فعال	فعال	فعال	فعال
	سمیت تنفسی	فعال	فعال	فعال	فعال	فعال	فعال
نقاط پایانی سمیت	سمیت قلبی	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال
	سرطان‌زایی	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال
	سمیت ایمنی	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	فعال
	سد خونی-مغزی	غیرفعال	فعال	فعال	فعال	غیرفعال	غیرفعال
مسیرهای سیگنالینگ هسته‌ای	گیرنده آریل هیدروکربن	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال
	گیرنده آندروژن	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال
	گیرنده استروژن آلفا	غیرفعال	فعال	فعال	فعال	غیرفعال	غیرفعال
مسیرهای پاسخ به استرس	فسفوپروتئین p53	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	فعال	غیرفعال
متابولیسم	سیتوکروم CYP1A2	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال
	سیتوکروم CYP3A4	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال	غیرفعال

نتایج داکینگ نشان می‌دهد که *LUTEOLIN -7-O-BETA-D-GLUCOPYRANOSIDE* با میل ترکیبی -۱۱,۲ کیلوکالری بر مول، قوی‌ترین مهارکننده بالقوه COX-2 است. این میل ترکیبی در مقایسه با مهارکننده‌های شناخته‌شده مانند celecoxib (حدود -۱۰ کیلوکالری بر مول) نشان‌دهنده پتانسیل رقابتی این ترکیب است. با این حال، وزن مولکولی بالا (۶۱۰,۵۲ دالتون) و TPSA زیاد (۲۶۹,۴۳ آنگستروم مربع) این ترکیب منجر به جذب گوارشی پایین و نقض سه قانون لیپینسکی شده است (جدول ۱)، که قابلیت دارویی آن را محدود می‌کند (Daina et al., 2017). FOLACIN/FOLIC-ACID با میل ترکیبی -۱۰,۷ کیلوکالری بر مول و حلالیت بهتر، گزینه متعادلی ارائه داد، اما خطر سمیت کبدی آن ممکن است چالش‌ساز باشد.

جذب گوارشی پایین در اکثر لیگاندهای برتر، احتمالاً به دلیل TPSA بالا (<190 آنگستروم مربع)، یک محدودیت کلیدی است که در فلاونوئیدهای گلیکوزیده رایج است(Daina et al., 2017) . این یافته نشان می‌دهد که استراتژی‌هایی مانند طراحی خوراکی یا استفاده از نانوذرات برای بهبود زیست‌فراهمی ضروری است. نکته جالب توجه این است که *FOLACIN/FOLIC-ACID* با وجود حلالیت بهتر، به دلیل ساختار پتریدینی خود ممکن است خطر سمیت کبدی داشته باشد، که با مطالعات قبلی درباره ترکیبات مشابه همخوانی دارد (Hazrati et al., 2024). این موضوع نیاز به تحقیقات بیشتر، از جمله آزمایش‌های in vitro وin vivo، را برای تأیید ایمنی و اثربخشی این ترکیبات برجسته می‌کند.

نتیجه‌گیری

این مطالعه پتانسیل ترکیبات گیاه بومادران را به عنوان مهار کننده‌های قدرتمند آنزیم سیکلواکسیژناز-۲ و داشتن خواص ضد التهابی تایید می‌کند، اما با توجه به نقص‌های فارماکوکینتیکی و سمیت نسبی این ترکیبات، امکان معرفی آنها به عنوان دارو مانند وجود ندارد.

منابع

Chaudhary, K. K., & Mishra, N. (2016). A review on molecular docking: novel tool for drug discovery. *Databases*, *3*(4), 1029.

Cui, J., & Jia, J. (2021). Natural COX-2 inhibitors as promising anti-inflammatory agents: an update. *Current medicinal chemistry*, *28*(18), 3622-3646.

Ferrer, M. D., Busquets-Cortés, C., Capó, X., Tejada, S., Tur, J. A., Pons, A., & Sureda, A. (2019). Cyclooxygenase-2 inhibitors as a therapeutic target in inflammatory diseases. *Current medicinal chemistry*, *26*(18), 3225-3241.

Nemeth, E., & Bernath, J. (2008). Biological activities of yarrow species (Achillea spp.). *Current pharmaceutical design*, *14*(29), 3151-3167.

Ribeiro, D., Freitas, M., Tomé, S. M., Silva, A. M., Laufer, S., Lima, J. L., & Fernandes, E. (2015). Flavonoids inhibit COX-1 and COX-2 enzymes and cytokine/chemokine production in human whole blood. *Inflammation*, *38*(2), 858-870.

Identification of COX-2 Inhibitors from Achillea millefolium Using Molecular Docking method

Ali-Reza Balaei[1], Amir Abbas Barzegari[2]*
1. Bachelor's Degree, Department of Biology, University of Maragheh, Maragheh, Iran
2. Assistant Professor, Department of Biology, University of Maragheh, Maragheh, Iran
*Corresponding Author: Abarzegari@maragheh.ac.ir

Abstract

Cyclooxygenase-2 is an important enzyme in inflammation. This study aimed to identify potential cyclooxygenase-2 (COX-2) inhibitors from *Achillea millefolium* using molecular docking. The 3D structure of COX-2 (PDB: 5KIR) was retrieved from the Protein Data Bank (https://www.rcsb.org/) and prepared using UCSF Chimera. Active compounds of yarrow were extracted from Dr. Duke's Phytochemical Database. Then, molecular docking of plant compounds with cyclooxygenase II enzyme was performed using PyRx software. Six ligands were selected based on binding affinity. Then, their pharmacokinetic properties and toxicity were evaluated using SwissADME and ProTox-II, respectively. Molecular docking results revealed that LUTEOLIN-7-O-BETA-D-GLUCOPYRANOSIDE exhibited the highest binding affinity (-11.2 kcal/mol), followed by APIGENIN-GLUCOSIDE (-10.8 kcal/mol) and FOLACIN/FOLIC-ACID (-10.7 kcal/mol). However, most ligands showed low gastrointestinal absorption and violated 2–3 Lipinski's rules due to high molecular weight (448.38–610.52 Da) and TPSA (190.28–269.43 Å²). FOLACIN/FOLIC-ACID demonstrated better solubility but potential nephrotoxicity. This study confirms the potential of yarrow compounds to inhibit COX-2, but due to their pharmacokinetic and toxicity properties, these compounds cannot be introduced as anti-inflammatory drugs.

Keywords: Achillea millefolium, molecular docking, cyclooxygenase-2, pharmacokinetics, toxicity

بررسی تاثیر توسعه مدل بومی کشت قراردادی برای گیاهان دارویی با رویکرد عدالت زنجیره‌ای و امنیت غذایی در استان سمنان

ابوالقاسم رهبری*
گروه فناوری کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: Abolghasem.rahbari@gmail.com

چکیده

در دهه‌های اخیر، کشت قراردادی به عنوان یکی از ابزارهای کارآمد برای بهبود بهره‌وری، کاهش ریسک‌های بازار و تقویت امنیت غذایی مطرح شده است. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر توسعه یک مدل بومی کشت قراردادی برای گیاهان دارویی با تأکید بر عدالت زنجیره‌ای و امنیت غذایی انجام شده است. روش تحقیق ترکیبی (کیفی–کمی) و به شیوه توصیفی–تحلیلی طراحی شده و اطلاعات از طریق مصاحبه با خبرگان، پرسش‌نامه‌های ساخت‌یافته و تحلیل زنجیره تأمین جمع‌آوری گردید. مطالعه موردی بر دو گونه مهم گیاه دارویی، زعفران و گل‌گاوزبان در استان سمنان (منطقه دامغان و شاهرود) متمرکز شده است. یافته‌ها نشان داد که پیاده‌سازی مدل بومی‌شده کشت قراردادی، نه تنها موجب افزایش اعتماد بین کشاورز و خریدار نهایی شده، بلکه سبب کاهش نوسانات قیمت، بهبود کیفیت محصول، و ارتقاء دسترسی پایدار به نهاده‌ها و بازار فروش گردیده است. در این میان، رعایت عدالت در توزیع ارزش افزوده در طول زنجیره (از تولید تا فرآوری و صادرات) نقش اساسی در پایداری اقتصادی و اجتماعی تولیدکنندگان خرد دارد. همچنین، مدل پیشنهادی توانست با ارتقاء سطح درآمد خانوارهای روستایی و کاهش وابستگی به واردات برخی داروهای گیاهی، به تحقق امنیت غذایی و دارویی ملی کمک کند. در پایان، الگویی بومی برای کشت قراردادی پیشنهاد شد که بر پایه اصول شفافیت، تعهدات متقابل، مشوق‌های دولتی، و پیوند با صنایع دانش‌بنیان طراحی شده و قابلیت تعمیم به سایر مناطق کشور را نیز داراست.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی، توسعه روستایی، زعفران، زنجیره تأمین بومی، عدالت زنجیره‌ای، کشت قراردادی گیاهان دارویی

Investigating the impact of developing a local model of contract cultivation for medicinal plants with a chain justice and food security approach in Semnan Province

Abolghasem rahbari*
1. Department of Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran
*Corresponding Author: abolghasem.rahbari@gmail.com

Abstract

In recent decades, contract farming has been proposed as an efficient tool for improving productivity, reducing market risks, and enhancing food security. This study aimed to investigate the impact of developing a local contract farming model for medicinal plants with an emphasis on chain justice and food security. The research method was designed as a mixed (qualitative-quantitative) descriptive-analytical method, and data were collected through interviews with experts, structured questionnaires, and supply chain analysis. A case study focused on two important medicinal plant species, saffron and marigold in Semnan province (Damghan and Shahrood regions). The findings showed that the implementation of the localized contract farming model not only increased trust between the farmer and the final buyer, but also reduced price fluctuations, improved product quality, and promoted sustainable access to inputs and sales markets. In the meantime, observing justice in the distribution of added value along the chain (from production to processing and export) plays a fundamental role in the economic and social sustainability of small producers. Also, the proposed model was able to contribute to national food and pharmaceutical security by improving the income level of rural households and reducing dependence on imports of some herbal medicines. Finally, a local model for contract farming was proposed that is designed based on the principles of transparency, mutual obligations, government incentives, and linkages with knowledge-based industries and has the potential to be generalized to other regions of the country.

Keywords: Food security, rural development, saffron, indigenous supply chain, chain justice, contract cultivation of medicinal plants

بررسی کاربرد نانوکپسوله‌سازی اسانس آویشن در افزایش ماندگاری و ایمنی زیستی فرآورده‌های دارویی و غذایی

ابوالقاسم رهبری*
گروه فناوری کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: Abolghasem.rahbari@gmail.com

چکیده

با توجه به تقاضای روزافزون برای استفاده از ترکیبات طبیعی به‌ویژه اسانس‌های گیاهی در صنایع دارویی و غذایی، محدودیت‌هایی نظیر تبخیر بالا، ناپایداری در برابر نور و حرارت، و کاهش اثربخشی زیستی باعث شده است که بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، به‌ویژه نانوکپسوله‌سازی، به‌عنوان راهکاری مؤثر مطرح گردد. در این پژوهش، کاربرد نانوکپسوله‌سازی اسانس آویشن (*Thymus vulgaris*) به‌منظور افزایش ماندگاری، ایمنی زیستی و پایداری عملکردی این ترکیب در فرآورده‌های غذایی و دارویی مورد بررسی قرار گرفته است. اسانس آویشن به‌دلیل خواص آنتی‌میکروبیال و آنتی‌اکسیدانی قوی، یکی از پرکاربردترین اسانس‌ها در صنایع طبیعی محسوب می‌شود. با استفاده از روش نانوکپسوله‌سازی به کمک پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر مانند کیتوزان یا آلژینات، امکان رهایش کنترل‌شده ترکیبات مؤثره، کاهش نرخ تبخیر، افزایش مقاومت در برابر شرایط محیطی، و افزایش طول عمر مفید محصول نهایی فراهم شده است. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که در مقایسه با فرم آزاد اسانس، نمونه نانوکپسوله‌شده باعث کاهش ۸۳٪ رشد باکتری *E. coli*، افزایش ۶۴٪ پایداری آنتی‌اکسیدانی، و افزایش ۵۲٪ طول عمر مفید در شرایط نگهداری ۲۵ درجه سلسیوس و ۶۰٪ رطوبت نسبی گردید.

همچنین در آزمون حسی، پذیرش کلی نمونه‌های نانوکپسوله‌شده با میانگین امتیاز ۸٫۲ از ۹، به‌طور معناداری بالاتر از گروه کنترل (۶٫۵) بود ($p < 0.05$). یافته‌های این مقاله می‌تواند به ارتقاء فناوری‌های فرآوری گیاهان دارویی، کاهش استفاده از نگهدارنده‌های شیمیایی مضر، و تقویت ایمنی غذایی مصرف‌کنندگان کمک نماید. در نهایت، نانوکپسوله‌سازی اسانس‌ها به‌عنوان روشی مؤثر برای توسعه محصولات سالم و پایدار، در زنجیره ارزش گیاهان دارویی پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اسانس آویشن، ایمنی زیستی، رهایش کنترل‌شده، فرآورده‌های دارویی، فرآورده‌های غذایی، فناوری نانو، ماندگاری، نانوکپسوله‌سازی

Investigating the application of nanoencapsulation of thyme essential oil in increasing the shelf life and biosafety of pharmaceutical and food products

Abolghasem rahbari*
Department of Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran
*Corresponding Author: abolghasem.rahbari@gmail.com

Abstract

Due to the increasing demand for the use of natural compounds, especially plant essential oils, in the pharmaceutical and food industries, limitations such as high evaporation, instability to light and heat, and reduced biological effectiveness have led to the use of modern technologies, especially nanoencapsulation, as an effective solution. In this study, the application of nanoencapsulation of thyme essential oil (Thymus vulgaris) has been investigated in order to increase the shelf life, biosafety, and functional stability of this compound in food and pharmaceutical products. Thyme essential oil is one of the most widely used essential oils in natural industries due to its strong antimicrobial and antioxidant properties. By using the nanoencapsulation method with the help of biodegradable polymers such as chitosan or alginate, it is possible to achieve controlled release of active compounds, reduce the evaporation rate, increase resistance to environmental conditions, and increase the useful life of the final product. The results of the experiments showed that compared to the free form of the essential oil, the nanoencapsulated sample caused an 83% reduction in E. coli growth, a 64% increase in antioxidant stability, and a 52% increase in shelf life under storage conditions of 25 °C and 60% relative humidity.

Also, in the sensory test, the overall acceptance of the nanoencapsulated samples with an average score of 8.2 out of 9 was significantly higher than the control group (6.5) ($p < 0.05$). The findings of this paper can help to improve medicinal plant processing technologies, reduce the use of harmful chemical preservatives, and enhance consumer food safety. Finally, nanoencapsulation of essential oils is proposed as an effective method for developing healthy and sustainable products in the medicinal plant value chain.

Keywords: Thyme essential oil, biosafety, controlled release, pharmaceutical products, food products, nanotechnology, shelf life, nanoencapsulation

گیاهان دارویی موثر در اختلالات رحمی در طب سنتی ایران، مروری بر منابع معتبر و داده‌های دارویی

فاطمه ربیع زاده*
گروه زیست، پردیس فرزانگان، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
*نویسنده مسئول: f.rabizade@semnan.ac.ir

چکیده

در این پژوهش، با هدف شناسایی و تحلیل گیاهان دارویی مؤثر در درمان اختلالات رحمی، منابع معتبر طب سنتی نظیر مخزن‌الادویه و تقویم الابدان مورد بررسی قرار گرفتند نتایج نشان داد که ۹۷ گونه گیاهی متعلق به ۳۹ خانواده شناسایی شدند که بیشترین تنوع مربوط به خانواده‌های Apiaceae و Asteraceae بود. ویژگی مشترک اغلب این گیاهان، مزاج گرم و خشک آن‌ها بود که در درمان اختلالاتی با منشأ سردی و رطوبت رحم کاربرد دارند. برخی گیاهان پرکاربرد نظیر *Foeniculum vulgare*، *Nigella sativa* و *Crocus sativus* نه تنها در منابع طب سنتی ذکر شده‌اند، بلکه شواهد علمی نوین نیز اثرات دارویی آن‌ها را تأیید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: اختلالات زنان، داروهای گیاهی، رحم، طب سنتی ایران، مزاج

مقدمه

طب سنتی ایران (Traditional Persian Medicine; TPM) با پیشینه‌ای کهن و ساختاری منسجم، همواره نقش برجسته‌ای در پیشگیری و درمان بیماری‌ها ایفا کرده است. در این نظام طبی، سلامت زنان و به‌ویژه عملکرد رحم، جایگاه ویژه‌ای دارد؛ به‌گونه‌ای که اختلالات رحمی نه‌تنها به‌عنوان بیماری‌های موضعی، بلکه به‌مثابه نشانه‌ای از برهم خوردن تعادل کلی بدن تلقی مطابق اصول مزاج‌شناسی، رحم نیز مانند سایر اعضا دارای مزاج خاص خود بوده و درمان اختلالات آن بر بازگرداندن تعادل حرارت و رطوبت استوار است (Sultana & Rahman, 2022).

مطالعه‌ی متون کهن مانند *مخزن‌الادویه* و *تقویم الابدان* نشان می‌دهد که برای طیف گسترده‌ای از اختلالات رحمی، نسخه‌های گیاهی مختلفی پیشنهاد شده است (Aghili Khorasani, 2009; Ibn Jazlah, 2007). با وجود این پشتوانه غنی، اطلاعات نظام‌مند و علمی درباره‌ی تنوع گیاهان دارویی مورد استفاده، مزاج آن‌ها، و شواهد داروشناسی مرتبط با این درمان‌ها همچنان محدود است. پژوهش حاضر در راستای پر کردن این خلأ، به شناسایی و طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی مورد استفاده در طب سنتی ایران برای درمان بیماری‌های رحمی پرداخته و سعی دارد آن‌ها را با شواهد علمی نوین تطبیق دهد (Rahimi et al., 2010; Rabizadeh et al., 2024).

مواد و روش‌ها

برای گردآوری داده‌های این مطالعه، ابتدا متون کلاسیک طب سنتی ایران شامل *مخزن‌الادویه* (عقیلی خراسانی، ۲۰۰۹) و *تقویم الابدان* (ابن جزله، ۲۰۰۷) به‌صورت دستی و نظام‌مند مورد بررسی قرار گرفتند. در این منابع، واژگان

مرتبط با اختلالات رحمی همچون «رحم»، «بیماری‌های زنان»، «قاعدگی»، «ترشحات رحم» و «عفونت‌های زنان» به‌عنوان کلیدواژه‌های اصلی در فرآیند جستجو به کار گرفته شد.

گونه‌های گیاهی‌ای که مستقیماً برای درمان بیماری‌های رحمی ذکر شده بودند، استخراج و نام علمی آن‌ها با منابع معتبر گیاه‌شناسی (مانند Ghahraman & Okhovat, 2002) تطبیق داده شد. سپس مشخصات هر گونه از جمله نام سنتی، نام علمی، خانواده گیاهی، مزاج، و اندام مورد استفاده در درمان ثبت شد.

در مرحله دوم، به‌منظور بررسی شواهد داروشناسی، گیاهان منتخب در پایگاه‌های علمی PubMed، Scopus و Web of Science مورد جستجو قرار گرفتند. برای هر گیاه، مقالات علمی مرتبط با ترکیبات فعال، اثرات فارماکولوژیک (مانند خواص ضدالتهابی، ضداسپاسم، تنظیم‌کننده هورمون‌ها، و تقویت رحم) و ایمنی آن بررسی شد.

داده‌ها به‌صورت کیفی و توصیفی، با استفاده از تحلیل محتوای متون، بررسی شده و اطلاعات مربوط به گیاهان در جداول دسته‌بندی گردید.

نتایج و بحث

در این مطالعه، تعداد ۹۷ گونه گیاهی متعلق به ۳۹ خانواده مختلف، که در طب سنتی ایران جهت درمان بیماری‌های رحمی به‌کار می‌روند، شناسایی شد. فراوانی مربوط به خانواده‌های چتریان (Apiaceae)، کاسنیان (Asteraceae) و نعنائیان (Lamiaceae) بود که نشان‌دهنده نقش برجسته این خانواده‌ها در درمان مشکلات رحمی است.

بر اساس نتایج، حدود ۷۱٪ از این گیاهان دارای مزاج گرم و خشک بودند. این یافته با منطق درمانی طب سنتی ایران سازگار است؛ چرا که مزاج سرد و مرطوب رحم از جمله عوامل مؤثر در بروز اختلالات رحمی به‌شمار می‌رود و مصرف گیاهان گرم و خشک برای تعادل‌بخشی توصیه می‌شود.

گیاهان شاخصی مانند رازیانه (*Foeniculum vulgare*)، سیاه دانه(*Nigella sativa*)، زیره (*Cuminum cyminum*) و زعفران (*Crocus sativus*)به دلیل اثرات شناخته‌شده ضدالتهابی، تنظیم‌کننده هورمونی، آنتی‌اکسیدانی و تقویت‌کننده رحم در مطالعات علمی مدرن مورد تأیید قرار گرفته‌اند(Badgujar et al., 2014; Ahmad et al., 2013). همچنین، برخی گونه‌ها مانند سداب (*Ruta graveolens*) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) اثرات بارزی در تحریک انقباضات رحمی و تنظیم چرخه قاعدگی نشان داده‌اند که با کاربردهای سنتی آن‌ها مطابقت دارد. با این حال، برخی گونه‌ها نظیر *Aristolochia spp.* به‌دلیل سمیت بالقوه و عوارض جدی گزارش‌شده، نیازمند بررسی‌های دقیق‌تر در زمینه ایمنی و دوز مصرفی هستند تا از بروز خطرات احتمالی پیشگیری شود (Smith, M., 2003).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان‌دهنده پتانسیل قابل‌توجه طب سنتی ایران در ارائه راهکارهای طبیعی و مؤثر برای درمان اختلالات رحم است. بسیاری از این گیاهان دارای پشتوانه‌های معتبر داروشناسی و علمی هستند که می‌تواند زمینه‌ساز توسعه فرآورده‌های دارویی طبیعی برای اختلالات رحمی شود.

منابع

Aghili Shirazi, S., 2009. Makhzan Al-adviyah (the Storehouse of medicaments). Tehran: Tehran University of Medical Sciences.

Ahmad, A., Husain, A., Mujeeb, M., Khan, S.A., Najmi, A.K., Siddique, N.A., Damanhouri, Z.A. and Anwar, F., 2013. A review on therapeutic potential of Nigella sativa: A miracle herb. Asian Pacific journal of tropical biomedicine, 3(5), pp.337-352.

Avicenna. (2005). The Canon of Medicine (Translated by Laleh Bakhtiar). Beirut: Dar Ehia al-Torath al-Arabi.

Badgujar, S.B., Patel, V.V. and Bandivdekar, A.H., 2014. Foeniculum vulgare Mill: a review of its botany, phytochemistry, pharmacology, contemporary application, and toxicology. BioMed research international, 2014(1), p.842674.

Debelle, F.D., Vanherweghem, J.L. and Nortier, J.L., 2008. Aristolochic acid nephropathy: a worldwide problem. Kidney international, 74(2), pp.158-169.

Rabizadeh, F. and Mirian, M.S., 2024. The Classification of Medicinal Plants used in Traditional Persian Medicine for the Treatment of Liver Disease based on Phytochemical Properties. Journal of Medicinal plants and By-products, 13(2), pp.257-284.

Rahimi, R., Shams-Ardekani, M.R., & Abdollahi, M. (2010). A review of the efficacy of traditional Iranian medicine for uterine disorders. Journal of Ethnopharmacology, 132(2), 519–528.

Smith, M., 2003. Therapeutic applications of fenugreek. Alternative Medicine Review, 8(1), pp.20-27.

Sultana, A. & Rahman, K. (2022). Evaluation of General Body Temperament in Amenorrhea. Journal of Complementary and Integrative Medicine, 19(2), 455–465

Tubbs, R.S., Loukas, M., Shoja, M.M., Ardalan, M. and Oakes, W.J., 2008. Ibn Jazlah and his 11th century accounts (Taqwim al-abdan fi tadbir al-insan) of disease of the brain and spinal cord: Historical vignette. Journal of Neurosurgery: Spine, 9(3), pp.314-317.

Medicinal Plants Effective in Uterine Disorders in Traditional Iranian Medicine: A Review of Credible Sources and Pharmacological Data

Fatemeh Rabizadeh*
Department of Biology, Farzanegan Campus, University of Semnan, Semnan, Iran
Corresponding author: f.rabizade@semnan.ac.ir

Abstract

This study focuses on identifying and classifying medicinal plants used in Traditional Persian Medicine (TPM) for the treatment of uterine disorders and gynecological conditions. Classical sources, such as the 18th-century Makhzan al-Adviyeh and Taqwim al-Abdan, were examined to extract medicinal plants traditionally prescribed for gynecological issues. The analysis identified 97 plant species across 39 distinct botanical families. The most frequently cited families were Apiaceae and Asteraceae. Most plants were classified as having a "hot and dry" temperament according to TPM, aligning with traditional approaches to counteract cold and moist uterine conditions. Key species such as *Foeniculum vulgare*, *Nigella sativa*, and *Crocus sativus* were among the most frequently recommended for treating uterine dysfunctions. These findings underscore the therapeutic value of TPM-based medicinal plants and support their further investigation for pharmacological applications in women's reproductive health.

Keywords: medicinal plant, uterus, traditional Persian medicine, herbal temperament, women's reproductive health

بررسی مدل‌سازی زنجیره تأمین و ارزش افزوده در تولید تجاری اسانس‌های گیاهان دارویی بومی ایران

عبداله شبستانی*[۱]، ابوالقاسم رهبری[۱]
۱- گروه فناوری کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: A.shabestani1352@gmail.com

چکیده

با افزایش تقاضای جهانی برای فرآورده‌های طبیعی و گیاه‌پایه، اهمیت تولید تجاری و پایدار اسانس‌های گیاهان دارویی بیش از پیش نمایان شده است. ایران به‌واسطه شرایط اقلیمی متنوع و برخورداری از گونه‌های بومی متعدد، یکی از کشورهای مستعد در تولید و صادرات گیاهان دارویی محسوب می‌شود؛ اما نبود انسجام در زنجیره تأمین، ضعف در فناوری‌های استخراج و فرآوری، و عدم بهره‌برداری مناسب از ظرفیت‌های بازار موجب کاهش ارزش افزوده و بهره‌وری اقتصادی این بخش شده است. هدف این پژوهش، بررسی و مدل‌سازی زنجیره تأمین اسانس‌های گیاهان دارویی بومی ایران و شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر ارتقای ارزش افزوده در این زنجیره می‌باشد. روش تحقیق به‌صورت ترکیبی انجام شد. ابتدا از طریق مطالعات میدانی و مصاحبه با کارشناسان، اجزای اصلی زنجیره از کاشت، برداشت و فرآوری تا بسته‌بندی و بازاریابی استخراج گردید. سپس با بهره‌گیری از روش تحلیل سلسله‌مراتبی(AHP) و مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها، ارتباط و تأثیر متغیرهای کلیدی بر عملکرد اقتصادی زنجیره تحلیل شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که استفاده از فناوری‌های نوین استخراج، توسعه خوشه‌های محلی، استانداردسازی، آموزش بهره‌برداران، و دسترسی پایدار به بازارهای داخلی و خارجی از مهم‌ترین راهکارهای افزایش بهره‌وری و سودآوری زنجیره تأمین اسانس‌های گیاهی است. نتایج این پژوهش می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای تدوین سیاست‌ها و راهبردهای کارآفرینانه و صادرات‌محور در این حوزه مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ارزش افزوده، اسانس گیاهان دارویی، تجاری‌سازی، زنجیره تأمین، فرآوری، مدل‌سازی

Study of supply chain modeling and added value in commercial production of essential oils of indigenous Iranian medicinal plants

Abdolah shabestani[1]* , Abolghasem rahbari[1]
1. Department of Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran
*Corresponding Author: a.shabestani1352@gmail.com

Abstract

With the increasing global demand for natural and plant-based products, the importance of commercial and sustainable production of essential oils of medicinal plants has become more and more evident. Iran is considered one of the countries prone to the production and export of medicinal plants due to its diverse climatic conditions and the presence of numerous native species; however, the lack of coherence in the supply chain, weakness in extraction and processing technologies, and the lack of proper utilization of market capacities have led to a decrease in the added value and economic productivity of this sector. The aim of this research is to investigate and model the supply chain of essential oils of native medicinal plants of Iran and identify the key factors affecting the promotion of added value in this chain. The research method was conducted in a mixed manner. First, through field studies and interviews with experts, the main components of the chain from planting, harvesting and processing to packaging and marketing were extracted. Then, using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method and systems dynamics modeling, the relationship and impact of key variables on the economic performance of the chain were analyzed. The findings show that the use of modern extraction technologies, the development of local clusters, standardization, training of operators, and sustainable access to domestic and foreign markets are among the most important strategies for increasing the productivity and profitability of the essential oils supply chain. The results of this research can be used as a basis for formulating entrepreneurial and export-oriented policies and strategies in this area.

Keywords: added value, Essential oils of medicinal plants, commercialization, supply chain, processing, modeling

بهینه‌سازی استخراج گل محمدی با بهره گیری از فناوری‌های سبز و ارزیابی کاربردهای آن در صنایع دارویی و غذایی

عبداله شبستانی*[1]، ابوالقاسم رهبری[1]
۱- گروه فناوری کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: A.shabestani1352@gmail.com

چکیده

گل محمدی به‌عنوان یکی از گیاهان دارویی و عطری ارزشمند، به دلیل ترکیبات فعال زیستی مانند فلاونوئیدها، اسانس‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی کاربرد گسترده‌ای دارد. استخراج بهینه نقش مهمی در حفظ کیفیت و افزایش کارایی فرآورده‌های نهایی ایفا می‌کند. فناوری‌های سبز نظیر استخراج با مایعات فوق بحرانی، استخراج اولتراسونیک و استخراج با امواج مایکروویو به‌عنوان روش‌هایی پایدار، اقتصادی و سازگار با محیط‌زیست برای بهبود راندمان و حفظ پایداری مواد فعال مطرح شده‌اند. هدف این پژوهش، بهینه‌سازی استخراج گل محمدی با بهره گیری از فناوری‌های سبز و ارزیابی کاربردهای آن در صنایع دارویی و غذایی است. در این مطالعه، نمونه‌های گل محمدی در دامغان جمع‌آوری شده و تحت سه روش استخراج قرار گرفتند. پارامترهای استخراج شامل دما، زمان و فشار بهینه‌سازی و میزان استخراج‌شده، پایداری و فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی بررسی گردید. نتایج نشان داد که استخراج با مایعات فوق بحرانی بیشترین راندمان را در حفظ ترکیبات فعال و خواص زیستی داشت، در حالی که استخراج اولتراسونیک زمان فرآیند را به‌طور قابل توجهی کاهش داد. استفاده از عصاره‌های استخراج شده در فرمولاسیون محصولات دارویی و نگهدارنده‌های طبیعی غذایی منجر به بهبود ماندگاری و کیفیت محصول نهایی گردید. این تحقیق می‌تواند راهگشای توسعه فرآورده‌های طبیعی، پایدار و با کارآفرینی بالا در حوزه گیاهان دارویی باشد.

واژه‌های کلیدی: استخراج، فناوری‌های سبز، گل محمدی، صنایع دارویی، صنایع غذایی

Optimization of Rosa damascena extraction using green technologies and evaluation of its applications in the pharmaceutical and food industries

Abdolah shabestani[1]* , Abolghasem rahbari[1]
1. Department of Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran
*Corresponding Author: a.shabestani1352@gmail.com

Abstract

Rosa damascena, as one of the valuable medicinal and aromatic plants, is widely used in the pharmaceutical, food and cosmetic industries due to its bioactive compounds such as flavonoids, essential oils and antioxidants. Optimal extraction plays an important role in maintaining the quality and increasing the efficiency of the final products. Green technologies such as supercritical fluid extraction, ultrasonic extraction and microwave extraction have been proposed as sustainable, economical and environmentally friendly methods to improve the efficiency and maintain the stability of active ingredients. The aim of this research is to optimize the extraction of Rosa damascena using green technologies and evaluate its applications in the pharmaceutical and food industries. In this study, Rosa damascena samples were collected in Damghan and subjected to three extraction methods. The extraction parameters including temperature, time and pressure were optimized and the extracted amount, stability and antioxidant and antimicrobial activity were investigated. The results showed that supercritical fluid extraction was most efficient in preserving active compounds and biological properties, while ultrasonic extraction significantly reduced the process time. The use of extracted extracts in the formulation of pharmaceutical products and natural food preservatives led to improved shelf life and quality of the final product. This research can pave the way for the development of natural, sustainable and highly entrepreneurial products in the field of medicinal plants.

Keywords: Extraction, Green Technologies, Rosa damascena, Pharmaceutical Industries, Food Industries

ارزیابی اتصال اسید گالیک به آلبومین سرم گاوی از طریق داکینگ ملکولی

مکرمه سهرابلی[۱]، صفیه آقازاده*[۱]، وحید محمدی[۲]، صدیقه اسکندری[۳]

۱- بخش بیوشیمی، گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- بخش بیماریهای داخلی و کلینکال پاتولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳- دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران

*نویسنده مسئول: s.aghazadeh@urmia.ac.ir

چکیده

گیاهان دارویی به واسطه دارابودن ترکیبات زیست فعال همچون آلکالوئیدها، فلاونوئیدها و ترکیبات فنولی، جایگاه ویژه‌ای در صنایع دارویی، غذایی و بهداشتی یافته‌اند. یکی از این ترکیبات مهم، اسید گالیک (GA) است که به دلیل ساختار فنلی خود و قابلیت مهار رادیکال‌های آزاد، از خواص آنتی‌اکسیدانی و درمانی برجسته‌ای برخوردار است. مطالعات نشان داده‌اند که GA در بیماری‌هایی که استرس اکسیداتیو نقش کلیدی دارد، مانند سرطان، بیماری‌های قلبی‌عروقی و فرآیند پیری، اثرات مفیدی از خود نشان می‌دهد. برای بهبود انتقال و پایداری این ترکیب در بدن، اغلب از پروتئین‌هایی نظیر آلبومین سرم گاوی[۱] بهره گرفته می‌شود که به دلیل شباهت ساختاری با آلبومین انسانی و توانایی اتصال برگشت‌پذیر به مولکول‌های زیستی، گزینه مناسبی به شمار می‌رود. در این پژوهش، تعامل میان GA و BSA با استفاده از شبیه‌سازی‌های داکینگ مولکولی مورد بررسی قرار گرفت. ساختارهای سه‌بعدی GA و BSA از پایگاه‌های داده معتبر استخراج و با نرم‌افزارهای تخصصی بهینه‌سازی شدند. نتایج حاصل نشان داد که GA عمدتاً از طریق پیوندهای هیدروژنی و نیروهای واندروالس به سایت فعال BSA متصل می‌شود. انرژی داکینگ به دست آمده برابر با 6.3- کیلوکالری بر مول بود که بیانگر وجود پیوندی پایدار و غیرکوالانسی میان این دو مولکول است. این یافته‌ها می‌تواند در توسعه کاربردهای دارویی ترکیبات پلی‌فنولی و طراحی سامانه‌های انتقال هدفمند مؤثر واقع شود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین- لیگاند، ترکیبات فنلی، مطالعات شبیه سازی بیوانفورماتیکی

مقدمه

گیاهان دارویی به واسطه حضور ترکیبات زیست‌فعال گیاهی، از اهمیت بسزایی در ارتقاء سلامت انسان برخوردارند. از مهم‌ترین این ترکیبات می‌توان به آلکالوئیدها، گلیکوزیدها، تانن‌ها، فلاونوئیدها و ترکیبات فنلی اشاره کرد. اسیدهای فنولیک متعددی از منابع گیاهی گزارش شده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به اسید فرولیک، اسید الاژیک، اسید سیناپیک، اسید کافئیک و سایر ترکیبات مشابه اشاره نمود. این ترکیبات به طور گسترده در صنایع غذایی، آرایشی-بهداشتی و دارویی کاربرد دارند و به عنوان جایگزین‌های طبیعی آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی مورد توجه قرار گرفته‌اند (Lafay and Gil-Izquierdo, 2008).

یکی از اسیدهای فنولیک شاخص، اسید گالیک[۲] است که در انواع سبزیجات، میوه‌ها، چای، قهوه و شراب به وفور یافت می‌شود. اسید گالیک یک ترکیب فنلی با ساختار شیمیایی اسید ۳،۴،۵-تری‌هیدروکسی بنزوئیک است که

1. Bovine serum albumin
2. Gallic acid

گروه‌های فنولی آن، منبعی برای اتم‌های هیدروژن محسوب می‌شوند و قابلیت به دام انداختن رادیکال‌های آزاد را دارند. علاقه‌مندی به این ترکیبات عمدتاً به دلیل نقش دارویی آن‌ها به عنوان جذب‌کننده رادیکال‌ها و خواص آنتی‌اکسیدانی آن‌هاست. شواهد علمی نشان داده‌اند که اسید گالیک دارای اثرات پیشگیرانه و درمانی بالقوه در بسیاری از بیماری‌هایی است که تنش اکسیداتیو در آن‌ها نقش دارد؛ از جمله بیماری‌های قلبی-عروقی، سرطان، اختلالات نورودژنراتیو و فرآیند پیری (Nayeem et al., 2016).

در سال‌های اخیر، پروتئین‌ها به دلیل ساختار شیمیایی ویژه و خواص عملکردی متنوع، به طور گسترده به عنوان حامل برای تثبیت و انتقال مولکول‌های فعال زیستی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مطالعات متعددی به بررسی برهم‌کنش مولکول‌های زیست‌فعال با آلبومین سرم انسانی پرداخته‌اند تا چشم‌انداز دقیقی از کاربرد این مولکول‌ها در صنایع غذایی و دارویی ارائه دهند. افزون بر این، آلبومین سرم گاوی (BSA) به دلیل همولوژی بالا (حدود ۷۶ درصد) و شباهت ساختاری سه‌بعدی با آلبومین انسانی، یکی از مدل‌های رایج در مطالعات بیوشیمیایی به شمار می‌رود. آلبومین سرم گاوی به عنوان یک پروتئین ناقل غیر اختصاصی، قادر است به مولکول‌های کوچکی مانند اسید گالیک متصل شود و کمپلکس‌هایی با میل ترکیبی بالا تشکیل دهد. این کمپلکس‌ها می‌توانند بر انتقال، توزیع و حذف مولکول‌های لیگاند از غشاهای زیستی تأثیرگذار باشند و مولکول‌های فعال را به نقاط هدف منتقل کنند تا اثرات زیستی خود را اعمال نمایند (Xu et al., 2023).

پروتئین آلبومین سرم گاوی (BSA) از ۵۸۳ اسید آمینه تشکیل شده است که در یک زنجیره پلی‌پپتیدی واحد به هم متصل شده‌اند و شامل ۱۷ ریشه سیستئین است که از طریق پیوندهای دی‌سولفیدی ساختار سه‌بعدی پروتئین را تثبیت می‌کنند. جرم مولکولی این پروتئین حدود ۶۶۴۰۰ دالتون می‌باشد. ساختار زنجیره اسید آمینه BSA شامل سه دمین همولوگ اما ساختاری متمایز با نام‌های I، II و III است که هر کدام به دو زیردمین A و B تقسیم شده‌اند و توسط پیوندهای دی‌سولفیدی به نه لوپ جداگانه تقسیم‌بندی می‌شوند. دو محل اصلی اتصال دارو در زیر دمین‌های IIIA و IIA قرار دارند. ساختار ثانویه این پروتئین عمدتاً شامل مارپیچ‌های آلفا (حدود ۷۴ درصد) است و بخش باقی‌مانده به صورت پیچ‌ها و مناطق انعطاف‌پذیر بین زیر دمین‌های BSA توزیع شده است آلبومین سرم گاوی به عنوان یک پروتئین ناقل غیر اختصاصی، قابلیت اتصال برگشت‌پذیر به انواع ترکیبات درون‌زا و برون‌زا مانند داروها، هورمون‌ها، زنوبیوتیک‌ها و اسیدهای چرب را دارد که این مواد پس از ورود به جریان خون، از طریق تشکیل کمپلکس با آلبومین سرم، انتقال و دفع می‌شوند (Jaldappagari et al., 2013).

یکی از ویژگی‌های کلیدی آلبومین‌ها، اتصال برگشت‌پذیر به مولکول‌های مختلف است که امکان تنظیم آزادسازی و انتقال کنترل‌شده آن‌ها را فراهم می‌آورد. این پروتئین معمولاً حلالیت ظاهری داروهای آبگریز را در پلاسما افزایش داده و بر گردش خون، متابولیسم و اثربخشی داروها تأثیرگذار است. میل ترکیبی دارو به پروتئین‌های پلاسما به طور مستقیم بر غلظت داروی آزاد در جریان خون و در نتیجه بر فعالیت بیولوژیکی آن تأثیر می‌گذارد؛ به طوری که اتصال ضعیف به پروتئین معمولاً منجر به طول عمر کوتاه‌تر و توزیع نامناسب دارو می‌شود، در حالی که اتصال قوی موجب کاهش غلظت داروی آزاد و کاهش اثرات دارویی می‌گردد، زیرا تنها بخش آزاد دارو مسئول فعالیت درمانی است. این ویژگی‌ها باعث شده‌اند که BSA به عنوان یک مدل استاندارد در مطالعات بیوشیمیایی و دارورسانی مورد استفاده قرار گیرد و نقش مهمی در انتقال، توزیع و پایداری داروها و سایر مولکول‌های زیستی ایفا کند (Topală *et al.*, 2014).

در این مطالعه، نحوه برهمکنش و مکانیسم اتصال بین GA و BSA با روش بیوانفورماتیکی مورد مطالعه قرار گرفت. شبیه‌سازی‌های داکینگ مولکولی برای درک جایگاه‌های اتصال اسید آمینه و انرژی‌های داکینگ برهمکنش‌های

بین GA و BSA به منظور ارائه بینش‌هایی در مورد مکانیسم برهمکنش بین پروتئین‌ها و پلی‌فنول‌ها در سطح مولکولی مورد استفاده قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

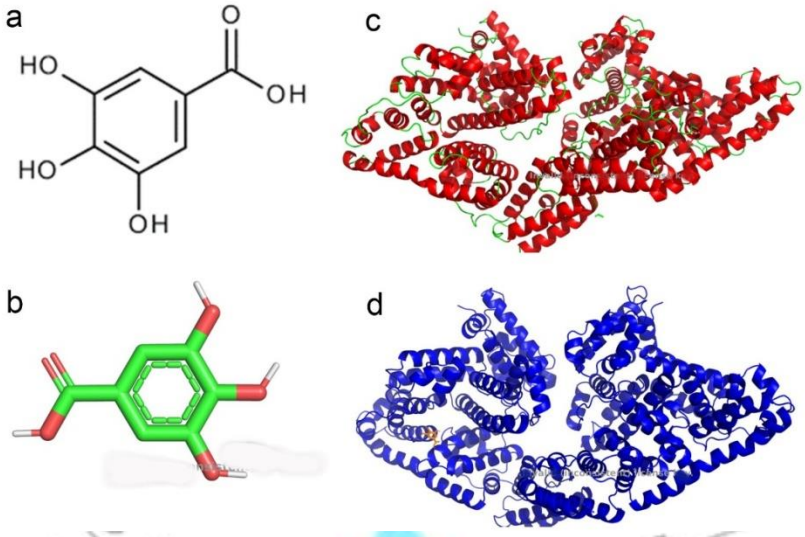
داکینگ مولکولی معمولاً برای آنالیز ساختار پروتئین‌ها، نحوه برهم کنش بین لیگاندها و پروتئین‌ها و نوع جایگاه‌های اتصال و نوع نیروهای دخیل استفاده می‌شود. ساختار GA ابتدا از پایگاه داده ی Pubchem دانلود شده و سپس با استفاده از نرم افزارهای Avogadro، Open Babel و Mgtools 1.5.7 آماده شد، سپس ساختار سه‌بعدی BSA از پایگاه داده PDB به دست آمد. ساختار BSA با استفاده از Mgtools 1.5.7 پردازش و بهینه سازی شد. سایت فعال پروتئین با استفاده از مقالات مربوطه و نرم افزار Pymol مشخص شد. شبیه‌سازی‌های داکینگ با استفاده از AutoDock Vina انجام شد تا میزان اتصال و حالت‌های برهم کنش بین GA و BSA پیش‌بینی شود. در ادامه، تجزیه و تحلیل دقیق‌تر داده‌ها با نرم‌افزار AutoDock و الگوریتم ژنتیکی لامارکی انجام شد، به طوری که با ۲۰ بار اجرای داکینگ، سایت‌های اتصال و نوع برهم کنش‌های موثر در تشکیل کمپلکس GA-BSA به صورت انعطاف‌پذیر شناسایی گردید. تحلیل سایت فعال پروتئین و پیش‌بینی نوع برهم‌کنش‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای PyMOL و PDBsum1 انجام گرفت.

نتایج و بحث

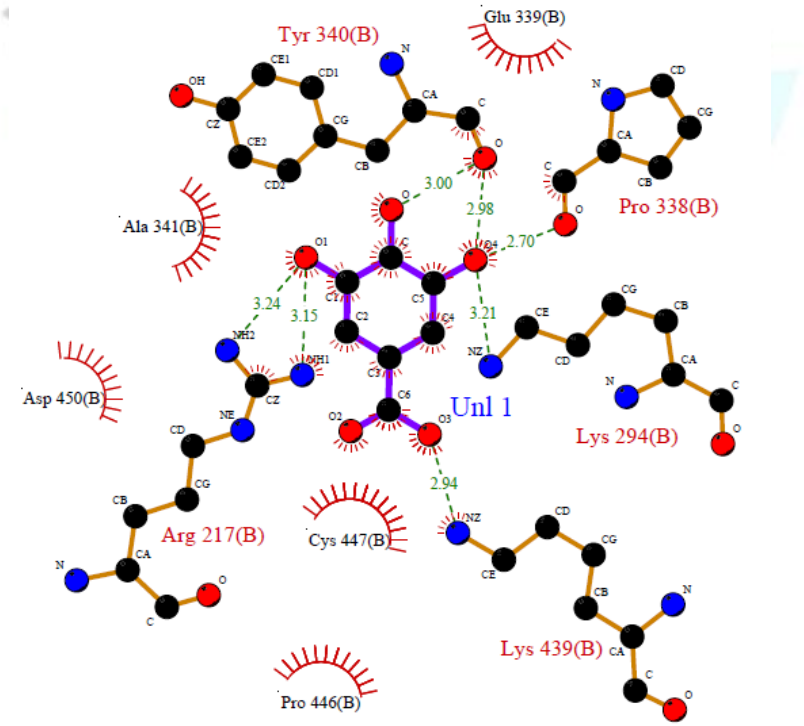
داکینگ مولکولی یک روش مؤثر برای بررسی برهم کنش‌های مولکولی است و می‌تواند اطلاعات بیشتری درباره‌ی برهم کنش بین GA و BSA ارائه دهد. بنابراین، برای بررسی بیشتر اثرات برهم کنش‌های GA و BSA از داکینگ مولکولی استفاده شد. شکل‌های 1a و 1b ساختار مولکولی GA را نشان می‌دهند. مولکول GA دارای گروه‌های هیدروکسیل زیادی است که اکسیژن و هیدروژن موجود در این گروه‌ها می‌توانند پیوندهای هیدروژنی تشکیل دهند. این پیوندهای هیدروژنی نقش مهمی در تثبیت اتصال بین GA و BSA دارند. همان‌طور که در شکل 1c نشان داده شده است، ساختار بهینه از نظر انرژی با تحلیل نتایج Vina انتخاب شد. تحلیل سایت فعال نشان داد که محل فعال BSA بین مارپیچ و پیچ‌خوردگی (convolution) قرار دارد و لیگاندهای مولکولی کوچک ممکن است در این محل فعال عمل کنند. شکل 1d حالت ترکیبی GA و BSA را شبیه‌سازی می‌کنند. GA عمدتاً از طریق نیروهای آب‌گریز و واندروالس وارد سایت فعال پروتئین هدف BSA می‌شود. بر روی مولکول GA گروه‌های هیدروکسیل فراوانی وجود دارد و همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، اکسیژن و هیدروژن موجود در این گروه‌ها می‌توانند ریشه‌های آمینواسیدی در سایت فعال BSA مانند Lys294، Lys439، Arg217، Tyr340، Pro338 و ... پیوند هیدروژنی برقرار کنند. این پیوندهای هیدروژنی علاوه بر نیروهای واندروالس و آب‌گریز، موجب افزایش پایداری اتصال شده و نقش کلیدی در تثبیت ساختار کمپلکس ایفا می‌کنند. این یافته‌ها با مطالعات مشابه در داکینگ مولکولی که نشان می‌دهد ترکیبات فنولی با گروه‌های هیدروکسیل متعدد می‌توانند از طریق پیوندهای هیدروژنی و نیروهای غیرکوالانسی به پروتئین‌ها متصل شوند و اثرات درمانی خود را اعمال کنند، همخوانی دارد (Xu et al., 2023).

حالت اتصال GA به پروتئین هدف BSA با استفاده از داکینگ مولکولی و با انرژی داکینگ برابر با -6.3 Kcal/mol شبیه‌سازی شد که نشان‌دهنده‌ی اتصال غیرکوالانسی به سایت فعال پروتئین است. این انرژی نشان‌دهنده‌ی یک اتصال غیرکوالانسی نسبتاً قوی و پایدار بین GA و سایت فعال BSA است که از نظر ترمودینامیکی مطلوب تلقی

می‌شود. این مقدار انرژی منفی، بیانگر تمایل بالای مولکول GA به اتصال به پروتئین هدف است که می‌تواند منجر به تثبیت کمپلکس و افزایش اثرات زیستی GA شود.



شکل ۱. داکینگ مولکولی. (a) ساختار مولکولی GA؛ (b) مدل ball-and-stick مولکول اسید گالیک (c) ساختار سه بعدی مولکول BSA (d) شبیه سازی ساختار سه بعدی اتصال GA و BSA



شکل ۲. دیاگرام شماتیک سایت برهم کنش GA-BSA و آمینواسیدهای متصل به GA در سایت فعال پروتئین

نتیجه‌گیری

در مجموع، داده‌های داکینگ مولکولی ارائه شده، پایه‌ای قوی برای توسعه سیستم‌های انتقال دارویی مبتنی بر GA و BSA فراهم می‌آورد و نشان می‌دهد که ترکیب این دو مولکول می‌تواند منجر به بهبود خواص فارماکولوژیک GA شود. با این حال، بدلیل محدویت‌های موجود در روش داکینگ ملکولی از جمله فرض ثابت پروتئین، پیچیدگی‌های شیمیایی لیگاند و نادیده گرفتن عوامل محیطی و شیمیایی، برای تأیید کامل این نتایج مطالعات تجربی و شبیه‌سازی‌های دینامیک مولکولی طولانی‌مدت (MD) پیشنهاد می‌شود تا پایداری و رفتار دینامیکی کمپلکس در شرایط فیزیولوژیکی به طور دقیق‌تر ارزیابی گردد.

منابع

Jaldappagari, S., Balakrishnan, S., Hegde, A. H., Teradal, N. L., & Narayan, P. S. (2013). Interactions of polyphenols with plasma proteins: insights from analytical techniques. *Current drug metabolism*, 14(4), 456-473.

Lafay, S., & Gil-Izquierdo, A. (2008). Bioavailability of phenolic acids. Phytochemistry Reviews, 7(2), 301-311.

Nayeem, N., Asdaq, S. M. B., Salem, H., & AHEl-Alfqy, S. (2016). Gallic acid: a promising lead molecule for drug development. *J. Appl. Pharm*, 8(2), 1-4.

Topală, T., Bodoki, A., Oprean, L., & Oprean, R. (2014). Bovine serum albumin interactions with metal complexes. *Clujul medical*, 87(4), 215.

Xu, W., Ning, Y., Cao, S., Wu, G., Sun, H., Chai, L., ... & Luo, D. (2023). Insight into the interaction between tannin acid and bovine serum albumin from a spectroscopic and molecular docking perspective. *RSC advances*, 13(16), 10592-10599.

Investigation of Gallic Acid Binding to Bovine Serum Albumin through Molecular Docking

Mokarrameh sohrabli[1], safiyeh aghazadeh[1*], Vahid Mohammadi[2], Sedigheh Eskandari[3]
1. Division of Biochemistry, Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran
2. Department of Internal Medicine and Clinical Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran
3. Faculty of Biological Science, Kharazmi University, Karaj, Iran
Corresponding Author: s.aghazadeh@urmia.ac.ir

Abstract

Medicinal plants are of great importance in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries due to their bioactive compounds such as alkaloids, flavonoids, and phenolic compounds. One of these compounds, gallic acid (GA), possesses significant antioxidant and therapeutic properties owing to its phenolic structure and ability to scavenge free radicals. GA has shown beneficial effects in diseases where oxidative stress plays a key role, including cancer, cardiovascular diseases, and aging. To facilitate the transport and stabilization of this compound in the body, proteins such as bovine serum albumin (BSA) are used, which share high structural similarity with human serum albumin and are capable of reversible binding to various biomolecules. In this study, the interaction between GA and BSA was investigated using molecular docking simulations. The structures of GA and BSA were prepared and optimized using databases and specialized software. The results showed that GA binds to the active site of BSA through hydrogen bonds and van der Waals interactions, with a docking energy of -6.3 kcal/mol, indicative of a stable and non-covalent interaction. These findings can contribute to the development of pharmaceutical applications of polyphenolic compounds and the design of effective delivery systems.

Keywords: Protein_ligand, phenolic compounds, bioinformatics simulation studies

القای ریشه مویین در بذر البنج (*Hysoyamus niger* L.) و بررسی اثر عصاره قارچ *Piriformospora indica* در افزایش درون شیشه‌ای زیست‌توده ریشه

ساناز همتی اصل*[۱]، ابراهیم دورانی علیایی[۲]

۱- دانشجوی دکتری (به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران)

۲- استاد، عضو هیئت علمی (به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز ، ایران)

*ساناز همتی اصل: sanaz_hemmati@yahoo.com

چکیده

گرایش روز افزون بشر به گیاهان دارویی و نیز افزایش جمعیت از جمله دلایل توجه محققان به کشت درون‌شیشه‌ای گیاهان دارویی بوده است. گیاه بنگدانه یکی از گیاهان دارویی مهم می‌باشد که به علت دارا بودن آلکالوئیدهای ارزشمند در اندام‌هایش در صنعت داروسازی نقش بسیار مهمی پیدا کرده است .کشت بافت یکی از روش‌های مهم در بررسی تولید متابولیت‌های ثانویه درگیاهان می‌باشد. افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه اغلب با وجود ترکیبات خاصی به نام الیسیتور یا محرک صورت می‌گیرد. قارچ *Piriformospora indica* از جمله محرک‌هایی است که در افزایش زیست توده ریشه و تولید متابولیت‌های ثانویه مانند آلکالوئیدها نقش دارد. هدف از این پژوهش بررسی اثر قارچ *Piriformospora indica* بر زیست‌توده ریشه مویین در گیاه بنگدانه می‌باشد. در این آزمایش، بهینه‌سازی اثر غلظت باکتری و زمان تلقیح در میزان تراریختی آن مطالعه شد. تلقیح ریزنمونه‌های برگی در سوسپانسیون باکتری با غلظت OD=۰/۶ و مدت زمان ۱۴ دقیقه بالاترین میزان القای ریشه مویین را نشان داد. در بخش دوم آزمایش که اثر عصاره قارچ *P. indica* در زیست‌توده ریشه، بررسی شد، تلقیح ریشه‌های بنگدانه به مدت ۴۸ ساعت با عصاره قارچی *P.indica* بیشترین میزان زیست‌توده را منجر شد. باتوجه به این نتایج و یافته‌های سایر محققان، قارچ P.indica محرکی کارآمد جهت افزایش زیست توده ریشه در گیاهان می‌باشد که با توجه به برتری‌های خاص نسبت به سایر محرک‌ها، در مقادیر کم نیز قادر به تحریک سنتز ترکیبات گیاهی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بنگدانه، ریشه مویین، قارچ *Piriformospora indica*، گیاه دارویی

مقدمه

گیاهان دارویی جزو مهم‌ترین منابع دارویی می‌باشند و در طب سنتی کاربردهای زیادی در زمینه درمان بیماری‌های مختلف دارند (Dar et al., 2023). امروزه در درمان‌های جدید نیز گیاهان دارویی در سطح وسیع بکار گرفته می‌شود. کاربردهای مختلف گیاهان دارویی در صنایع داروسازی، عطاری، آنتی بیوتیک‌ها و ... باعث شده که توجه محققین به سمت تحقیق روی گیاهان دارویی و متابولیت‌های ثانویه جلب شود (Khadka et al., 2021). امروزه تقریبا ۲۵ درصد داروهای مورد استفاده، یا منشا گیاهی دارند و یا از روی الگوهای گیاهان دارویی مدلسازی شده‌اند (Stéphane et al., 2022). در مورد استفاده از گیاهان دارویی با وجود افزایش تقاضا، اما همچنان یکسری مشکلاتی وجود دارد. از جمله مهمترین مشکلات در این زمینه، محدود بودن زیستگاه طبیعی برخی از گونه‌های گیاهی دارویی است که بسته به شرایط محیطی و جغرافیایی محل رویش گیاه، جمع‌آوری آنها با مشکلاتی مواجه است. آنچه محققین

را به سمت استفاده از راهکارهای فناوری زیستی جهت افزایش تولید و بهره‌وری گیاهان دارویی معطوف نموده، وجود مشکلاتی از قبیل: غلظت پایین ترکیبات دارویی در گیاه، تخریب روزافزون جنگل‌ها، مراتع و فضای سبز، محدودیت منابع طبیعی، نابودی گونه‌های متنوع گیاهی و جانوری، مشکلات مرتبط با اهلی نمودن و کشت زراعی این گیاهان، می‌باشد. مهم‌ترین گیاهان دارویی که امروزه مورد توجه بیشتری قرار می‌گیرند، گونه‌های گیاهی هستند که در حال از بین رفتن هستند. همچنین گیاهان دارویی که در درمان بیماری‌های صعب العلاج نتایج امیدوارکننده‌ای نشان داده‌اند جزو گیاهان دارویی پرطرفدار می‌باشند (Shikov et al., 2021). استفاده از کشت درون‌شیشه‌ای و ریشه مویین یکی از روش‌های تولید متابولیت‌های ثانویه و بررسی مسیرهای تولید آنها در کمترین مدت زمان و با کارایی بالا است که گیاهان تولید شده از طریق کشت درون شیشه‌ای از لحاظ ژنتیکی یکسان و عاری از بیماری خواهند بود (Dalavi et al., 2023).

گیاه بنگدانه یا بذرالبنج (*Hyoscyamus niger* L)، به علت داشتن تروپان آلکالوئیدها در ساختار خود، یکی از گیاهان دارویی مهمی می‌باشد که به دلیل خواص دارویی بالا، در سطح وسیعی در طب سنتی کاربرد داشته‌است (Albayrak et al., 2024). براساس گزارش محققین، گیاه بذرالبنج حاوی آلکالوئیدهای آنتیکولینرژیک تروپان (آتروپین، هیوسیامین و اسکوپولامین) می‌باشد. به علاوه اثر ضددردی این گیاه به اثبات رسیده است که احتمالاً به خاطر اثر آنتی‌کولینرژیک آن می‌باشد. از داروهای ضد آسم، آرامبخش و ترمیم‌کننده‌ی اعصاب و مسکن و حتی امروزه در افراد دارای مشکلات تنفسی در اثر Covid-19 از آن استفاده می‌شود. باتوجه به اینکه متابولیت‌های ثانویه در حالت طبیعی برای تولید نیاز به زمان زیادی داشته و میزانی که تولید می‌شوند صرفه اقتصادی ندارد، در نتیجه استفاده از روش درون شیشه‌ای و کشت ریشه مویین به شکل ضروری درآمده است (Deveci et al., 2022). طبق گزارشات، میزان تولید متابولیت‌های ثانویه از ریشه‌های مویین تراریخت در مقابل تولید به صورت کشت‌های سلولی و کشت‌های مزرعه‌ای به مراتب چندین برابر بیشتر می‌باشد (Bagal et al., 2023). ریشه محل بیوسنتز بسیاری از آلکالوئیدهای تروپان است، دستکاری ژنتیکی گیاهان دارای ترکیبات مهم با استفاده از آگروباکتریوم رایزوژنز، برای تولید این متابولیت‌ها در مبحث کشت بافت از اهمیت زیادی برخوردار است. محرک‌ها (الیستورها) یکی از ترکیبات مهم و پرکاربرد در تولید متابولیت‌های ثانویه می‌باشند. این ترکیبات که می‌توانند منشا زیستی و یا غیرزیستی داشته باشند، با القای پاسخ‌های دفاعی، تولید متابولیت‌های ثانویه را تحریک و افزایش می‌دهند (Alcalde et al., 2022). قارچ *Piriformospora indica* یک قارچ اندوفیت ریشه، شبیه به قارچ‌های میکوریز آربوسکولار (Arbuscular mycorrhizal) است. با این حال، می‌توان آن را بر روی انواع محیط‌های مصنوعی کشت کرد. گزارش شده است که این قارچ علاوه بر اینکه باعث افزایش رشد گیاهانی مثل *Nicotiana tabaccum*، *Artemisia annua*، *Zea mays* می‌شود، اثرات مثبتی نیز در سنتز متابولیت‌های ثانویه در کشت‌های سلولی گیاهی دارد (Li et al., 2023).

مواد و روش‌ها

بذور گیاه بنگدانه از دامنه شمالی کوه‌های سهند و منطقه جنوب شرقی تبریز جمع آوری شد. ابتدا بذور به مدت ۳ دقیقه با آب مقطر استریل شستشو داده شدند، سپس تحت شرایط استریل، به مدت ۹۰ ثانیه در الکل ۷۰ درصد غوطه‌ور شده و مجددا با آب مقطر استریل شستشو داده شدند. در مرحله بعد به مدت ۲۰ دقیقه در هیپوکلریت سدیم با غلظت ۲/۵ درصد نگهداری شده و به‌طور مرتب به‌هم زده شدند. سپس سه مرتبه به ترتیب ۵، ۱۰، ۱۵ دقیقه با آب مقطر استریل شستشو داده شدند. تمام مراحل شستشو و ضدعفونی بذور زیر هود انجام شد. بذور ضدعفونی شده جهت جوانه‌زنی به محیط کشت MS جامد بدون هورمون منتقل شدند. پتری دیش‌ها جهت نگهداری و جوانه‌زنی به اتاق

رشد با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند. از سویه A4 آگروباکتریوم رایزوژنز جهت تولید ریشه مویین استفاده شد.

کشت باکتری در محیط LB مایع

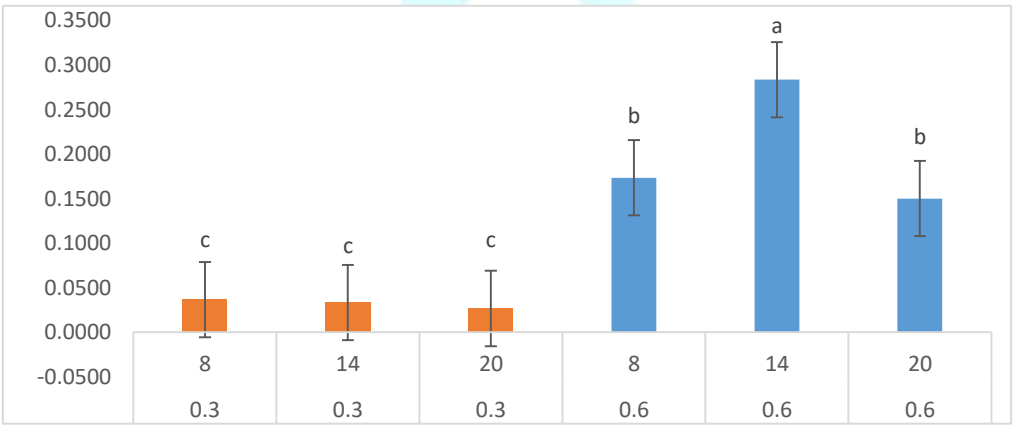
تهیه ریزنمونه، تلقیح با آگروباکتریوم رایزوژنز

ریزنمونه مورد استفاده در این آزمایش برگ‌هایی بود که بعد از گذشت حدودا ۳ الی ۴ هفته از کشت بذور، در محیط MS به اندازه کافی رشد کرده بودند. ریزنمونه‌های برگ بعد از جداسازی از گیاهچه‌های استریل، در ابعاد ۰/۵در ۰/۵ سانتی متر برش خوردند و در محیط کشت قرار گرفتند.

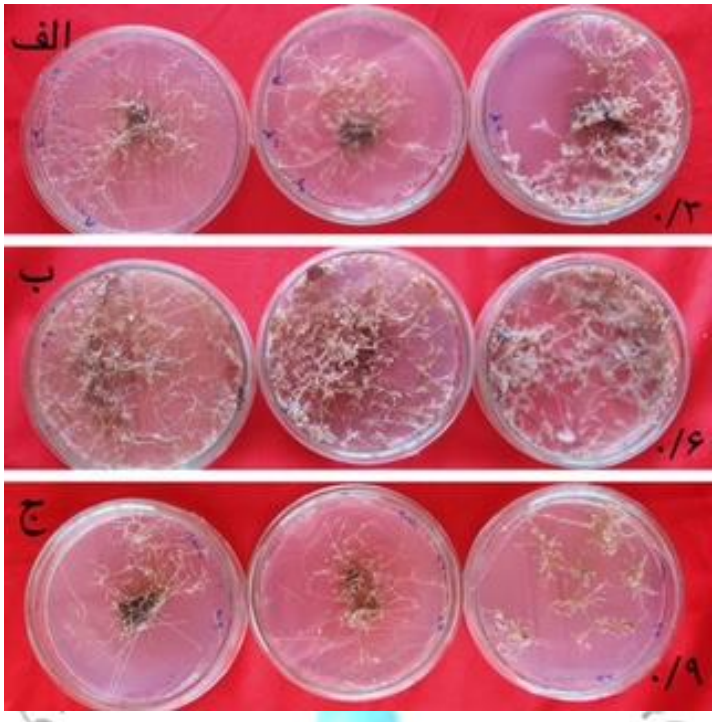
محلول باکتری بعد از تهیه شدن در زیر هود و تحت شرایط استریل، به ریزنمونه برگ افزوده شد و به مدت ۲۰ دقیقه در محلول باکتری غوطه‌ور شد. سپس ریزنمونه‌ها از محلول باکتری خارج شد و بر روی کاغذ واتمن استریل جهت خشک شدن، قرار گرفت. بعد از خشک شدن، ریزنمونه‌ها به محیط MS جامد بدون آنتی بیوتیک جهت هم کشتی به مدت ۴۸ ساعت منتقل شدند. از برگ‌های تلقیح نیافته به عنوان کنترل منفی و از برگ گوجه تلقیح یافته به عنوان کنترل مثبت استفاده شد. بعد از ۴۸ ساعت هم‌کشتی، ریزنمونه‌ها به محیط MS جامد حاوی ۳۰۰ میلی‌گرم درلیتر آنتی بیوتیک سفوتاکسیم انتقال داده شد.. ریزنمونه‌ها به مدت ۲۵ روز در این محیط کشت نگهداری شدند. در این مدت ریشه‌های مویین ظاهر شدند و به اندازه مورد نظر رشد کردند. بعد از گذشت ۲ هفته از زمان ظهور ریشه‌های مویین، انتقال ریشه‌های مویین تولیدی به محیط کشت مایع انجام گرفت. در این آزمایش برای واکشت ریزنمونه‌ها از محیط کشت MS مایع به همراه ویتامین‌های محیط B5 و آنتی بیوتیک ریفامپسین استفاده شد. نمونه‌ها به انکباتورشیکردار با سرعت ۹۰ دور در دقیقه و در دمای ۱+۲۵ درجه سانتیگراد منتقل شدند.

القای ریشه مویین در گیاه بنگدانه و بررسی اثر غلظت باکتری و زمان تلقیح در میزان تراریختی آن

در این بخش از آزمایش اثر غلظت‌های مختلف باکتری آگروباکتریوم رایزوژنز A4 (۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹) در زمان‌های متفاوت (۸، ۱۴ و ۲۰ دقیقه) در تولید ریشه مویین در گیاه بنگدانه، مورد بررسی قرار گرفت. از ریزنمونه‌های برگ گیاه بنگدانه استفاده شد که ۱۴ روز پس از تلقیح با آگروباکتریوم رایزوژنز A4، در محیط انتخابی، ریشه‌های مویین شروع به ظهور کردند (شکل ۱).

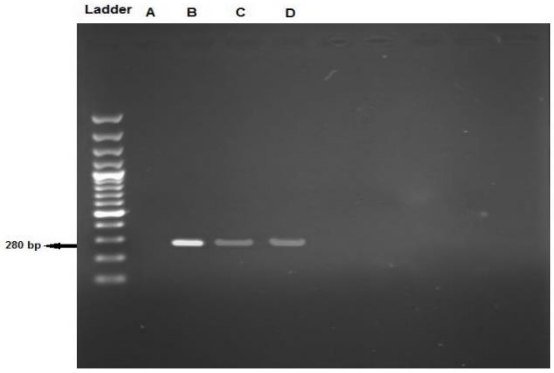


شکل ۱. نمودار مقایسه میانگین تلقیح ریشه‌ها با غلظت‌های مختلف (۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹) باکتری در سه زمان ۸، ۱۴ و ۲۰ دقیقه



شکل ۲. القای ریشه مویین در غلظت‌های مختلف باکتری الف) ۰/۳ =OD ب) ۰/۶ =OD و ج) ۰/۹=OD

جهت ارزیابی مولکولی ریشه مویین، DNA از ریشه‌های مویین به روش CTAB استخراج شد. جهت تائید مولکولی تراریزش ریشه‌های مویین اگروباکتریوم با پلاسمید نوترکیب از تکنیک PCR استفاده گردید. پس از استخراج DNA از ریشه‌های مویین به روش دلاپورتا و همکاران، از واکنش زنجیره‌ای پلیمراز برای تکثیر قطعه‌ای از ژن rolA با استفاده از آغازگرهای اختصاصی F: 5´-ACGGTGAGTGTGGTTGTAGG-3´ و R: 5´-GCCACGTGCGTATTAATCCC-3´ استفاده شد. مخلوط واکنش در حجم ۱۰ میکرولیتر آماده گردید و در نهایت محصول واکنش بر روی ژل آگارز ۰/۸ درصد و با TBE با ولتاژ ۸۰ به مدت یک ساعت الکتروفورز شد (شکل ۳).



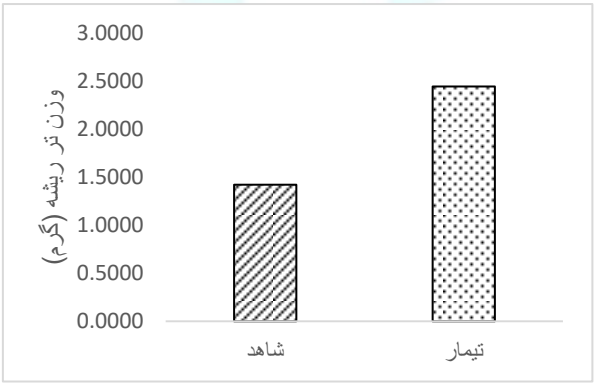
شکل ۳. A) شاهد منفی، B) شاهد مثبت، C) ۰/۶ =OD، D) ۰/۳ =OD

برای بررسی اثر قارچ *P. indica* در میزان زیست‌توده ریشه، ریشه‌های مویین تکثیر شده از یک تراریخت (۲۰۰ میلی‌گرم از ریشه‌های تازه) به ۲۵ میلی‌لیتر محیط کشت مایع انتقال یافت و روی شیکر برای رشد قرار گرفت. بعد از ۳ هفته عصاره قارچی *P.indica* با غلظت ۲٪ به هر کدام از کشت‌های ریشه مویین اضافه شد. برای مطالعه اثر الیستور روی وزن ریشه‌ها، ریشه‌ها پس از ۲۰ روز برداشت شد و وزن تر و خشک آنها اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس، اثر غلظت (۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹) و زمان تلقیح (۸، ۱۴ و ۲۰ دقیقه) باکتری بر درصد ریشه‌زایی نشان داد که در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری وجود دارد و نیز اثر متقابل بین غلظت و زمان نیز در سطح احتمال ۰/۰۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین القای ریشه در غلظت‌های متفاوت نشان داد که، تلقیح ریزنمونه‌ها در غلظت ۰/۶ =OD اگروباکتریوم رایزوژنز به مدت ۱۴ دقیقه بیشتر میزان القای ریشه را تولید کرد (شکل ۱). کمترین میزان ریشه مویین متعلق به غلظت باکتری ۰/۳ در مدت زمان تلقیح ۲۰ دقیقه بود. شین و همکاران (۲۰۲۱) جهت تجزیه و تحلیل عملکرد ژن LcMYB1 در گیاه Litchi chinensis Sonn. ابتدا یک سیستم کارآمد ریشه مویین را بهینه‌سازی کردند. برای این منظور از اگروباکتریوم رایزوژنز سویه MSU440 استفاده کردند که بالاترین میزان القای ریشه مویین مربوط به تلقیح به مدت ۱۰ دقیقه با غلظت ۰/۷ باکتری بود (Qin et al, 2021).

در این آزمایش، به منظور بررسی اثر عصاره قارچی P.indica بعد از افزودن عصاره، وزن تر و خشک ریشه‌ها پس از ۲۰ روز یادداشت و تجزیه داده‌ها انجام شد. نتایج آزمون t نشان داد که افزایش میزان وزن‌تر در ریشه‌های تیمار شده با قارچ نسبت به ریشه‌های شاهد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. جهت بررسی تأثیر عصاره قارچی P. Indica بر زیست توده ریشه‌های گیاه بذرالبنج، شاخص وزن‌تر بعد از سه هفته تیمار ریشه‌ها با قارچ اندازه‌گیری شد (شکل ۱). نتایج این آزمایش با تحقیق Yin و همکارانش که در زمینه بررسی اثر قارچ P. Indica بر ریشه‌زایی و زیست توده Cerasus humilis بود، کاملا مطابقت داشت. در این بررسی نتایج نشان داد که P. indica می‌تواند با تسریع تجمع زیست‌توده، ترویج ریشه‌زایی و افزایش تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی و همچنین تنظیم سنتز هورمون، رشد گیاهان C. humilis را افزایش دهد (Yin et al., 2024). در تحقیقات انجام شده نشان داده شده است که این قارچ قادر به افزایش رشد و زیست توده گیاهان زیادی از جمله گیاهان دارویی Spilanthes calva، Withania somnifers می‌باشد (Ahmad et al., 2021). نشان داده شده که P. indica در محیط مایع، ایندول استیک اسید (IAA) تولید می‌کند که از مهم‌ترین اکسین‌ها می‌باشد. میزان سیتوکینین تولید شده توسط P. Indica بیشتر از میزان اکسین آن است و در گیاه تیمار شده با قارچ، میزان سیتوکینین در مقایسه با نمونه شاهد بیشتر است که باعث افزایش رشد ریشه می‌گردد.



شکل ۱. نمودار مقایسه میانگین تیمار و شاهد(وزن ریشه‌ها (گرم)بعد از ۳ هفته تیمار با الیسیتور)

منابع

Albayrak, İ., Demirci, T., and Baydar, N. G. (2024). Enhancement of in vitro production of tropane alkaloids and phenolic compounds in Hyoscyamus niger by culture types and elicitor treatments. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 156(3), 72.

Alcalde, M. A., Perez-Matas, E., Escrich, A., Cusido, R. M., Palazon, J., and Bonfill, M. (2022). Biotic elicitors in adventitious and hairy root cultures: A review from 2010 to 2022. Molecules, 27(16), 5253.

Bagal, D., Chowdhary, A. A., Mehrotra, S., Mishra, S., Rathore, S., and Srivastava, V. (2023). Metabolic engineering in hairy roots: An outlook on production of plant secondary metabolites. Plant Physiology and Biochemistry, 201, 107847.

Dalavi, C. M., Naravula, J., Kavi Kishor, P. B., and Patil, S. (2023). Rapid, reliable plantlet regeneration, hairy root induction and in vitro potential for solasodine alkaloid accumulation in an important medicinal plant Solanum virginianum. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 153(1), 191-204.

Dar, R. A., Shahnawaz, M., Ahanger, M. A., and Majid, I. U. (2023). Exploring the diverse bioactive compounds from medicinal plants: a review. J. Phytopharm, 12(3), 189-195.

Deveci, H., Demirci, T., &nd Baydar, N. G. (2022). Effect of culture time on secondary metabolite production from MeJA-stimulated in vitro roots of Hyoscyamus niger L. International Journal of Secondary Metabolite, 9(2), 178-193.

Khadka, D., Dhamala, M. K., Li, F., Aryal, P. C., Magar, P. R., Bhatta, S., ... and Shi, S. (2021). The use of medicinal plants to prevent COVID-19 in Nepal. Journal of ethnobiology and ethnomedicine, 17, 1-17.

Li, L., Feng, Y., Qi, F., and Hao, R. (2023). Research progress of Piriformospora indica in improving plant growth and stress resistance to plant. Journal of Fungi, 9(10), 965.

Qin, Y., Wang, D., Fu, J., Zhang, Z., Qin, Y., Hu, G., and Zhao, J. (2021). Agrobacterium rhizogenes-mediated hairy root transformation as an efficient system for gene function analysis in Litchi chinensis. Plant Methods, 17(1), 1-9.

Shikov, A. N., Narkevich, I. A., Flisyuk, E. V., Luzhanin, V. G., and Pozharitskaya, O. N. (2021). Medicinal plants from the 14th edition of the Russian Pharmacopoeia, recent updates. Journal of Ethnopharmacology, 268, 113685.

Stéphane, F. F. Y., Jules, B. K. J., Batiha, G. E. S., Ali, I., and Bruno, L. N. (2022). Compounds from Medicinal Plants. Natural medicinal plants, 147.

Yin, L., Qu, P., Wang, D., Yan, S., Gong, Q., Yang, R., ... and Zhang, J. (2024). The influence of Piriformospora indica colonization on the root development and growth of Cerasus humilis cuttings. *Plants*, 13(11), 1482.

Induction of hairy roots in henbane (*Hysoyamus niger* L.) and investigation of the effect of *Piriformospora indica* extract on in vitro increase of root biomass

Sanaz Hemmati As[l1]*, Ebrahim Dorani uliaie[2]
1. PhD Student (Plant Breeding and Biotechnology, Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran)
2. Professor (Plant Breeding and Biotechnology, Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran)
* *Sanaz Hemmati Asl: sanaz_hemmati@yahoo.com*

Abstract

The increasing human tendency towards medicinal plants and the increase in population have been among the reasons for researchers' attention to *in vitro* cultivation of medicinal plants. The henbane plant is one of the important medicinal plants that has played a very important role in the pharmaceutical industry due to the presence of valuable alkaloids in its organs. Tissue culture is one of the important methods in studying the production of secondary metabolites in plants. Increasing the production of secondary metabolites is often done in the presence of certain compounds called elicitors or stimulants. *Piriformospora indica* is one of the stimulants that plays a role in increasing root biomass and producing secondary metabolites such as alkaloids. The aim of this study is to investigate the effect of *Piriformospora indica* on the hairy root biomass in henbane plant. In this experiment, the optimization of the effect of bacterial concentration and inoculation time on its transformation rate was studied. Inoculation of leaf explants in bacterial suspension with a concentration of OD=0.6 and a duration of 14 minutes showed the highest rate of hairy root induction. In the second part of the experiment, which examined the effect of *P. indica* extract on root biomass, inoculation of henbane roots for 48 hours with *P. indica* extract resulted in the highest biomass. According to these results and the findings of other researchers, *P. indica* is an efficient elicitor for increasing root biomass in plants, which, due to its specific advantages over other elicitors, is able to elicitor the synthesis of plant compounds even in small amounts.

Keywords: *Hyosyamus niger* L, hairy root, *Piriformospora indica*, medicinal plant

تأثیر محلول‌پاشی پرولین بر صفات فیزیولوژیکی و رشدی گیاه نعناع فلفلی (Mentha piperita L.) تحت تنش شوری

مهسا رفعتی آلاشتی*
استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران. ایران.
*نویسنده مسئول: m.alashti@pnu.ac.ir

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر پرولین بر بهبود مقاومت گیاه نعناع فلفلی تحت تنش شوری انجام شد. آزمایش گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل محلول‌پاشی پرولین (صفر و ۱۰ میلی‌مولار) و شوری (صفر، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) انجام گرفت. صفات فیزیولوژیکی شامل کلروفیل a، b، کل، کاروتنوئید، ارتفاع و وزن خشک بوته اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که کاربرد پرولین به ویژه در غلظت ۱۰ میلی‌مولار باعث حفظ کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها و بهبود صفات رشدی گیاه در شرایط تنش شوری شد. بیشترین مقدار کلروفیل‌ها در تیمار پرولین بدون شوری مشاهده شد و در شرایط تنش نیز پرولین از کاهش شدید این صفات جلوگیری کرد. همچنین، وزن خشک و ارتفاع گیاه در برخی از تیمارهای دارای پرولین افزایش معنی‌داری داشت. بنابراین، محلول‌پاشی با پرولین می‌تواند به عنوان یک راهکار مؤثر در بهبود تحمل گیاهان دارویی به تنش شوری مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تنش غیرزیستی، فتوسنتز، کلروفیل، کلرید سدیم

مقدمه

گیاهان در طول رشد خود مواجه با تنش‌های محیطی متعددی از جمله شوری خاک هستند که می‌تواند به طور معنی‌داری فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آنها را تحت تأثیر قرار دهد. شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان زراعی و دارویی در سراسر جهان است و از طریق افزایش تنش اسمزی، اختلال در تعادل یونی و تولید گونه‌های فعال اکسیژن، منجر به آسیب به ساختارهای سلولی و کاهش فتوسنتز می‌شود (Ondrasek et al., 2022). یکی از راهکارهای مقابله با این تنش، استفاده از ترکیبات آلی مثل پرولین است که به عنوان یک اسمولیت سازگار نقش مهمی در حفظ تعادل اسمزی، پایداری غشای سلولی و دفع رادیکال‌های آزاد ایفا می‌کند (Renzetti et al., 2024). نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) نیز به عنوان یکی از گیاهان دارویی مهم با ارزش اقتصادی بالا، در معرض اثرات منفی تنش شوری قرار می‌گیرد (Khalvandi et al., 2019). این تنش می‌تواند منجر به کاهش محتوای پیگمان‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید شود و در نتیجه فرآیند فتوسنتز و رشد کلی گیاه را مختل کند. صفاتی مانند نسبت کلروفیل a/b و نسبت کلروفیل کل به کاروتنوئید نیز شاخص‌های مناسبی برای ارزیابی وضعیت سلامت سیستم فتوسنتزی در شرایط تنش هستند (Hosseini et al., 2021). از سوی دیگر، صفات رشدی مانند ارتفاع گیاه و وزن خشک بوته نیز تحت تأثیر شوری و محلول‌پاشی با مواد تنظیم‌کننده مانند پرولین قرار می‌گیرند (Khalvandi et al., 2019; Renzetti et al., 2024). لذا، بررسی اثرات تنش شوری و کاربرد پرولین بر این

صفات می‌تواند درک بهتری از مکانیسم‌های دفاعی گیاه فراهم کرده و راهکارهایی برای بهبود عملکرد آن در شرایط نامساعد ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح فاکتوریل به صورت کاملاً تصادفی با دو عامل اصلی شامل سطوح شوری (صفر، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و محلول‌پاشی پرولین (صفر و ۱۰ میلی‌مولار) انجام شد. ریزوم گیاه نعناع فلفلی در گلدان‌های حاوی مخلوطی از کومپوست، پرلیت و خاک معمولی (به نسبت ۲:۱:۱) کشت شد. دو هفته پس از کاشت ریزوم‌ها، تیمارهای شوری اعمال و سه بار محلول‌پاشی با پرولین (هر مرحله به فاصله یک هفته) انجام گرفت. در ابتدای مرحله گلدهی صفات فیزیولوژیکی شامل کلروفیل a، b، کل، کاروتنوئید، ارتفاع بوته و وزن خشک اندازه‌گیری شدند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ تجزیه و تحلیل گردید.

نتایج و بحث

در تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی گیاه نعناع فلفلی تحت تأثیر تنش شوری و محلول‌پاشی پرولین، نتایج نشان داد که اثر تنش شوری بر اکثر صفات مورد مطالعه به‌ویژه کلروفیل کل، کاروتنوئید، نسبت کلروفیل کل به کاروتنوئید، ارتفاع گیاه و وزن خشک بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). همچنین، پرولین تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل b، کلروفیل کل، نسبت کلروفیل a/b، نسبت کلروفیل کل به کاروتنوئید و وزن خشک بوته داشت. علاوه بر این، اثر برهمکنش پرولین و شوری بر همه صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس مربوط به صفات کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، a/b، کاروتنوئید، نسبت کلروفیل کل به کاروتنوئید، ارتفاع گیاه و وزن خشک در گیاه نعناع فلفلی تحت تاثیر تیمارهای تنش شوری و محلول‌پاشی پرولین

صفات	درجه آزادی			
	1	3	3	16
	پرولین (A)	تنش شوری (B)	A × B	خطای آزمایش
کلروفیل a	0.02 ^{ns}	0.51 ^{ns}	3.23 **	0.63
کلروفیل b	4.40 **	0.79 **	1.47 **	0.12
کلروفیل کل	5.03 *	1.64 ^{ns}	8.12 **	0.72
a/b	58.61 **	13.37 ^{ns}	11.82 **	6.20
کاروتنوئید	0.02 ^{ns}	0.16 *	0.20 **	0.05
نسبت کلروفیل کل به کاروتنوئید	31.75 *	65.06 *	87.17 **	5.48
ارتفاع گیاه	2.55 **	80.06 **	0.81 **	0.33
وزن خشک بوته	14.56 *	56.19 **	14.21 **	2.26

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده‌ی عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان دادند که تیمار پرولین (۱۰ میلی‌مولار) به‌ویژه در شرایط بدون شوری، بیشترین مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل را در گیاه نعناع فلفلی ایجاد کرده است (جدول ۲). همچنین، در شرایط

تنش شوری نیز کاربرد پرولین باعث حفظ نسبتاً بالای این صفات شده و از کاهش شدید کلروفیل‌ها جلوگیری کرده است. در مقابل، افزایش شوری بدون کاربرد پرولین منجر به کاهش معنی‌دار کلروفیل‌ها و اختلال در تعادل آن‌ها شده است (جدول ۲). نسبت کلروفیل a/b در تیمارهای شور بدون پرولین افزایش قابل توجهی داشته است که نشان‌دهنده کاهش بیشتر کلروفیل b نسبت به a تحت تأثیر شوری است. در عین حال، کاربرد پرولین باعث حفظ تعادل مناسب بین انواع کلروفیل‌ها و بهبود پاسخ گیاه به تنش شوری شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، به نظر می‌رسد پرولین نقش مؤثری در تقویت سیستم فتوسنتزی گیاه نعناع فلفلی تحت شرایط تنش شوری دارد (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین‌ها برای صفات کاروتنوئید، نسبت کلروفیل کل به کاروتنوئید، ارتفاع گیاه و وزن خشک بوته در گیاه نعناع فلفلی نشان داد که تیمار پرولین (۱۰ میلی‌مولار) در شرایط بدون شوری باعث کاهش معنی‌دار مقدار کاروتنوئید و افزایش قابل توجه نسبت کلروفیل به کاروتنوئید شده است (جدول ۳). همچنین، در شوری ۶ و ۹ dS/m، کاربرد پرولین منجر به حفظ نسبتاً بهتر کاروتنوئید و افزایش وزن خشک بوته در مقایسه با تیمارهای بدون پرولین شد. از نظر ارتفاع گیاه، بیشترین مقدار مربوط به تیمار پرولین بدون شوری و کمترین آن در تیمارهای شوری بالا (۹ dS/m) بدون کاربرد پرولین بود. همچنین، بیشترین وزن خشک بوته در تیمار پرولین ۱۰ میلی‌مولار با شوری ۳ dS/m مشاهده شد که نشان از نقش مثبت پرولین در بهبود رشد زیست‌توده تحت شرایط تنش شوری دارد (جدول ۳).

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و a/b در گیاه نعناع فلفلی تحت تاثیر تیمارهای تنش شوری و محلول‌پاشی پرولین

پرولین (میلی‌مولار)	تنش شوری (dS/m)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	a/b
0	0	4.78±0.33 abc	0.76±0.19 e	5.55±0.14 d	7.54±2.57 ab
	3	5.32±0.31 abc	1.73±0.08 bc	7.05±0.25 bc	3.11±0.32 c
	6	4.51±0.57 bc	1.03±0.03 de	5.54±0.57 d	4.37±0.56 bc
	9	5.56±0.72 ab	0.71±0.17 e	6.27±0.70 cd	9.23±2.98 a
10	0	5.75±0.40 ab	2.83±0.16 a	8.58±0.25 a	2.06±0.26 c
	3	4.06±0.46 c	1.46±0.34 cd	5.52±0.68 d	3.05±0.58 c
	6	6.15±0.51 a	2.16±0.29 b	8.31±0.70 ab	2.94±0.40 c
	9	4.44±0.06 bc	1.22±0.09 cde	5.66±0.07 cd	3.70±0.31 bc

میانگین‌های دارای حروف مشترک موجود در هر ستون از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند. اعداد موجود در جدول بیانگر میانگین±SE می‌باشد.

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات کاروتنوئید، نسبت کلروفیل کل به کاروتنوئید، ارتفاع گیاه و وزن خشک در گیاه نعناع فلفلی تحت تاثیر تیمارهای تنش شوری و محلول‌پاشی پرولین

پرولین (میلی‌مولار)	تنش شوری (dS/m)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	نسبت کلروفیل کل به کاروتنوئید	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	وزن خشک (گرم در گلدان)
0	0	0.79±0.06 bc	7.07±0.45 b	14.47±0.47 ab	10.00±0.58 bc
	3	0.95±0.13 ab	7.70±0.96 b	13.53±0.20 bc	10.54±0.71 b
	6	0.71±0.13 bc	8.69±2.56 b	11.17±0.29 d	7.89±1.82 cd
	9	0.80±0.08 b	8.06±1.33 b	6.25±0.36 e	6.37±0.87 de
10	0	0.42±0.02 c	20.80±1.58 a	14.67±0.58 a	9.41±0.68 bc
	3	0.93±0.14 ab	6.00±0.33 b	13.82±0.09 abc	15.87±0.12 a
	6	1.23±0.17 a	6.87±0.35 b	12.92±0.14 c	10.68±0.60 b
	9	0.88±0.19 ab	7.06±1.56 b	6.61±0.18 e	5.07±0.55 e

میانگین‌های دارای حروف مشترک موجود در هر ستون از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند. اعداد موجود در جدول بیانگر میانگین±SE می‌باشد.

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد پرولین در غلظت ۱۰ میلی‌مولار باعث بهبود معنی‌دار صفات فیزیولوژیکی و رشدی گیاه نعناع فلفلی تحت تنش شوری می‌شود. این بهبود عمدتاً ناشی از نقش پرولین در تعدیل پاسخ گیاه به تنش اکسیداتیو، حفاظت از ساختارهای فتوسنتزی و تنظیم تعادل اسمزی است (Renzetti et al., 2024). پرولین به عنوان یک اسمولیت پایدار، از طریق کاهش آبشویی پروتئین‌ها و حفظ ساختار و عملکرد غشای سلولی، از تخریب کلروفیل جلوگیری کرده و در نتیجه محتوای کلروفیل a، b و کل را در شرایط تنش حفظ می‌کند (Ghosh et al., 2022; Papadakis et al., 2023). همچنین، افزایش نسبت کلروفیل a/b در شرایط شوری بدون کاربرد پرولین بیانگر آسیب بیشتر به کلروفیل b است که اغلب ناشی از فعالیت بالای سیستم‌های اکسیداتیو در شرایط تنش است؛ در حالی که پرولین با خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود، این فرآیند را کند کرده و از تخریب کلروفیل‌ها جلوگیری می‌کند (Mahdavian et al., 2023). کاربرد پرولین همچنین منجر به حفظ کاروتنوئیدها در تیمارهای شوری شد که این امر می‌تواند به دلیل نقش آن در پایداری لایه لیپیدی غشای تیلاکوئید و کاهش پراکسیداسیون لیپیدها باشد. از سوی دیگر، افزایش وزن خشک بوته و ارتفاع گیاه در برخی از تیمارهای دارای پرولین، نشان از بهبود جذب آب و مواد معدنی و همچنین فعالیت بهتر سیستم‌های فتوسنتزی دارد (Mahdavian et al., 2023; Renzetti et al., 2024). بنابراین، به نظر می‌رسد پرولین با بهبود تحمل گیاه به تنش شوری از طریق مکانیسم‌های فیزیولوژیکی متعدد، می‌تواند به‌عنوان یک تنظیم‌کننده مؤثر در مدیریت تنش‌های محیطی در گیاهان دارویی مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان دادند که محلول‌پاشی با پرولین در غلظت ۱۰ میلی‌مولار نقش مؤثری در بهبود صفات فیزیولوژیکی و رشدی گیاه نعناع فلفلی تحت تنش شوری دارد. کاربرد پرولین در شرایط بدون شوری بیشترین مقادیر کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل را تولید کرد و در شرایط تنش شوری نیز از کاهش شدید این پیگمان‌ها جلوگیری نمود. همچنین، نسبت کلروفیل a/b در تیمارهای شور بدون کاربرد پرولین افزایش یافت که نشان‌دهنده آسیب بیشتر به کلروفیل b است؛ اما پرولین باعث حفظ تعادل مناسب بین کلروفیل a و b شد. علاوه بر این، پرولین در

سطوح مختلف شوری از کاهش کاروتنوئید جلوگیری کرد و منجر به افزایش وزن خشک بوته و ارتفاع گیاه شد که نشان از بهبود رشد رویشی و مقاومت گیاه به تنش دارد. بنابراین، به نظر می‌رسد پرولین با بهبود سیستم فتوسنتزی، تعدیل تنش اکسیداتیو و بهبود رشد گیاه، بتواند به عنوان یک تنظیم‌کننده مؤثر در کاهش اثرات منفی تنش شوری در گیاهان دارویی مانند نعناع فلفلی مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

Ghosh, U. K., Islam, M. N., Siddiqui, M. N., Cao, X., and Khan, M. A. R. (2022). Proline, a multifaceted signalling molecule in plant responses to abiotic stress: understanding the physiological mechanisms. *Plant Biology*, *24*(2), 227-239.

Hosseini, S. J., Tahmasebi-Sarvestani, Z., Pirdashti, H., Modarres-Sanavy, S. A. M., Mokhtassi-Bidgoli, A., Hazrati, S., and Nicola, S. (2021). Investigation of yield, phytochemical composition, and photosynthetic pigments in different mint ecotypes under salinity stress. *Food Science & Nutrition*, *9*(5), 2620-2643.

Khalvandi, M., Amerian, M., Pirdashti, H., Keramati, S., and Hosseini, J. (2019). Essential oil of peppermint in symbiotic relationship with *Piriformospora indica* and methyl jasmonate application under saline condition. *Industrial Crops and Products*, *127*, 195-202.

Mahdavian, K. (2023). Application of salicylic acid on chlorophyll, carotenoids, and proline in radish under salinity stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, *93*(4), 809-818.

Ondrasek, G., Rathod, S., Manohara, K. K., Gireesh, C., Anantha, M. S., Sakhare, A. S., and Horvatinec, J. (2022). Salt stress in plants and mitigation approaches. *Plants*, *11*(6), 717.

Papadakis, I. E., Antonopoulou, C., Sotiropoulos, T., Chatzissavvidis, C., and Therios, I. (2023). Effect of magnesium on mineral nutrition, chlorophyll, proline and carbohydrate concentrations of sweet orange (*Citrus sinensis* cv. Newhall) plants. *Applied Sciences*, *13*(14), 7995.

Renzetti, M., Bertolini, E., and Trovato, M. (2024). Proline metabolism genes in transgenic plants: meta-analysis under drought and salt stress. *Plants*, *13*(14), 1913.

Effect of Proline Foliar Application on Physiological and Growth Traits of Peppermint (*Mentha piperita* L.) under Salinity Stress

Mahsa Rafati Alashti*
Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran.
*Corresponding Author: m.alashti@pnu.ac.ir

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of proline on improving the resistance of peppermint under salt stress. A greenhouse experiment was carried out in a factorial arrangement based on a completely randomized design with two factors: foliar application of proline (0 and 10 mM) and salinity levels (0, 3, 6, and 9 dS/m). Physiological traits including chlorophyll a, b, total chlorophyll, carotenoids, plant height, and dry weight of plants were measured. Results showed that proline application at 10 mM, helped maintain chlorophyll and carotenoid contents and improved plant growth under salt stress conditions. The highest chlorophyll content was observed in the non-saline treatment with proline, and under stress conditions, proline prevented severe reductions in these traits. In addition, plant height and dry weight significantly increased in some proline-treated treatments. Therefore, foliar application of proline can be considered an effective strategy for enhancing the tolerance of medicinal plants to salinity stress.

Keywords: Abiotic stress, chlorophyll, photosynthesis, sodium chloride

تاثیر الیستورهای زیستی و غیرزیستی بر زیست‌توده ریشه مویین گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare Mill*)

ساناز همتی اصل*[1]، ابراهیم دورانی علیایی[2]

۱- دانشجوی دکتری (به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز ، ایران)

۲- استاد، عضو هیئت علمی (به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز ، ایران)

*نویسنده مسئول: sanaz_hemmati@yahoo.com

چکیده

رازیانه یکی از گیاهان دارویی بسیار مهم است و حاوی متابولیت‌های ثانویه متعددی است که در صنایع داروسازی، نوشابه سازی، صنایع غذایی، آرایشی و بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهمترین ترکیب اسانس رازیانه را آنتول تشکیل می‌دهد ک اهمیت فراوانی در صنایع داروسازی و عطرسازی دارد. از مواد موثره آن در صنعت داروسازی به عنوان ضدسرفه، ضدنفخ و شیرافزا استفاده می‌شود. قسمت تجاری گیاه رازیانه، دانه آن است که مستقیما و یا برای استخراج اسانس کاربرد دارد. یکی از روش‌هایی که امروزه برای تولید ترکیبات دارویی در گیاهان دارویی بسیار مورد توجه قرار گرفته است تولید ریشه‌های مویین می‌باشد هدف از این تحقیق بهینه‌سازی القای ریشه مویین در رازیانه و بررسی اثر محرک‌های مختلف بر زیست توده ریشه‌های مویین رازیانه است. در این مطالعه تأثیر الیسیتورهای غیرزیستی سالیسیلیک اسید (SA)، نیترات نقره (AgNO3)، متیل جاسمونات (MeJA) و الیسیتور زیستی عصاره مخمر (YE) بر رشد ریشه مویین گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare Mill*) در بازه زمانی‌های مختلف (۰، ۲۴ و ۷۲ ساعت) بررسی شد. افزایش چشمگیری در وزن خشک ریشه در ۷۲ ساعت پس از کشت در محیط‌های کشت حاوی ۲۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر عصاره مخمر و همچنین ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار MeJA مشاهده شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، تحریک ریشه مویین می‌تواند به‌عنوان یک روش اصلاحی برای کاهش استراگول و افزایش محتوای ترانس آنتول مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: الیستور، رازیانه، ریشه مویین، گیاه دارویی

مقدمه

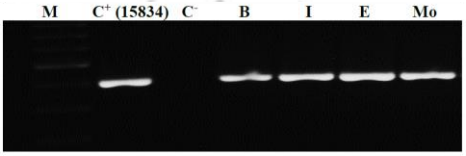
هزاران سال است که گیاهان از مهمترین منابع درمانی محسوب می‌شوند. حتی در سال‌های اخیر، سازمان بهداشت جهانی اعلام کرده است که بیش از ۸۰ درصد از مردم دنیا هنوز در طب سنتی از گیاهان دارویی برای درمان استفاده می‌کنند (Ur Rehman et al., 2021). رازیانه (*Foeniculum vulgare Mill*) از گیاهان دارویی مهم در کشت و صنعت اکثر کشورهای توسعه‌یافته است. قسمت‌های مورد استفاده رازیانه، میوه، برگ و ریشه آن می‌باشد و تمام پیکر گیاه رازیانه حاوی مادهٔ مؤثره اسانس است. مواد مؤثره این گیاه، در داروسازی برای مداوای سرفه، دل درد، نفخ، سوء هاضمه در کودکان و تحریک شیر در مادران شیرده و نیز در صنایع داروسازی، نوشابه سازی، صنایع غذایی، آرایشی و بهداشتی موارد استعمال فراوانی دارد (Hamouda et al., 2023). تولید بیوتکنولوژیکی متابولیت‌های ثانویه درکشت

درون شیشه‌ای از طریق کشت اندام یا سلول‌های گیاهی امکان‌پذیر بوده و روش مناسبی برای استخراج مواد گیاهی است. استقرار موفق لاین‌های سلولی که منتهی به تولید درصد بالایی از ترکیبات ثانویه در کشت‌های سوسپانسیون سلولی شده‌است به وسیله تعداد زیادی از محققین گزارش شده است (Mohaddab et al., 2022). سرعت تولید متابولیت‌های ثانویه در شرایط طبیعی در برخی موارد آهسته بوده و مدت زمان طولانی برای تولید آن لازم است، لذا میزان تولید در این موارد اقتصادی نمی‌باشد و در اینگونه موارد برای تولید سریع و انبوه متابولیت‌های ثانویه و مواد دارویی، از فنون کشت بافت گیاهی به طور بهینه استفاده می‌شود. بنابراین از آنجا که پتانسیل تولید متابولیت‌های ثانویه در شرایط طبیعی محدود است، کشت بافت گیاهی یکی از مهمترین روش‌ها در راستای تولید صنعتی این مواد محسوب می‌شود. در برخی موارد، گاهی کارایی تولید متابولیت‌های ثانویه از طریق کشت بافت گیاهی چندان مطلوب نیست. یکی از راهکارهای بیوتکنولوژیکی برای افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه استفاده از محرک‌ها در کشت سوسپانسیون سلولی و کشت ریشه مویین برای افزایش تولید مواد ثانویه گیاهی است. محرک‌ها به موادی اطلاق می‌شود که افزودن آنها در غلظت‌های کم به یک سیستم سلولی زنده بیوسنتز ترکیبات خاصی را تحریک یا بهبود می‌بخشد (Humbal and Pathak, 2023). سلول گیاهی پس از دریافت یک سیگنال بوسیله گیرنده‌ها در سطح غشاء پلاسمایی یا یک غشاء درونی از طرف یک محرک با ایجاد سیگنال، یک مکانیسم ترارسانی را ایجاد می‌کنند که منجر به فعال شدن یا بیوسنتز فاکتورهای رونویسی می‌شود بطوریکه منجر به تنظیم بیان ژن‌های بیوسنتزی شرکت کننده در متابولیسم ثانویه گیاهی می‌گردد.

مواد و روش‌ها

بذور رازیانه از مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان شرقی تهیه گردیدند. در این تحقیق از باکتری اگروباکتریوم رایزوژنز نژاد ۱۵۸۳۴ جهت القای ریشه مویین تراریخته استفاده شد. ابتدا بذرها با آب مقطر استریل شستشو داده شد و به مدت یک دقیقه در اتانول ۷۰ درصد غوطه ور شد. پس از شستشو با آب مقطر، بذرها به مدت ۲۰ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد تیمار شد و در نهایت با آب مقطر استریل سه بار و هر بار به مدت پنج دقیقه شستشو داده شد. بذرهای استریل شده در پلیت‌های حاوی محیط موراشیگ- اسکوگ (MS) نیمه جامد (دارای ۳ درصد ساکارز، ۷ گرم بر لیتر آگار و pH برابر با ۵/۷) کشت شد و به اتاق رشد با دمای ۲۵±۲ درجه سانتیگراد و شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شد. برای تهیه محیط کشت باکتری از محیط آماده LB استفاده شد. از باکتری فعال شده در محیط کشت مایع LB به مقدار ۸۰۰ میکرولیتر برداشته و در تیوپ ۱/۵ میلی لیتری استریل شده (شرایط استریل زیر هود) ریخته شد و به مقدار ۲۰۰ میکرولیتر گلیسرول (استریل شده در اتوکلاو) به تیوپ اضافه شد و در نهایت در یخچال ۲۰- درجه سانتی گراد قرار داده شد تا در مواقع لازم مورد استفاده قرار گیرد. به منظور تهیه‌ی سوسپانسیون تلقیح، باکتری در محیط کشت LB مایع، حاوی ۵۰ میلی گرم در لیترآنتی بیوتیک ریفامپیسین در دمای ۲۸±۲ درجه‌ی سانتیگراد به صورت شبانه رشد داده شدند. پس از این مدت $OD_{۶۰۰}$ باکتری‌ها اندازه گرفته شد و غلظت ۰/۸ = $OD_{۶۰۰}$ از سویه ۱۵۸۳۴ تهیه شد. کشت باکتریایی با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۹ دقیقه رسوب داده شد و پلیت باکتری در محیط کشت LB و ½ MS مایع به آرامی حل گردید. برای تلقیح ریزنمونه هیپوکوتیل از گیاهچه‌های ۱۰ روزه، استفاده شد. ریزنمونه‌ها به قطعات ۲-۱ سانتیمتری بریده شده و در سوسپانسیون باکتری به مدت زمان ۲۰ دقیقه تلقیح شدند. ریزنمونه‌ها با کاغذ صافی خشک شده تا باکتری‌های اضافی از سطح آنها جدا گردد. در این مرحله ریزنمونه‌ها به محیط جامد MS فاقد هورمون و آنتی بیوتیک منتقل و در ۲۵

درجه سانتیگراد درتاریکی مطلق برای ۲روز نگهداری شدند. تعدادی ریزنمونه به‌عنوان شاهد (بدون تلقیح با سوسپانسیون باکتری) در محیط MS تحت شرایط بالا قرار گرفتند. جهت حذف باکتری، نمونه‌ها پس از شستشو با آب مقطر استریل به محیط کشت MS حاوی سفاتوکسیم به مقدار ۳۵۰ میلی‌گرم در لیتر منتقل شد. جهت حذف باکتری، این عمل ۲ تا ۳ بار و هر بار به مدت ۵ تا ۱۰ روز صورت گرفت. تولید ریشه‌های مویین در این مرحله روی داد. تایید تاریختی ریشه‌های مویین به وسیله PCR با استفاده از آغازگرهای اختصاصی ژن rolA انجام گرفت (شکل ۱). بعد از ایجاد ریشه مویین، از نوک ریشه‌ها به اندازه ۱ تا ۲/۵ سانتیمتر بریده و در داخل ارلن‌های ۲۵۰ میلی‌لیتری حاوی ۵۰ میلی‌لیتر محیط مایع MS حاوی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر آنتی‌بیوتیک سفاتوکسیم قرار داده شد. همه‌ی نمونه‌ها به اتاق رشد با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و شرایط تاریکی منتقل و روی شیکر با سرعت ۹۰ دور در دقیقه قرار گرفتند. هر سه هفته، محیط کشت مایع نمونه‌ها تعویض شد.



شکل ۱. تکثیر PCR ژن rolA در ریشه‌های مویین تراریخته. C+: کنترل مثبت (با DNA پلاسمید A. rhyzogenes 15834). C-: کنترل منفی (با DNA ریشه‌های طبیعی گیاه). M: لدر ۱ کیلوبایتی. خطوط ۴-۷ (B تا Mo): ریشه‌های تراریخته مختلف (ریشه‌های مویین).

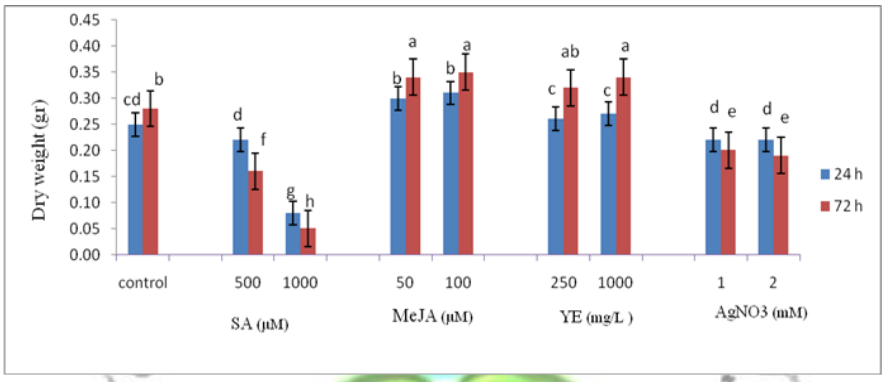
پس از رشد ریشه ها یکی از لاین‌های با رشد مناسب انتخاب و اثر چهار محرک متیل جاسمونیک اسید در۳ غلظت (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار)، عصاره مخمر (صفر، ۲۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، اسید سالسیلیک (صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکرومولار) و نیترات نقره صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار) بر روی رشد نسبی ریشه مورد مطالعه قرار گرفت.

بعد از تهیه و استریل کردن محیط‌ها با اتوکلاو ، قطعات ریشه‌های مویین با اندازه‌های ۲نیم گرم از ریشه مویین به داخل ارلن‌های ۲۵۰ میلی‌لیتر حاوی ۵۰ میلی‌لیتر محیط MS تکمیل شده با ترکیبات فوق منتقل و سپس برای ادامه رشد، به اتاق رشد با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد منتقل و روی شیکر با سرعت ۹۰ دور در دقیقه در شرایط کاملا تاریک قرار گرفتند. سپس بعد از ۲۱ روز که ریشه‌ها در بهترین و مطلوب‌ترین شرایط رشد قرار گرفتند. از طرح پایه فاکتوریل دو عاملی (غلظت محرک و زمان نمونه‌برداری) در قالب طرح کاملا تصادفی بصورت جداگانه استفاده شد، هر کدام در ۳ سطح و ۳ تکرار به اجرا درآمدند برای تعیین سرعت رشد ریشه‌ها پس از ۲۴ و ۷۲ ساعت ریشه‌ها برداشته شده و بعد از خشک کردن با دستمال کاغذی، وزن‌تر ریشه‌های مویین اندازه‌گیری شد و وزن خشک آنها پس از خشک شدن کامل (در دمای ۲۳ درجه ی سانتیگراد آزمایشگاه در تاریکی به مدت ۴۸ ساعت) اندازه‌گیری شدند.

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از اعمال تیمار محرک‌های اسید سالسیلیک، عصاره مخمر، متیل جاسمونات و نیترات نقره بر لاین ریشه مویین منتخب در گیاه رازیانه نشان داد که محرک‌ها باعث تغییرات در وزن خشک ریشه‌های مویین شدند. محرک‌های عصاره مخمر و متیل جاسمونات تاثیر مثبت بر وزن خشک داشتند، به طوری که وزن خشک در ۷۲ ساعت بعد از تیمار در غلظت ۵۰ و ۱۰۰متیل جاسمونات (میکرومولار بر ۵۰ میلی‌لیتر محیط کشت) و برای عصاره مخمر در ۲۴ و ۷۲ ساعت بعد از تیمار در غلظت ۲۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر ۵۰ میلی‌لیتر محیط کشت) نسبت به تیمار شاهد

تغییرات مثبت معنی‌دار نشان داد. ولی تیمار اسید سالسیلیک و نیترات نقره باعث کاهش وزن خشک ریشه‌های مویین شدند. این کاهش وزن معنی‌دار برای نیترات نقره در تیمار زمانی ۷۲ ساعت با هر دو غلظت ۱ و ۲ (میلی‌مولار بر ۵۰ میلی‌لیتر محیط کشت) حاصل شد. همچنین تأثیر سالیسیلیک اسید باعث کاهش رشد ریشه‌های مویین در هر دو تیمار زمانی ۲۴ و ۷۲ و هر دو غلظت ۵۰۰ و ۱۰۰۰ (میکرومولار بر ۵۰ میلی لیتر محیط کشت) و توقف رشد آنها در ۱۰۰۰ میکرومولار (۱ میلی مولار) شد (شکل ۲). می‌توان بیان کرد که در غلظت بالای این ترکیبات، به علت ایجاد تنش و نیز آسیب شدید بافت ریشه موجب ممانعت رشد و کاهش متابولیسم سلول شده است. در بررسی نتایج حاصل از اعمال تیمار محرک‌های مختلف بر رشد ریشه‌های مویین گونه‌های گیاهی متفاوت بسته به غلظت و نوع الیسیتور، زمان در معرض بودن اندام و ژنوتیپ مورد بررسی نتایج متفاوتی گزارش شده است (Kavi Kishor et al., 2025).



شکل ۲. وزن خشک (گرم) کشت ریشه‌های مویین گیاه *F. vulgare* در زمان‌های ۰، ۲۴ و ۷۲ ساعت پس از تیمار با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکرومولار)، متیل جاسمونات (۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار)، عصاره مخمر (۲۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و غلظت‌های AgNO3 (۱ و ۲ میلی‌مولار). حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در مقادیر میانگین برای هر پارامتر با استفاده از آزمون دانکن هستند ($P < 0.05$).

منابع

Hamouda, I. M., Akram, M., and Laila, U. (2023). Medicinal activities of Fennel. *Clinical Medical Reviews and Reports*, 5(5).

Humbal, A., and Pathak, B. (2023). Influence of exogenous elicitors on the production of secondary metabolite in plants: A review ("VSI: secondary metabolites"). *Plant Stress*, 8, 100166.

Kavi Kishor, P. B., Doma, M., Gandra, J., Sambasiva Rao, K. R. S., and Anuradha, M. (2025). Factors Impacting the Accumulation of Bioactive Compounds in Cultured Plant Cells and Hairy Roots. In In Vitro Production of Plant Secondary Metabolites: Theory and Practice (pp. 139-156). Singapore: Springer Nature Singapore.

Koç, E., and Karayiğit, B. (2023). Production of Bioactive Secondary Metabolites in Medicinal and Aromatic Plants Cultivated in Turkiye. In Plants as Medicine and Aromatics (pp. 231-248). CRC Press.

Mohaddab, M., El Goumi, Y., Gallo, M., Montesano, D., Zengin, G., Bouyahya, A., and Fakiri, M. (2022). Biotechnology and in vitro culture as an alternative system for secondary metabolite production. *Molecules*, *27*(22), 8093.

Ur Rehman, F., Kalsoom, M., Adnan, M., Fazeli-Nasab, B., Naz, N., Ilahi, H., ... and Toor, M. D. (2021). Importance of medicinal plants in human and plant pathology: a review. Int. J. Pharm. Biomed. Res, 8, 1-11.

Zafar, S., Khan, M. K., Perveen, S., Iqbal, M., and AL-Huqail, A. A. (2023). Fennel. In Essentials of Medicinal and Aromatic Crops (pp. 483-514). Cham: Springer International Publishing

The effect of biotic and abiotic elicitors on the hairy root biomass of fennel (*Foeniculum vulgare Mill*)

Sanaz Hemmati Asl[1]*, Ebrahim Dorani uliaie[2]
1. PhD Student (Plant Breeding and Biotechnology, Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran)
2. Professor (Plant Breeding and Biotechnology, Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran)
Corresponding Author: sanaz_hemmati@yahoo.com

Abstract

Fennel is a very important medicinal plant and contains numerous secondary metabolites that are used in the pharmaceutical, beverage, food, cosmetic and health industries. One of the methods that has received much attention today for the production of medicinal compounds in medicinal plants is the production of hairy roots. The aim of this research is to optimize the induction of hairy roots in fennel and to investigate the effect of different stimuli on the biomass of fennel hairy roots. In this study, the effect of abiotic elicitors salicylic acid (SA), silver nitrate (AgNO3), methyl jasmonate (MeJA) and biological elicitor yeast extract (YE) on the growth of hairy roots of fennel (Foeniculum vulgare Mill) was investigated at different time intervals (0, 24 and 72 hours). A significant increase in root dry weight was observed 72 hours after cultivation in culture media containing 250 and 1000 mg/L yeast extract as well as 50 and 100 µM MeJA. Based on the results obtained, stimulation of hairy roots can be used as a corrective method to reduce estragole and increase trans-anethole content.

Keywords: Elicitor, Fennel, Hairy root, Medicinal plant

رتبه‌بندی مؤلفه‌های بازاریابی 4P، میان تولیدکنندگان گیاه دارویی زغال‌اخته در شهرستان کلیبر

مجتبی سوختانلو [*۱]، صمد دهقانپور [۲]، مهناز محمدزاده نصیرآبادی [۳]

۱- دانشیار، گروه مهندسی آب و مدیریت کشاورزی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل. ایران.

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت کشاورزی، گروه مهندسی آب و مدیریت کشاورزی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳- استادیار گروه مهندسی آب و مدیریت کشاورزی. دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی. اردبیل. ایران.

[*]نویسنده مسئول: msookhtanlo@gmail.com

چکیده

زغال‌اخته (*Cornus mas* L.)، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تولیدات کشاورزی و دارویی در شهرستان کلیبر (استان آذربایجان شرقی) شناخته می‌شود. علیرغم تولید زغال‌اخته بسیار مطلوب و ارگانیک و با سطح زیر کشت فراوان در این شهرستان، اما به دلیل عدم بازاریابی مناسب و نیز نبود صنایع تکمیلی، این محصول نتوانسته است تا جایگاه واقعی خود را در درآمدزایی و بهبود اقتصاد منطقه پیدا کند. لذا هدف این تحقیق رتبه‌بندی مؤلفه‌های بازاریابی 4P، میان تولیدکنندگان گیاه دارویی زغال‌اخته در شهرستان کلیبر بود. تحقیق حاضر از نوع توصیفی- همبستگی بوده و جامعه آماری شامل همه تولیدکنندگان زغال‌اخته در منطقه کلیبر (۱۰۰۳ نفر) بودند که به روش نمونه‌گیری چندمرحله‌ای و با کمک جدول بارتلت و همکاران، ۲۸۰ نفر به عنوان حجم نمونه تعیین شدند. نتایج تحقیق نشان داد که رتبه‌های اول از نظر تأثیر مؤلفه‌های محصول، مکان/توزیع، قیمت و فعالیت‌های ترویجی- ترغیبی در بازاریابی زغال‌اخته، به ترتیب شامل "توجه به کیفیت محصولات یا ارائه خدمات به خریداران"، "توجه به نگهداری اصولی و صحیح انبارداری محصول"، "توجه به تعیین قیمت مناسب در مقایسه باقیمت دیگر رقبا" و "استفاده از رسانه¬های ارتباطی و چاپی (رادیو، تلویزیون، و غیره) برای معرفی و تبلیغ محصول" تعیین شد. لذا، برنامه‌ریزی جهت تدوین و امتیازبندی شاخص‌های کیفیت در تولید محصول زغال‌اخته، سرمایه‌گذاری‌های مطلوب در قالب تسهیلات دولتی جهت توسعه کمی و کیفی انبارهای ذخیره زغال‌اخته، برگزاری دوره‌های آموزشی در حوزه‌های تبلیغات رسانه‌ای و چاپی و راه‌اندازی و توسعه تشکل‌های بازاریابی تخصصی جهت توسعه بهینه‌تر بازاریابی زغال‌اخته در منطقه پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بازاریابی 4P، زغال‌اخته، شهرستان کلیبر، گیاهان دارویی

مقدمه

گیاهان دارویی، قرن‌هاست که داروهای طبیعی و ترکیبات درمانی را برای درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها در اختیار بشر قرار داده‌اند، گاهی اوقات بدون اینکه مورد توجه یا ستایش قرار گیرند. این گیاهان که داستان‌هایشان در تار و پود زندگی بشر تنیده شده است، بخش جدایی‌ناپذیری از طب سنتی و علم و پزشکی مدرن بوده‌اند. حتی با افزایش درک ما از گیاهان دارویی، آنها همچنان به عنوان پاسخ‌های بالقوه برای چالش‌های پیش روی پزشکی معاصر، نویدبخش هستند. این نگاه عمیق به قلمرو گیاهان دارویی، اهمیت گیاهان دارویی را در طول تاریخ، کاربردهای عملی

فراوان آنها، ارزش اکولوژیکی آنها و دانش رو به رشد پیرامون آنها روشن می‌کند (Rao & Singh, 2023). گیاهان دارویی، شامل ترکیبات زیست فعالی هستند که می‌توانند برای ساخت داروهای دارویی، غیر دارویی و مصنوعی استفاده شوند. بیش از ۲۱۰۰۰ گیاه توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) به عنوان گیاهانی که برای اهداف پزشکی در سطح جهان استفاده می‌شوند، ثبت شده‌اند (Rawat et al., 2025).

یکی از مدل‌های مهم بازاریابی شامل آمیخته بازاریابی یا همان بازاریابی 4P است. مفهوم آمیخته بازاریابی، دربرگیرنده آمیخته‌ای از مهم‌ترین و جامع‌ترین بخش‌های بازاریابی (محصول، قیمت، مکان/توزیع و فعالیت‌های ترویجی و ترغیبی) یک کسب وکار را در بردارد. یک واحد تولیدی (مزارع، کارخانه‌ها و ...) بر اساس ترکیب این عوامل با یکدیگر سعی می‌کند محصول تولیدی خود را هماهنگ با شناخت واکنش‌های مخاطبین خود به فروش برساند. این عناصر را که به 4P معروف هستند به‌صورت ذیل معرفی می‌شود (Leivang and Sharma, 2024): الف) محصول (Production): شامل کالا یا خدماتی است که یک واحد تولید در اختیار بازار هدف خود قرار می‌دهد. ب) قیمت (Price): مقدار پولی که مصرف‌کنندگان برای به دست آوردن کالا یا خدمات پرداخت می‌کنند. ج) مکان (Place): شامل فعالیت‌هایی است که کالا یا خدمات را در دسترس مصرف‌کنندگان قرار می‌دهد. د) فعالیت‌های ترویجی و ترغیبی (Promotion): شامل فعالیت‌هایی است که مزایای کالا را به آگاهی می‌رساند و مشتریان را به استفاده از آن ترغیب می‌کند. قدوسی و همکاران (Ghodousi et al., 2015) در شناسایی و رتبه‌بندی عناصر آمیخته بازاریابی 4P برای محصول زعفران نتیجه گرفتند که مؤلفه محصول (با شاخص‌های دارای رتبه آن وجود نام تجاری، داشتن نشان استاندارد و وزن بسته‌بندی) بالاترین رتبه را در بازاریابی زعفران برخوردار بود. در میان شاخص‌های مؤلفه فعالیت‌های ترویجی و ترغیبی نیز، تبلیغات تجاری، داشتن نمایندگی فروش در خارج از کشور و برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی در اولویت بودند. در نهایت مؤلفه‌های قیمت و توزیع اولویت سوم و چهارم در آمیخته بازاریابی این محصول را به خود اختصاص دادند. یافته‌های فهندژ سعدی و قاسمی (Fahandjsaadi et al., 2022) در ارتباط با شناسایی و رتبه‌بندی عوامل آمیخته بازاریابی موثر در عملکرد بازاریابی نشان داد که در مؤلفه محصول به ترتیب کیفیت محصول، حذف تقلب، نام تجاری در اولویت می‌باشند. در مؤلفه ترفیع، فروش مستقیم، خبرگی عرضه‌کننده و نمایندگی‌ها، دارای رتبه‌های اول و مؤلفه مقررات تجاری در اولویت آخر می باشند. در مؤلفه توزیع نیز، به ترتیب زیرمؤلفه تجارت الکترونیک، تحویل به موقع و شبکه توزیع دارای اولویت هستند و مؤلفه‌های نوع توزیع کالا و فاصله تا شهر مقصد در رتبه‌های پایین هستند. در مؤلفه قیمت، زیرمؤلفه قیمت رقابتی دارای بالاترین اولویت و زیرمؤلفه زمان پرداخت دارای پایین ترین اولویت بود. نتایج تحقیق لیوینگ و شارما (Leivang and Sharma, 2024) در ارتباط با تأثیر مؤلفه‌های بازاریابی 4P بر تصمیم‌گیری مشتریان نشان داد که عناصر بازاریابی 4P شامل محصول، مکان، تبلیغات و مکان، به طور قابل توجهی با تصمیمات خرید مصرف کنندگان محصولات غذایی مرتبط هستند. مصرف کنندگان برای تصمیم‌گیری در مورد خرید یک محصول، بر کیفیت محصول، قابلیت اطمینان، بسته‌بندی و نام تجاری تمرکز می کنند. قیمت یک محصول تحت تأثیر نام تجاری، عملکرد، وضعیت، تخفیف ها و پیشنهادات قرار دارد. همچنین، موقعیت مکانی، در دسترس بودن، چیدمان، راحتی، دسترسی و ساعات کاری بر رفتار خرید مشتریان تأثیر می گذارد.

امروزه بازاریابی زغال‌اخته به‌عنوان مهم‌ترین گیاه دارویی تولیدشده در منطقه ارسباران و شهرستان کلیبر درگیر مسائل و مشکلات مختلفی چه در زمینه‌های تولید و نحوه عمل‌آوری و چه ضعف ساختار نظام بازاریابی، بازاررسانی و حتی صادرات است. لذا، در این مطالعه هدف آن است تا رتبه‌بندی عناصر چهارگانه بازاریابی 4P برای محصول زغال‌اخته در مناطق عمده کشت شهرستان کلیبر مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

شهرستان کلیبر، بخشی از منطقه‌ی ارسباران و به عنوان یکی از شهرستان‌های مهم استان آذربایجان‌شرقی شناخته می‌شود. شهرستان کلیبر با دارا بودن بیش از ۱۳۵ هکتار باغ زغال‌اخته، قسمت اعظم سطح زیر کشت این محصول را در استان به خود اختصاص داده است. جامعه آماری این تحقیق شامل، تولیدکنندگان زغال‌اخته در شهرستان کلیبر (۱۰۰۳ نفر) بودند. روش نمونه‌گیری این تحقیق از نوع نمونه‌گیری چندمرحله‌ای بود. برای تعیین حجم نمونه از جدول بارتلت و همکاران (۲۰۰۱) استفاده شد. ابتدا پنج منطقه عمده تولید (باغ‌های زغال‌اخته) انتخاب‌شده، سپس در هر منطقه تعدادی باغ-روستا (۷ باغ-روستا) به روش تصادفی انتخاب و از بین آن‌ها با انتساب تناسب، ۲۸۰ تولیدکننده زغال‌اخته برگزیده و مصاحبه با آنان صورت گرفت. ابزار تحقیق پرسشنامه‌ای ساختاریافته، شامل سه بخش اصلی بود. بخش اول شامل ویژگی‌های دموگرافیک به صورت سؤالات باز بود. بخش دوم نیز شامل گویه‌های مربوط به مؤلفه‌های بازاریابی 4P (مؤلفه محصول در شش گویه؛ مؤلفه مکان/توزیع در شش گویه؛ مؤلفه قیمت در هفت گویه و فعالیت‌های ترویجی و ترغیبی نیز در هفت گویه) بود که برآورد مؤلفه‌ها در مقیاس اندازه‌گیری طیف لیکرت (از هیچ تا خیلی زیاد در دامنه ۰ تا ۵) انجام شد. طیف‌های سنجش ابزار تحقیق جهت تعیین ارتباط درونی با آزمون آلفای کرونباخ مورد تحلیل قرار گرفت که نتایج نشان دهنده وضعیت مطلوب پایایی ابزار تحقیق بود.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تحقیق، پاسخ‌گویان در میانگین سنی ۴۴/۴۷۵ سال قرار داشتند. بیشترین فراوانی سنی، مربوط به گروه ۴۲ تا ۵۳ سال بود. سطح تحصیلات غالب آنان دیپلم با متوسط تحصیلات ۹ سال بود. در میان پاسخ‌گویان بیشترین فراوانی تجربه فعالیت در تولید زغال‌اخته، مربوط به بازه ۲۷ تا ۳۷ سال (۲۲/۱ درصد) بود. میانگین اندازه باغ برابر با ۰/۳۵۴ هکتار و متوسط عملکرد محصول زغال‌اخته نیز برابر با ۶۶۴/۹۸۲ کیلوگرم در واحد هکتار بود. به عبارتی، تولید ۴۰۰ کیلوگرم و کمتر زغال‌اخته با ۳۵ درصد، بیشترین فراوانی میزان تولید زغال‌اخته در میان پاسخ‌گویان بود. از لحاظ تعداد درختان زغال‌اخته، بیشترین فراوانی مربوط به گروه ۱۳۱-۸۱ اصله با ۲۸/۹ درصد فراوانی بود.

مطابق نتایج جدول ۱، درباره رتبه‌بندی گویه‌های مؤلفه محصول، همچون نتایج تحقیقات یافته‌های فهندژ سعدی و قاسمی (Fahandjsaadi et al., 2022) و لیوینگ و شارما (Leivang and Sharma, 2024)، گویه "توجه به کیفیت محصولات یا ارائه خدمات به خریداران" در اولویت اول قرار داشت. لذا، برنامه‌ریزی جهت تهیه، تدوین و امتیازبندی شاخص‌های کیفیت‌بخشی در تولید محصول زغال‌اخته با کمک کارشناسان و تولیدکنندگان حرفه‌ای و برتر منطقه می‌تواند یک گام مهم جهت ساماندهی آموزش‌های بهبود کیفیت در تولید زغال‌اخته مرغوب‌تر منطقه گردد. همچنین، تهیه دستورالعمل‌های اجرایی شاخص‌های کیفیت، به ساماندهی مدیریت تهیه نهاده‌های تولید مناسب تر کمک خواهد کرد. با توجه به یافته‌های تحقیق، از آنجا که از نظر مؤلفه مکان/توزیع بیشتر محصول زغال‌اخته، رتبه اول در فروش مربوط به گویه "توجه به نگهداری اصولی و صحیح انبارداری محصول" بوده است، لذا جهت بهبود مدیریت صحیح انبارداری، لازم است تا سرمایه‌گذاری‌های مطلوب در قالب تسهیلات دولتی جهت توسعه کمی و کیفی انبارهای ذخیره زغال‌اخته در منطقه مورد توجه قرار گیرد. در همین زمینه، ایجاد امکانات مناسب برای استاندارد و درجه‌بندی نمودن محصولات و توسعه انبارداری مطلوب و امکانات سردخانه‌ای مناسب در منطقه بایستی در اولویت برنامه‌ریزی توسعه کشت این محصول در منطقه قرار گیرد. دیگر نتایج مطالعه نشان داد که همگام با نتایج تحقیق قدوسی و

همکاران (Ghodousi et al., 2015)، گویه "توجه به تعیین قیمت مناسب در مقایسه با قیمت دیگر رقبا" در رتبه اول مؤلفه قیمت جهت فروش بیشتر محصول زغال‌اخته قرار داشته است. آنچه مسلم است، عدم ثبات قیمت‌ها و وجود واسطه‌گری در بازار گیاهان دارویی، ریسک قیمت برای تولیدکنندگان زغال‌اخته را بسیار افزایش داده است و اولین عامل در روی‌گردان کردن تولیدکنندگان محصولات دارویی از تغییر الگوی کشت مرتبط با زغال‌اخته به شمار می‌رود. نحوه قیمت‌گذاری این محصول، باید بر اساس ضوابط خاصی چون کیفیت محصولات صورت گیرد. همچنین، سیاست‌گذاری دولتی در پرداخت تسهیلات به واحدهای بسته‌بندی و درجه‌بندی این محصول به‌منظور جلوگیری از فروش فله‌ای و در نتیجه بی‌ثباتی قیمت این محصول کمک خواهد کرد. نتایج رتبه بندی گویه‌های مؤلفه فعالیت‌های ترویجی- ترغیبی نشان داد که، در میان پاسخ‌گویان رتبه اول از نظر تأثیر گذاری فروش بیشتر محصول زغال‌اخته، همچون نتایج تحقیق قدوسی و همکاران (Ghodousi et al., 2015)، مربوط به گویه "استفاده از رسانه‌های ارتباطی و چاپی (رادیو، تلویزیون، و غیره) برای معرفی و تبلیغ محصول" بوده است. آنچه مسلم است، کمبود دانش بازاریابی و تبلیغات از طریق رسانه‌های ارتباطی و چاپی تولیدکنندگان زغال‌اخته، یک مانع اساسی در رونق بازاریابی زغال‌اخته در منطقه است. لذا، برگزاری دوره‌های آموزشی ترویجی مفید در حوزه‌های تبلیغات رسانه‌ای و چاپی به‌ویژه در مباحث تجارت الکترونیک و بازاریابی اینترنتی از طرف سازمان‌ها و ادارات مسئول مانند جهاد کشاورزی و فنی حرفه‌ای می‌تواند در افزایش آگاهی‌های فنی و تبلیغاتی تولیدکنندگان مفید باشد. همچنین، راه‌اندازی و توسعه تشکل‌های بازاریابی تخصصی می‌تواند یک راه‌گشای سودمند در این زمینه باشد.

جدول ۱. رتبه‌بندی گویه‌های مربوط به مؤلفه‌های بازاریابی 4P

رتبه	انحراف معیار	میانگین	گویه‌ها	مولفه‌های 4P
۱	۰/۵۶۶	۴/۶۹۲	توجه به کیفیت محصولات یا ارائه خدمات به خریداران	محصول
۲	۰/۶۴۹	۴/۵۲۸	توجه به اصول مناسب بسته‌بندی محصول	
۳	۰/۸۱۶	۳/۷۶۷	استفاده از بازخوردهای مشتریان جهت ارائه بهتر محصول	
۴	۰/۸۰۲	۲/۷۱۰	توجه به دیجیتالی کردن فرایند خرید و فروش و تبلیغات زغال‌اخته	
۵	۰/۷۸۳	۲/۵۵۰	ساماندهی فعالیت‌های پشتیبانی خرید برای مشتریان	
۶	۰/۷۷۵	۲/۳۷۸	تدوین دستورالعمل‌ها و قوانین حمایتی دولتی	
۱	۰/۶۶۷	۴/۴۱۷	توجه به نگهداری اصولی و صحیح انبارداری محصول	مکان/توزیع
۲	۰/۵۳۲	۴/۳۴۲	امکان دسترسی راحت و سریع مشتریان به محصول	
۳	۰/۵۴۸	۴/۰۸۵	تحویل به‌موقع و در زمان مناسب محصول	
۴	۰/۷۵۴	۳/۹۸۹	استفاده از بازخوردها و انتقادهای مشتریان درباره مکان یا فرایند فروش	
۵	۰/۹۴۸	۲/۵۵۳	فراهم بودن راحت‌تر راه‌های برقراری ارتباط از طریق تلفن یا ایمیل	
۶	۰/۷۸۸	۲/۲۵۷	ایجاد امکان خریدوفروش مناسب و مطمئن اینترنتی از طریق وب‌سایت	
۱	۰/۵۸۰	۴/۵۱۷	توجه به تعیین قیمت مناسب در مقایسه باقیمت دیگر رقبا	قیمت
۲	۰/۶۹۱	۴/۴۵۳	توجه به‌تناسب میان هزینه دریافتی با خدمات یا محصولات	
۳	۰/۷۹۷	۴/۴۰۳	ثبات داشتن در قیمت محصول	
۴	۰/۵۷۱	۴/۲۵۳	فراهم بودن امکان خرید حضوری فوری برای مشتریان	
۵	۰/۷۱۷	۳/۹۵۷	وجود تخفیفات مناسب برای مشتریان وفادار و دائمی محصول	
۶	۱/۰۹۷	۳/۹۳۹	قیمت مناسب جهت خرید محصول، به‌صورت اینترنتی یا پستی	
۷	۰/۷۶۷	۳/۸۳۵	وجود تخفیفات مناسب یا ویژه در مناسبت‌ها یا خریدهای عمده محصول	

ادامه جدول ۱

رتبه	انحراف معیار	میانگین	گویه‌ها	مولفه‌های 4P
۱	۰/۴۳۰	۳/۸۹۲	استفاده از رسانه‌های ارتباطی و چاپی (رادیو، تلویزیون، و غیره) برای معرفی و تبلیغ	فعالیت‌های ترویجی- ترغیبی
۲	۰/۴۲۵	۳/۷۹۶	اهمیت دادن به تقویت روابط عمومی در تعامل با مشتریان	
۳	۰/۹۹۷	۳/۵۴۶	به‌کارگیری اقدامات تبلیغاتی و تشویقی مانند مسابقات، هدایا و... برای جذب بیشتر	
۴	۰/۸۳۳	۳/۴۹۲	تعامل دائمی یا دوره‌ای با مشتریان در معرفی محصولات جدید یا فرعی	
۵	۰/۸۹۰	۳/۱۴۶	شرکت در دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی درباره بازاریابی و فروش محصول	
۶	۱/۰۲۳	۲/۹۰۳	بهره‌گیری از اصول تبلیغاتی (مانند تهیه خبرنامه، بروشور، پوستر، برپایی نمایشگاه، و ...)	
۷	۰/۹۸۷	۲/۲۷۵	معرفی محصول از طریق کانال‌های ارتباطی اینترنتی یا پیامکی	

منابع

Bartlett, JE., Kotrlik, JW. and Chadwick, C. (2001). Organizational research: Determining appropriate sample size in survey research. Information Technology, Learning, and Performance Journal. 19(1), 43-50.

Fahandjsaadi, M. A. and Ghasemi, O. (2022). Identifying and prioritizing effective marketing mix elements in marketing performance in Iranian food industries (One and One Company Products), Shiraz: Second International Conference on Management, Ethics and Business. pp. 1-12.

Ghodousi, M., Mohtashami, T., Motawali Habibi, M. and Shedi, S. (2015). Identifying and prioritizing effective marketing mix elements in saffron export from the experts' perspective. Saffron Agriculture and Technology, 3(4), 285-296.

Leivang, V. and Sharma, LS. (2024). The Influence of Marketing Mix on Consumer Buying Decisions in the context of Fast-Moving Consumer Goods. International Journal for Multidisciplinary Research (IJFMR). 6 (1), 1-7.

Rao, R. and Singh, G. (2023). Challenges and Strategies of Marketing of Medicinal Plants. International Journal of Hortculture, Agriculture and Food Science (IJHAF), 7 (5), 6-9.

Rawat. D, Singh Chauhan. R. and Nautiyal. BP. (2025). Marketing of medicinal and aromatic plants in Uttarakhand. Marketing of medicinal and aromatic plants in Uttarakhand. Biochem. Res. 9 (5), 547-557.

Ranking of 4P marketing components among producers of the Cornelian Cherry medicinal plant in Kalybar County

Mojtaba Sookhtanlou[*1], Samad Dehghanpour[2], Mahnaz Mohammadzadeh Nasirabadi[3]
1. Associate Professor, Department of Water Engineering and Agricultural Management, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. Graduate in Agricultural Management, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Water Engineering and Agricultural Management, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
** Corresponding author: msookhtanlo@gmail.com*

Abstract

Cornelian Cherry (Cornus mas L.) is known as one of the most important agricultural and medicinal products in Kalibar County (East Azerbaijan Province). Despite the highly desirable and organic production of Cornelian Cherry and its large cultivated area in this county, due to the lack of proper marketing and the lack of complementary industries, this product has not been able to find its true place in generating income and improving the regional economy. Therefore, the aim of this research was to rank the 4P marketing components among the producers of medicinal Cornelian Cherry in Kalibar County. The present study was of a descriptive-correlational type and the statistical population included all Cornelian Cherry producers in the Kalibar region (1003 people), which were determined as the sample size by multi-stage sampling method and with the help of Bartlett et al. table, 280 people. The results of the study showed that the top rankings in terms of the impact of product, location/distribution, price, and promotional-incentive components in the marketing of blackberries were determined to include, respectively, "paying attention to the quality of products or providing services to buyers," "paying attention to maintaining the product's proper storage," "paying attention to determining the appropriate price compared to the prices of other competitors," and "using communication and print media (radio, television, etc.) to introduce and advertise the product." Therefore, planning to develop and score quality indicators in blackberry production, desirable investments in the form of government facilities for the quantitative and holding training courses in the fields of media and print advertising, and setting up and developing specialized marketing organizations for the more optimal development of blackberry marketing in the region are recommended.

Keywords: 4P Marketing, Cornelian Cherry, Kalybar County, Medicinal Plants

ارزیابی تأثیر رنگ بذر و وضعیت کپسول بر جوانه‌زنی و آلودگی در شرایط کشت درون‌شیشه‌ای گیاه دارویی قشنگی *Scrophularia variegata*

فهیمه هادی[1]، محمد احمدآبادی[*1]

۱- گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

[*]نویسنده مسئول: ahmadabadiir@yahoo.com

چکیده

گیاه *Scrophularia variegata* یکی از گونه‌های ارزشمند گیاهان دارویی است که به دلیل خواص دارویی و ارزش زیستی، نیازمند روش‌های مؤثر تکثیر و کشت است. کشت درون‌شیشه‌ای یکی از روش‌های مهم برای تولید سریع گیاهان سالم است، اما موفقیت این روش وابسته به عوامل متعددی مانند کیفیت مواد گیاهی و کنترل آلودگی است. در این مطالعه، تأثیر رنگ بذر (قهوه‌ای و سبز) و وضعیت فیزیکی کپسول بذر (باز یا بسته) بر جوانه‌زنی و میزان آلودگی بذرهای *S. variegata* در شرایط درون‌شیشه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. بذرهای جمع‌آوری‌شده به چهار دسته تقسیم شدند: قهوه‌ای-کپسول باز، قهوه‌ای-کپسول بسته، سبز-کپسول باز، و سبز-کپسول بسته. دو روش ضدعفونی شامل ضدعفونی مستقیم (بذرها) و ضدعفونی غیرمستقیم (کپسول‌ها) با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم ۶٪ (وایتکس تجاری) و الکل ۷۰٪ اعمال شد. بذرها پس از ضدعفونی در محیط کشت MS ½ کشت داده شدند و درصد جوانه‌زنی و آلودگی به صورت کمی ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که بذرهای سبز با کپسول باز و روش ضدعفونی مستقیم بیشترین درصد جوانه‌زنی (حدود ۱۰٪) را داشتند، در حالی که بذرهای قهوه‌ای-کپسول باز هیچ جوانه‌ای نشان ندادند. همچنین، روش ضدعفونی مستقیم در کاهش میزان آلودگی مؤثرتر بود. این نتایج اهمیت انتخاب نوع بذر مناسب و روش ضدعفونی بهینه را برای موفقیت در کشت درون‌شیشه‌ای گیاه *S. variegata* برجسته می‌کند و می‌تواند به بهبود فرآیند تکثیر و حفظ این گونه در شرایط آزمایشگاهی کمک کند.

واژه‌های کلیدی: جوانه‌زنی بذر، آلودگی میکروبی، ضدعفونی بذر، کشت درون‌شیشه‌ای، گیاه دارویی سیم‌اوتی

مقدمه

گیاه *Scrophularia variegata* که در زبان ترکی محلی به آن سیم‌اوتی و در فارسی گیاه قشنگی گفته می‌شود، از تیره‌ی Scrophulariaceae و یکی از گونه‌های دارویی بومی ایران به‌شمار می‌رود. این گیاه عمدتاً در نواحی کوهستانی، نیمه‌خشک و مرتفع ایران رشد می‌کند و در طب سنتی از گذشته برای درمان انواع التهابات، زخم‌ها، بیماری‌های پوستی و عفونت‌ها مورد استفاده بوده است. از دیدگاه فیتوشیمی، این گیاه دارای ترکیبات فعالی نظیر فلاونوئیدها (Rutin، Quercetin)، گلیکوزیدهای ایریدوئیدی (Aucubin، Harpagide)، تانن‌ها و اسیدهای فنولیک (Caffeic acid، Acid ferulic) است که خواص متنوعی مانند آنتی‌باکتریال، آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدسرطانی را به آن می‌بخشند (Babayan & Mnatsakanyan, 1989). به‌عنوان مثال، مطالعات نشان داده‌اند که عصاره این گیاه می‌تواند در مهار رشد برخی سلول‌های سرطانی (مانند سلول‌های سرطانی سینه) مؤثر باشد. همچنین، در طب سنتی

از ضماد عصاره گیاه برای تسریع بهبود زخم‌ها و التیام سوختگی‌ها استفاده می‌شده است (Azadmehr et al., 2015). با توجه به تقاضای روزافزون صنایع دارویی و آرایشی-بهداشتی برای منابع طبیعی و مؤثر گیاهی، تکثیر انبوه گیاهان دارویی با ارزش مانند *S. variegata* اهمیت زیادی یافته است. یکی از راهکارهای مؤثر در این زمینه استفاده از تکنیک‌های کشت بافت گیاهی است که امکان تولید انبوه، سریع، یکنواخت و عاری از بیماری را فراهم می‌کند.

با وجود ارزش دارویی بالای این گیاه، اطلاعات موجود درباره‌ی کشت درون‌شیشه‌ای و شرایط بهینه‌ی جوانه‌زنی بذرهای آن گزارش نشده است. از سوی دیگر، در گونه‌های دارویی مشابه نشان داده شده که عواملی چون مرحله‌ی رسیدگی بذر، شرایط ضدعفونی، و محیط کشت می‌توانند به‌شدت بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه تأثیر بگذارند. بنابراین، بررسی این عوامل برای بهینه‌سازی کشت بافت و حفاظت از ذخایر ژنتیکی گیاه ضروری است. هدف از این پژوهش بررسی اثر نوع بذر (از نظر رنگ و مرحله رسیدگی) و روش ضدعفونی بذر (مستقیم و غیرمستقیم) بر درصد جوانه‌زنی بذرهای *S. variegata* در محیط درون‌شیشه‌ای بود. نتایج این مطالعه می‌تواند به‌عنوان گامی اولیه برای توسعه‌ی برنامه‌های تکثیر انبوه و مطالعات زیست‌فناوری روی این گونه دارویی ارزشمند باشد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری بذر

بذرهای گیاه *Scrophularia variegate* از دامنه‌های طبیعی منطقه‌ی کوهستانی میشو آذربایجانشرقی در فصل تابستان سال ۱۴۰۳ جمع‌آوری شدند. بذرها از نظر رنگ و وضعیت کپسول به چهار گروه تقسیم شدند (شکل ۱): ۱. بذرهای قهوه‌ای با کپسول باز، ۲. بذرهای قهوه‌ای با کپسول بسته، ۳. بذرهای سبز با کپسول باز، ۴. بذرهای سبز با کپسول بسته

شکل ۱. چهار نوع کپسول بذر جمع‌آوری شده از گیاه قشنگی برای مطالعه در این پژوهش

ضدعفونی بذرها

ضدعفونی بذرهای جمع‌آوری‌شده به دو روش زیر صورت گرفت:

روش ضدعفونی مستقیم: در این روش، بذرها مستقیماً از کپسول خارج و تیمار شدند. ابتدا بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم ۶٪ (وایتکس تجاری بهمراه یک قطره TWEEN20) به مدت ۱۰ دقیقه در لوله‌های استریل قرار داده شده و محکم تکان داده شدند تا تماس بذرها با سطح وایتکس افزایش یابد. سپس بذرها با آب مقطر استریل به‌خوبی شستشو داده شدند. پس از آن، به مدت ۳۰ ثانیه در الکل ۷۰٪ قرار گرفتند و سه بار با آب مقطر شسته شدند و نهایتاً پس از خشک شدن روی کاغذ صافی استریل، کشت شدند.

روش ضدعفونی غیرمستقیم: در این روش، ابتدا کپسول‌های بذر بدون باز شدن در محلول هیپوکلریت سدیم ۶٪ به مدت ۱۵ دقیقه غوطه‌ور شدند. پس از آن با آب مقطر شسته و سپس به مدت ۳ دقیقه در الکل ۷۰٪ قرار گرفتند. پس از شستشو، در شرایط استریل هود لامینار، کپسول‌ها باز شده و بذرها از آن‌ها استخراج شدند و بلافاصله در محیط کشت قرار گرفتند.

کشت بذر در محیط کشت

بذرهای ضدعفونی‌شده در محیط ½ MS (Murashige and Skoog, 1962) بدون تنظیم‌کننده رشد گیاهی کشت شدند. محیط کشت حاوی ۳۰ گرم در لیتر ساکارز و ۷ گرم در لیتر آگار بود و pH آن قبل از اتوکلاو روی ۵/۸ تنظیم شد. تمام مراحل کشت در شرایط سترون انجام شد و نمونه‌ها در اتاق رشد با دمای ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. به‌طور تقریبی در هر شیشه مربا ۲۰ تا ۲۵ بذر کشت شد.

ارزیابی جوانه‌زنی و آلودگی

پس از گذشت ۴ تا ۵ هفته، درصد جوانه‌زنی و آلودگی برای هر تیمار ثبت شد. جوانه‌زنی زمانی ثبت شد که ریشه‌چه از پوشش بذر خارج شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از کشت بذرهای *Scrophularia variegata* در شرایط درون‌شیشه‌ای نشان داد که سه عامل مرحله رسیدگی بذر (رنگ بذر)، وضعیت فیزیکی کپسول و روش ضدعفونی تأثیر معنی‌داری بر جوانه‌زنی و میزان آلودگی دارند. تحلیل آماری با استفاده از آزمون واریانس سه‌طرفه (Three-way ANOVA) نشان داد که هر سه فاکتور و نیز اثرات متقابل بین آن‌ها بر درصد جوانه‌زنی و آلودگی در سطح معنی‌داری ۵٪ ($p<0.05$) تأثیرگذار بودند. در این پژوهش، بذرهای قهوه‌ای (رسیده) در اغلب تیمارها رشد مناسبی نداشتند و تنها در یک تیمار (کپسول بسته و ضدعفونی مستقیم) جوانه‌زنی محدودی (۱٫۶۷٪) مشاهده شد. این الگو در بسیاری از گونه‌های دارویی دیگر نیز گزارش شده است؛ به‌عنوان مثال، در *Echinacea purpurea* و *Digitalis purpurea*، بذرهای رسیده به دلیل ورود به فاز خواب (دورمانسی)، سخت شدن پوشش بذر، تجمع بازدارنده‌هایی چون ABA و کاهش فعالیت متابولیکی، توانایی جوانه‌زنی را از دست می‌دهند (Patil et al., 2012). در مقابل، بذرهای سبز (نارس‌تر)، به‌ویژه آن‌هایی که کپسول باز داشتند، جوانه‌زنی به‌مراتب بیشتری نشان دادند. بیشترین میزان جوانه‌زنی (۱۰٪) در تیمار "سبز، کپسول باز، ضدعفونی مستقیم" به‌دست آمد که در آن، آلودگی نیز کاملاً کنترل شد (۰٪). این یافته با مطالعات مشابه بر روی *Stevia rebaudiana* هم‌راستا است، که در آن بذرهای جوان‌تر به دلیل فعالیت‌های فیزیولوژیکی و جنینی بالاتر، نرخ جوانه‌زنی بالاتری در شرایط کشت درون‌شیشه‌ای داشته‌اند (Yücesan et al., 2016).

اثر روش ضدعفونی نیز به‌طور معنی‌داری در تحلیل آماری تأیید شد. روش مستقیم در تمام تیمارها باعث کاهش چشمگیر آلودگی و بهبود درصد جوانه‌زنی شد. این احتمال وجود دارد که تماس مستقیم محلول ضدعفونی با سطح بذر، باعث حذف مؤثرتر آلودگی‌های سطحی شده باشد. در مقابل، در روش غیرمستقیم، حضور کپسول به‌عنوان یک مانع فیزیکی، مانع از نفوذ کامل ماده ضدعفونی‌کننده شده و حتی در مواردی به‌عنوان منشأ آلودگی ثانویه عمل کرده است. نتایج مشابهی در مطالعات مربوط به کشت درون‌شیشه‌ای گیاهانی چون *Gossypium hirsutum* و *Zehneria capillacea* نیز گزارش شده است (Barampuram et al., 2014). از نظر فیزیکی، باز بودن کپسول در بذرهای سبز اثر

مثبتی بر جوانه‌زنی داشت. احتمالاً این موضوع با افزایش دسترسی بذر به اکسیژن و رطوبت و نیز تسهیل تماس آن با محیط کشت مرتبط است. اگرچه بذرهای سبز با کپسول بسته نیز در روش مستقیم درصدی از جوانه‌زنی (۶/۶۷٪) نشان دادند، اما میزان آلودگی در آن‌ها بالاتر بود (۳/۳۳٪)، که ممکن است به محبوس ماندن آلودگی درون کپسول و محدود شدن اثر ضدعفونی‌کننده‌ها مربوط باشد. نکته مهم دیگر آن است که بذرهای سبز با کپسول باز، نه‌تنها بالاترین درصد جوانه‌زنی را داشتند، بلکه از نظر ظاهری نیز شباهت بیشتری به گیاه مادری داشتند، که می‌تواند نشانه‌ای از بلوغ فیزیولوژیکی کافی برای آغاز رشد باشد. در مقابل، بذرهای سبز با کپسول بسته، اگرچه توان بالقوه رشد داشتند، اما محدودیت در تبادل گاز و تماس با مواد ضدعفونی‌کننده، سبب کاهش توان جوانه‌زنی آن‌ها شد. چنین تفاوت‌هایی در ویژگی‌های ظاهری و فیزیولوژیکی بذرها در مراحل مختلف رسیدگی، در پژوهش‌هایی بر روی *Ocimum basilicum* و *Catharanthus roseus* نیز مشاهده شده است (Stoian et al., 2022; Uzaki et al., 2024).

شکل ۲. مقایسه درصد جوانه‌زنی و آلودگی در تیمارهای مختلف ضدعفونی بذرهای *S. variegata* در این شکل درصد جوانه‌زنی و آلودگی بذرهای دارای رنگ‌های مختلف (قهوه‌ای و سبز)، وضعیت کپسول (باز و بسته) و دو روش ضدعفونی (مستقیم و غیرمستقیم) نمایش داده شده است. داده‌ها بر اساس میانگین سه تکرار (مجموعاً ۶۰ بذر در هر تیمار) محاسبه شده‌اند. حروف متفاوت روی ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آن صفت در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.

مقایسه میانگین‌ها با آزمون Bonferroni نشان داد که درصد جوانه‌زنی در تیمار «بذر سبز – کپسول باز – ضدعفونی مستقیم» به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود (۱۰٪). در مقابل، بذرهای قهوه‌ای، صرف‌نظر از روش ضدعفونی یا وضعیت کپسول، فاقد توان جوانه‌زنی بودند (شکل۲). از نظر درصد آلودگی، اگرچه در کل آزمایش آلودگی پایینی مشاهده شد، اما بالاترین مقدار آلودگی مربوط به تیمار «بذر سبز – کپسول بسته – ضدعفونی مستقیم» بود (حدود ۳/۳۳٪).

در مجموع، این مطالعه نشان داد که موفقیت در کشت درون‌شیشه‌ای بذرهای *Scrophularia variegata* به ترکیب دقیقی از عوامل فیزیولوژیکی (رنگ بذر)، فیزیکی (باز یا بسته بودن کپسول) و تکنیکی (نوع روش ضدعفونی) وابسته است. نتایج تحلیل آماری سه‌طرفه (Three-way ANOVA) نیز بر تأثیر معنادار این عوامل و اثرات متقابل آن‌ها

تأکید دارد. این یافته‌ها می‌توانند مبنای بهینه‌سازی شرایط کشت و ریزازدیادی گیاهان دارویی حساس در شرایط آزمایشگاهی باشند.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر نوع بذر (از نظر مرحله رسیدگی و وضعیت کپسول) و روش ضدعفونی (مستقیم و غیرمستقیم) بر توانایی جوانه‌زنی بذرهای *Scrophularia variegata* (گیاه قشنگی/ سیم‌اوتی) در محیط کشت MS ½ انجام شد. نتایج نشان داد که بذرهای سبز باز، از نظر ظاهری بیشترین شباهت را به گیاه مادری داشتند و در روش ضدعفونی مستقیم بیشترین درصد جوانه‌زنی را بدست آوردند (بیش از ۱۰ درصد). در مقابل، بذرهای قهوه‌ای – با وجود ظاهر رسیده – جوانه‌زنی بسیار ضعیفی نشان دادند یا اصلاً رشد نکردند، که می‌تواند نشانگر ورود به فاز خواب (دورمانسی) باشد. همچنین نتایج نشان داد که روش ضدعفونی مستقیم به‌طور کلی نسبت به روش غیرمستقیم مؤثرتر بود و باعث حفظ زنده‌مانی بذرها و تسهیل جوانه‌زنی شد. این یافته‌ها اهمیت انتخاب صحیح مرحله رسیدگی بذر و روش ضدعفونی مناسب را در فرآیند کشت بافت گونه‌های دارویی بومی مانند *S. variegata* نشان می‌دهد. با توجه به خواص دارویی ارزشمند این گیاه، از جمله فعالیت‌های ضدالتهابی، ضدباکتری، آنتی‌اکسیدانی و کاربرد در طب سنتی، بهینه‌سازی شرایط کشت درون‌شیشه‌ای می‌تواند گامی مؤثر در حفظ، تکثیر انبوه و استفاده پایدار از این گونه در صنایع دارویی و پژوهش‌های زیست‌فناوری باشد.

منابع

Agogbua, J. U., Okoli, B. E., & Osuji, J. O. (2022). Procedure for in vitro seed sterilization, germination and aseptic seedling establishment of *Zehneria capillacea* (Schumach) C. jeffrey. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, *19*(1), 143-148.

Azadmehr, A., Hajiaghaee, R., Baradaran, B., & Haghdoost-Yazdi, H. (2015). Apoptosis cell death effect of *Scrophularia variegata* on breast cancer cells via mitochondrial intrinsic pathway. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, *5*(3), 443.

Babayan, E. G., & Mnatsakanyan, V. A. (1989). Iridoid glycosides of *Scrophularia variegata* and *S. chrysantha*. Chemistry of Natural Compounds, 25(5), 621–622. https://doi.org/10.1007/BF00598094

Patil, J. G., Ahire, M. L., & Nikam, T. D. (2012). Influence of plant growth regulators on in vitro seed germination and seedling development of *Digitalis purpurea L. The Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology*, *6*(1), 12-18.

Stoian, V. A., Gâdea, Ș., Vidican, R., Vârban, D., Balint, C., Vâtcă, A., ... & Vâtcă, S. (2022). Dynamics of the *Ocimum basilicum* L. germination under seed priming assessed by an updated BBCH scale. *Agronomy*, *12*(11), 2694.

Uzaki, M., Mori, T., Sato, M., Wakazaki, M., Takeda-Kamiya, N., Yamamoto, K., ... & Hirai, M. Y. (2024). Integration of cell differentiation and initiation of monoterpenoid indole alkaloid metabolism in seed germination of *Catharanthus roseus*. *New Phytologist*, *242*(3), 1156-1171.

Yücesan, B., Mohammed, A., Büyükgöçmen, R., Altuğ, C., Kavas, Ö., Gürel, S., & Gürel, E. (2016). In vitro and ex vitro propagation of *Stevia rebaudiana Bertoni* with high Rebaudioside-A content—A commercial scale application. *Scientia Horticulturae*, *203*, 20-28.

Evaluation of the effect of seed color and capsule condition on germination and infection under in vitro cultivation conditions of the medicinal plant *Scrophularia variegate*

Fahime Hadi[1], Mohammad Ahmad Abadi*[1]
1. Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Azerbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran.
*Corresponding Author: ahmadabadiir@yahoo.com

Abstract

Scrophularia variegata is a valuable medicinal plant species that requires effective propagation and cultivation methods due to its medicinal properties and biological value. In vitro cultivation is one of the important methods for rapid production of healthy plants, but the success of this method depends on several factors such as the quality of plant material and contamination control. In this study, the effect of seed color (brown and green) and the physical condition of the seed capsule (open or closed) on germination and contamination of *S. variegata* seeds under in vitro conditions was investigated. The collected seeds were divided into four categories: brown-open capsule, brown-closed capsule, green-open capsule, and green-closed capsule. Two disinfection methods including direct disinfection (seeds) and indirect disinfection (capsules) were applied using 6% sodium hypochlorite solution (Commercial Vitex) and 70% alcohol. After disinfection, the seeds were cultured in ½ MS medium and the germination and infection percentages were quantitatively evaluated. The results indicated that green seeds from open capsules, treated with the direct sterilization method, exhibited the highest germination rate (approximately 10%), whereas brown seeds from open capsules failed to germinate. Furthermore, direct sterilization was more effective in minimizing microbial contamination compared to indirect treatment.These results highlight the importance of selecting the appropriate seed type and optimizing the sterilization method for the successful in vitro culture of *Scrophularia variegata*, and can contribute to improving the propagation process and conservation of this species under in vitro conditions.

Keywords: seed germination, microbial contamination, seed disinfection, in vitro culture, medicinal plant Simoti

سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

متابولیت‌های ثانویه گیاهی به عنوان عوامل ایمنی‌مدولاتوری: مروری بر مکانیسم‌های مولکولی و چشم‌اندازهای درمانی

ویدا احمدی*[۱]، محمودرضا مدرس اول[۲]
۱- دانشجوی دکترای ژنتیک و بهنژادی گیاهی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲- فارغ‌التحصیل کارشناسی بیوتکنولوژی، دانشگاه ربع رشید، تبریز، ایران
*نویسنده مسئول: Ahmadi.vida63@gmail.com

چکیده

متابولیت‌های ثانویه گیاهی (PSMs) به‌عنوان ترکیبات زیست‌فعال، توانایی چشمگیری در تنظیم عملکرد سیستم ایمنی دارند. این مواد از راه‌هایی همچون مهار التهاب، کاهش فشار اکسیداتیو و برقراری تعادل در میکروبیوتای روده، به حفظ هموستاز ایمنی کمک می‌کنند. در این مرور نظام‌مند، پژوهش‌های منتشرشده بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ مورد بررسی قرار گرفت تا نقش این ترکیبات در تعدیل ایمنی مشخص شود. یافته‌ها نشان می‌دهند که ترکیباتی مانند کورکومین، جینسنوزید و بربرین می‌توانند با اثرگذاری بر مسیرهای درون‌سلولی مهم، تولید مواد التهابی را کنترل کرده و پاسخ ایمنی بدن را بهبود بخشند. با این حال، محدودیت‌هایی نظیر جذب پایین، تنوع در فرمولاسیون‌ها، و کمبود داده‌های انسانی معتبر، مانعی برای کاربرد درمانی گسترده آن‌ها محسوب می‌شود. به همین دلیل، استفاده از فناوری‌هایی مانند نانوفرمولاسیون و طراحی کارآزمایی‌های بالینی دقیق، گام‌هایی ضروری برای بهره‌گیری مؤثر از این ترکیبات در ارتقاء سلامت انسان است.

واژه‌های کلیدی: استرس اکسیداتیو، ایمنی‌درمانی طبیعی، سیستم ایمنی، مسیرهای التهابی، میکروبیوتای روده

مقدمه

سیستم ایمنی بدن انسان، سامانه‌ای پیچیده از سلول‌ها، مولکول‌ها و مسیرهای سیگنال‌دهنده است که نقش اساسی در محافظت از بدن در برابر عوامل بیماری‌زا و حفظ تعادل فیزیولوژیکی ایفا می‌کند. با گسترش بیماری‌هایی نظیر التهاب مزمن، نقص ایمنی، و سرطان، نیاز به رویکردهای جدید برای تعدیل عملکرد این سیستم بیش از پیش احساس می‌شود (Pillai & Antony, 2024).

در این میان، متابولیت‌های ثانویه گیاهی (Plant Secondary Metabolites, PSMs) که شامل گروه‌هایی چون آلکالوئیدها، ترپنوئیدها و پلی‌فنول‌ها هستند، به‌دلیل ساختارهای شیمیایی متنوع و فعالیت‌های زیستی چندجانبه خود، مورد توجه بسیاری از مطالعات دارویی و ایمونولوژیک قرار گرفته‌اند (Srivastava et al., 2025; Hooda et al., 2024). این ترکیبات از طریق مهار مسیرهای کلیدی سیگنالینگ سلولی نظیر NF-κB و MAPK، فعال‌سازی AMPK، و کاهش تولید سایتوکاین‌های پیش‌التهابی همچون TNF-α و IL-۶، می‌توانند عملکرد سیستم ایمنی را متعادل‌سازی نمایند (Han et al., 2023) افزون بر آن، برخی PSMها با اثرگذاری بر ترکیب و عملکرد میکروبیوتای روده و افزایش تولید متابولیت‌های مفیدی مانند اسیدهای چرب زنجیره کوتاه، موجب تقویت غیرمستقیم ایمنی میزبان می‌شوند (Simsek & Whitney, 2025). با این حال، محدودیت‌هایی نظیر زیست‌فراهمی پایین، پایداری ضعیف در گردش خون،

و نبود داده‌های بالینی انسانی کافی، چالش‌هایی جدی در مسیر بهره‌برداری درمانی گسترده از این ترکیبات به شمار می‌آیند (Saad, 2023).

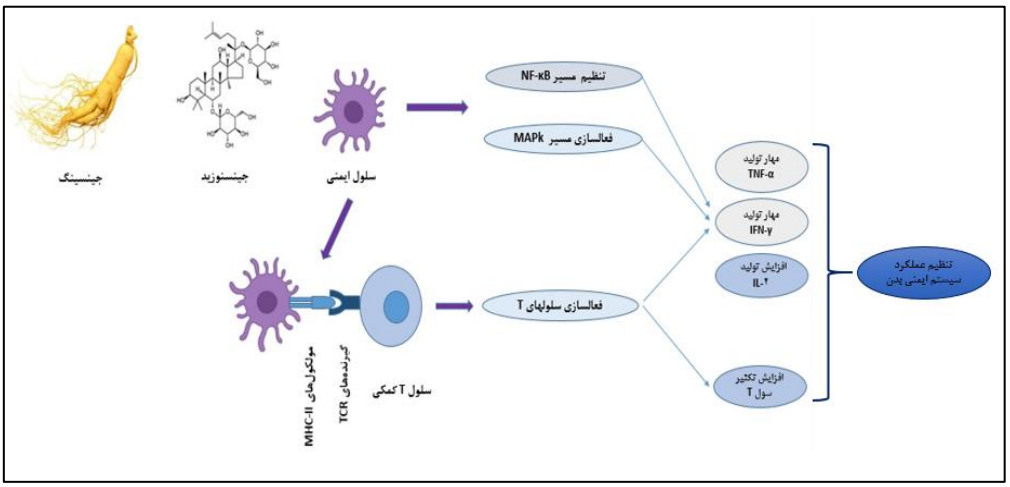
این مقاله، با هدف مرور تحلیلی پژوهش‌های منتشرشده بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵، به بررسی مکانیسم‌های مولکولی، شواهد پیش‌بالینی و بالینی، و چالش‌های مربوط به استفاده درمانی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی در تنظیم ایمنی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

جستجوی سیستماتیک درPubMed، Scopus و Googleschoolar با استفاده از کلمات کلیدی مانند Plant Secondary Metabolites، Immunomodulation، و Clinical Trials انجام شد. حدود ۴۰ مقاله مربوط به سال‌های اخیر با تمرکز بر مرورهای سیستماتیک انتخاب و تحلیل و بررسی گردید. اطلاعات مقالات منتخب در یک جدول مقایسه‌ای تنظیم و مکانیسم‌های اثرگذاری ترکیبات گیاهی در سطح سلولی، مولکولی و بالینی استخراج و طبقه‌بندی گردیدند.

یافته‌ها و تحلیل

متابولیت‌های ثانویه گیاهی از جمله بربرین، کورکومین، لیمونن، جین سینوزید و پیپرین، به دلیل مکانیسم‌های مولکولی متنوع خود، پتانسیل چشمگیری را در تعدیل پاسخ‌های ایمنی و اعمال اثرات ضدالتهابی و ضدعفونی نشان می‌دهند. این ترکیبات از طریق مهار مسیرهای سیگنالینگ التهابی کلیدی نظیر NF-κB وMAPK/ERK، فعال‌سازی AMPK، و سرکوب تولید سایتوکاین‌های پیش‌التهابی مانند TNF-α، IL-β۱ و IL-۶، به تنظیم و متعادل‌سازی پاسخ ایمنی کمک می‌کنند (شکل-۱)(Vaibhav et al., 2012) .



شکل ۱. مکانیسم تنظیم عملکرد سیستم ایمنی توسط متابولیت‌های ثانویه (جینسنوزید). پس از ورود جینسنوزیدها به بدن، این ترکیبات با سلول‌های ایمنی تعامل می‌کنند و موجب فعال‌سازی مسیرهای سیگنالینگ درون‌سلولی از جمله مسیر NF-κB و MAPK می‌شوند، که منجر به افزایش ترشح سایتوکاین‌های التهابی مانندTNF-α، IFN-γ وIL-2 می‌شود که نقش مهمی در تنظیم و تقویت ایمنی سلولی دارند. علاوه‌براین، جینسنوزیدها از طریق تحریک سلول‌های ارائه‌دهنده آنتی‌ژن و تعامل آن‌ها با گیرنده‌های TCR بر سطح سلول‌های T (از طریق کمپلکس MHC کلاس II)، منجر به فعال‌سازی و تکثیر سلول‌های T می‌شوند. این فرایند موجب تنظیم عملکرد سیستم ایمنی می شود.

علاوه بر این، پلی‌فنول‌ها و پلی‌ساکاریدهای گیاهی با تأثیر مستقیم بر میکروبیوتای روده، تنوع گونه‌های میکروبی را تغییر داده و تولید متابولیت‌های سودمندی همچون اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر[1] را افزایش می‌دهند که خود دارای خواص ضدالتهابی و تقویت‌کننده ایمنی هستند. مطالعات پیش‌بالینی شواهدی دال بر توانایی این ترکیبات در بهبود مقاومت به انسولین، کاهش التهاب مزمن، مقابله با عفونت‌های قارچی، و حتی تقویت اثر داروهای ضدسرطان ارائه کرده‌اند. این دو مسیر مکمل، یعنی تعدیل مسیرهای التهابی و بهبود توازن میکروبی روده، متابولیت‌های ثانویه گیاهی را به نامزدهای مهمی در طراحی رویکردهای جدید ایمنی‌درمانی طبیعی تبدیل کرده است (Han et al., 2023). با این وجود، اثربخشی بالینی و ایمنی جامع این ترکیبات هنوز به طور گسترده تأیید نشده و برای بهره‌برداری کامل از پتانسیل درمانی آن‌ها، انجام کارآزمایی‌های بالینی وسیع با طراحی مناسب و توسعه فناوری‌های بهبود زیست‌فراهمی ضروری است.

جدول ۱. خلاصه‌ای از خواص و مکانیسم‌های عمل برخی متابولیت‌های ثانویه

نوع متابولیت	ترکیب	منبع گیاهی	خواص کلیدی	مکانیسم عمل	جامعه تحت آزمایش	منابع
ترپنوئیدها	جین سینوزید	جینسینگ	-کاهش عفونت‌های ویروسی -تقویت ایمنی عمومی	تنظیم مسیر NF-κB فعالسازی مسیر MAPk فعال‌سازی سلول‌های T، NK و ماکروفاژ توسط	-------	Srivastava et al., 2025
	لیمونن	منابع گیاهی متنوع (مرکبات)	- حل کلسترول سنگهای صفراوی - پیشگیری از سرطان -ضد قارچی	- مهار رشد قارچ *Candida albicans* از طریق القای آپوپتوز (مرگ سلولی برنامه‌ریزی‌شده)	آزمایشات بر روی موش	et al., Thakre 2018
آلکالوئیدها	بربرین	گیاه **کوپتیس چینی**، زرشک	- تعدیل ترشح سایتوکاین‌ها - فعالیت ضدویروسی -ضدالتهابی -ضد قارچ - کولیت مزمن، - دیابت نوع2	- تنظیم ترشح سایتوکاین‌ها - تنظیم مسیرهای متابولیکی (AMPK) مهار HOG-MAPK در قارچ	موشها، قارچ *Candida albicans*	Jantan et al., 2022 Huang et al., 2021
	پیپرین	فلفل سیاه و فلفل بلند	- ضدالتهاب قوی - ضدتومور -پرفیوژن مغزی	- کاهش سطح سایتوکاین‌های پیش‌التهابی (IL-1β، IL-6 و TNF-α) - سنتتاز ترومبوکسان A2، سرکوب COX-2، NOS-2 و NF-κB	رتها، مطالعات in vitro و in vivo	Vaibhav et al.,2012

۱. اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر متابولیت‌های تولیدشده توسط تخمیر باکتریایی فیبرهای غذایی در روده هستند نقش مهمی در سلامت روده، تنظیم سیستم ایمنی و متابولیسم انرژی ایفا می‌کنند.

ادامه جدول ۱

نوع متابولیت	ترکیب	منبع گیاهی	خواص کلیدی	مکانیسم عمل	جامعه تحت آزمایش	منابع
ترکیبات فنولی	کورکومین	زردچوبه	- ضدالتهاب قوی -آنتی‌اکسیدان -ضدسرطان، - ضد ویروسی، - تعدیل ایمنی - کاهش التهاب عصبی - کاهش التهاب روده (IBD) - کاربرد در ایمونوتراپی سرطان - کاهش سطح LDL اکسید شده	- مهار فعال‌سازی NF-κB، - کاهش التهاب در بیماری‌های متابولیک فعال‌سازیAMPK ، - کاهش استرسER	موش‌ها، رت‌ها، بیماران دیابت نوع ۲، سلولهای طحال، میکروارگانیسم‌ها	Liu et al., 2022; Hossain et al., 2025
	رسوراترول	انگور، بلوبری، بادام زمینی		- کاهش مرگ سلولی آپوپتوز ناشی از التهاب عصبی - هدف‌گیری چندگانه مسیرهای مرتبط با بیماری‌های مزمن	بیماران تحت پیشگیری اولیه از بیماری‌های قلبی-عروقی	Pillai & Antony, 2024

چالش‌ها و مسیر آینده

یکی از موانع اصلی کاربرد بالینی متابولیت‌های ثانویه گیاهی، زیست‌فراهمی پایین آن‌هاست که موجب جذب و پایداری کم در بدن می‌شود (Simsek & Whitney, 2025). همچنین، نبود کارآزمایی‌های انسانی بزرگ‌مقیاس و با کیفیت بالا باعث شده شواهد قطعی از اثربخشی این ترکیبات محدود بماند (Saad, 2023). برای رفع این چالش‌ها، توسعه فناوری‌های نوین مانند نانوذرات، لیپوزوم‌ها و میسل‌ها برای بهبود جذب و پایداری پیشنهاد شده است؛ در کنار این، طراحی کارآزمایی‌های تصادفی کنترل‌شده و استانداردسازی محصولات گیاهی از مسیرهای مهم آینده محسوب می‌شود تا امکان استفاده ایمن و مؤثر از این ترکیبات در پزشکی نوین فراهم گردد (Simsek & Whitney, 2025).

نتیجه‌گیری

متابولیت‌های ثانویه گیاهی (PSMs) به دلیل اثرات ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و ایمنی‌مدولاتوری، پتانسیل چشمگیری برای تقویت و تعدیل سیستم ایمنی دارند. اما کاربرد بالینی آن‌ها همچنان نیازمند شواهد قوی‌تر از کارآزمایی‌های انسانی بزرگ‌مقیاس است. همچنین، بهبود زیست‌فراهمی پایین این ترکیبات از طریق نانوفرمولاسیون‌ها و فناوری‌های نوین انتقال دارو، از مسیرهای کلیدی برای افزایش اثربخشی و ایمنی آن‌ها در پزشکی نوین به شمار می‌آید.

منابع

Han, D., Wu, Y., Lu, D., Pang, J., Hu, J., Zhang, X., & Wang, J. (2023). Polyphenol-rich diet mediates interplay between macrophage-neutrophil and gut microbiota to alleviate intestinal inflammation. Cell Death & Disease, 14(10), 656.

Hooda, P., Malik, R., Bhatia, S., Al-Harrasi, A., Najmi, A., Zoghebi, K., Halawi, M. A., Makeen, H. A., & Mohan, S. (2024). Phytoimmunomodulators: A review of natural modulators for complex immune system. Heliyon, 10, e23790. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23790

Huang, X., Yi, Y., Yong, J., Sun, J., Song, Z., Li, D., & Li, Y. (2021). Inhibitory effect of berberine hydrochloride against Candida albicans and the role of the HOG-MAPK pathway. Journal of Antibiotics, 74(11), 807–816.

Hossain, M. S., Wazed, M. A., Asha, S., Amin, M. R., & Shimul, I. M. (2025). Dietary Phytochemicals in Health and Disease: Mechanisms, Clinical Evidence, and Applications—A Comprehensive Review. Food Science & Nutrition.

Jantan, I., Rahman, N. U. A., Haque, M. A., Arshad, L., & Ahmad, W. (2022). Immunomodulatory and anti-inflammatory activities of selected medicinal plants: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 62(21), 5863–5880.

Liu, C., Li, Y., Wen, C., Yan, Z., Olatunji, O.J., & Yin, Z. (2022). Dehydrozingerone alleviates hyperalgesia, oxidative stress and inflammatory factors in complete Freund's Adjuvant-induced arthritic rats. Drug Design, Development and Therapy, 16, 3015–3022.

Pillai, M. G., & Antony, H. (2024). Harnessing the immunomodulatory potential of natural products in precision medicine—a comprehensive review. Exploratory Drug Science, 2(2), 339–360. https://doi.org/10.37349/eds.2024.00050

Saad, B. (2023). A review of the anti-obesity effects of wild edible plants in the Mediterranean diet and their active compounds: From traditional uses to action mechanisms and therapeutic targets. International Journal of Molecular Sciences, 24(16), 12641.

Simsek, M., & Whitney, K. (2024). Examination of primary and secondary metabolites associated with a plant-based diet and their impact on human health. Foods, 13(7), 1020. https://doi.org/10.3390/foods13071020

Srivastava, R., Dubey, N. K., Sharma, M., Kharkwal, H., Bajpai, R., & Srivastava, R. (2025). Boosting the human antiviral response in conjunction with natural plant products. Frontiers in Natural Products, 3, 1470639. https://doi.org/10.3389/fntpr.2024.1470639

Thakre, A., Zore, G., Kodgire, S., Kazi, R., Mulange, S., Patil, R.,& Karuppayil, S.M. (2018). Limonene inhibits Candida albicans growth by inducing apoptosis. Medical Mycology, 56(5), 565–578.

Vaibhav, K., Son, H.R., Kim, H.G., Singh, V.P., & Choi, J.H. (2012). Piperine reduces inflammatory mediators by suppressing NF-κB and MAPK signaling pathways in activated macrophages. International Immunopharmacology, 13(2), 241–248.

Plant Secondary Metabolites as Immunomodulatory Agents: A Review of Molecular Mechanisms and Therapeutic Perspectives

Vida Ahmadi[*1], Mahmoud Reza Modarres Aval[2]
1- PhD student in Genetics and Plant Breeding, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2- Graduate in Biotechnology, Rab-e Rashid University of Tabriz, Iran
[*]*Corresponding Author: Ahmadi.vida63@gmail.com*

Abstract

Plant secondary metabolites (PSMs) are bioactive compounds with remarkable potential to modulate immune function. These compounds contribute to immune homeostasis through mechanisms such as suppressing inflammation, reducing oxidative stress, and restoring balance in the gut microbiota. In this systematic review, studies published between 2015 and 2025 were analyzed to elucidate the immunoregulatory effects of PSMs. The findings indicate that compounds such as curcumin, ginsenosides, and berberine exert their effects by targeting intracellular signaling pathways and modulating pro-inflammatory mediators, ultimately enhancing immune responses. However, limitations including poor bioavailability, variability in formulations, and a lack of robust clinical data currently hinder their widespread therapeutic use. Therefore, advancements in drug delivery technologies—such as nanoformulations—and the implementation of well-designed clinical trials are essential to fully harness the therapeutic potential of these phytochemicals in human health.

Keywords: Immune System, Inflammatory Pathways, Gut Microbiota, Natural Immunotherapy, Oxidative Stress

خواص آنتی‌اکسیدانی *Lawsonia inermis*: مروری کوتاه بر فیتوشیمی و پتانسیل درمانی آن

علیرضا سلمانی[۱]، یوسف پناهی*[۱]، پویا صابرفرزام[۱]، پینار طهماسب‌زاده بسطام[۱]
۱- گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
*نویسنده مسئول: y.panahi@tabrizu.ac.ir

چکیده

Lawsonia inermis L. که به‌طور معمول با نام حنا شناخته می‌شود، به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی قوی خود در مطالعات گسترده‌ای از مدل‌های آزمایشگاهی، حیوانی و سلولی مورد توجه قرار گرفته است. جستجویی در پایگاه داده پابمد با استفاده از کلیدواژه‌های '*Lawsonia inermis*'، 'حنا' و 'آنتی‌اکسیدان' از ابتدای پایگاه داده تا ژوئن ۲۰۲۵ انجام شد. از میان ۱۲۷ مقاله شناسایی‌شده، ۱۹ مورد که بر خواص آنتی‌اکسیدانی حنا تمرکز داشتند، انتخاب شدند. عصاره‌های مختلف حاصل از برگ، بذر و میوه این گیاه از جمله عصاره‌های آبی، اتانولی، استات‌اتیل و متانولی توانایی قابل‌توجهی در پاکسازی رادیکال‌های آزاد، مهار پراکسیداسیون لیپیدی و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی درون‌زاد مانند سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز نشان داده‌اند. اثربخشی آنتی‌اکسیدانی این عصاره‌ها به وجود ترکیبات فیتوشیمیایی غنی مانند لاوسون، فرکستین، اسید گالیک، اسید الاجیک و مشتقات ۱،۲،۴-تری‌هیدروکسی‌نفتالن نسبت داده شده است. این ترکیبات نه‌تنها در حفظ تعادل اکسیداتیو نقش دارند، بلکه در مدل‌های حیوانی مختلف از موش‌های آلوده و رت‌های ویستار گرفته تا رده‌های سلولی سرطانی اثرات حفاظتی در برابر آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از عوامل بیماری‌زا، سموم و تنش‌های محیطی نشان داده‌اند. همچنین، *Lawsonia inermis* در ترکیب با سایر گیاهان دارویی اثرات هم‌افزای درمانی داشته و پتانسیل آن را افزایش می‌دهد. با اینکه نوع عصاره و بخش مورد استفاده گیاه بر فعالیت بیولوژیکی آن تأثیرگذار است، نتایج ثابت شده حاکی از آن است که این گیاه منبعی ارزشمند از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی است. انجام مطالعات بیشتر برای استانداردسازی فرمولاسیون عصاره‌ها، جداسازی ترکیبات فعال و بررسی مکانیسم‌های اثر آن‌ها در شرایط بالینی ضروری است.

واژه‌های کلیدی: استرس اکسیداتیو، حنا، عصاره‌های گیاهی، لاوسون.

Antioxidant Properties of *Lawsonia inermis*: A Short Review of Phytochemistry and Therapeutic Potential

Alireza Salmani[1], Yousef Panahi[1]*, Pouya Saber Farzam[1], Pinar Tahmasebzadeh Bastam[1]
1. Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
*Corresponding Author: y.panahi@tabrizu.ac.ir

Abstract

Lawsonia inermis L., commonly known as henna, has garnered considerable attention for its potent antioxidant properties, as evidenced by a wide range of experimental studies across in vitro, in vivo, and clinical models. A search was conducted in the PubMed database using the keywords *'Lawsonia inermis'*, 'henna', and 'antioxidant' from the inception of the database until June 2025. Among the 127 identified articles, 19 were selected that focused on the antioxidant properties of henna. Various extracts derived from its leaves, seeds, and fruits including aqueous, ethanolic, ethyl acetate, and methanolic forms have demonstrated significant free radical scavenging abilities, lipid peroxidation inhibition, and enhancement of endogenous antioxidant enzymes such as superoxide dismutase, catalase, and glutathione peroxidase. The antioxidant efficacy of these extracts has been attributed to rich phytochemical compositions, including lawsone, fraxetin, gallic acid, ellagic acid, and 1,2,4-trihydroxynaphthalene derivatives, among others. These constituents not only contribute to redox balance but also offer protective effects against oxidative damage induced by pathogens, toxins, and environmental stressors in models ranging from infected mice and Wistar rats to cancer cell lines. Additionally, *Lawsonia inermis* has shown synergistic effects when used in combination with other medicinal plants, enhancing its therapeutic potential. While its bioactivity is influenced by extraction methods and plant parts used, consistent outcomes affirm its promise as a natural antioxidant agent. Further studies are warranted to standardize extract formulations, isolate bioactive compounds, and evaluate their mechanisms of action in clinical settings.

Keywords: Henna, Lawsone, Oxidative stress, Plant extracts.

مقایسه رنگ و کمیت اسانس دو گونه *Salvia*

الهام امانتکار[۱]، منصوره قوام[*۱]

۱- گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

[*]نویسنده مسئول: mghavam@kashanu.ac.ir

چکیده

جنس *Salvia* به دلیل تنوع ترکیبات زیست‌فعال در اسانس، منبع مهمی در صنایع دارویی، آرایشی - بهداشتی و غذایی محسوب می‌شود. این مطالعه با هدف مقایسه کمی اسانس دو گونه بومی *Salvia reuteriana* Boiss. با نام فارسی (مریم گلی اصفهانی) و *Salvia macrosiphon* Boiss. با نام فارسی (مریم گلی لوله‌ای) انجام شد. بدین منظور، نمونه‌های گیاهی به ترتیب در اواخر اردیبهشت و اوایل خرداد ماه ۱۴۰۳ از ارتفاعات چشمه شهسواران و آزران جمع‌آوری گردید. در مرحله بعد، جهت استخراج اسانس از روش تقطیر با آب به کمک دستگاه کلونجر استفاده شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که رنگ اسانس حاصل از *S. reuteriana* به صورت زرد روشن و رنگ اسانس حاصل از *S. macrosiphon* نیز به صورت رنگ زرد پررنگ بود. همچنین بازده اسانس *S. reuteriana* (۰/۱۵±۰/۴۲) درصد (وزنی/ وزنی) و بازده اسانس *S. macrosiphon* با بازده (۰/۲۷±۱/۰۵) درصد (وزنی/ وزنی) گزارش گردید که تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($P\leq$ ۰/۰۱). بنابراین به نظر می‌رسد تفاوت در بازده اسانس دو گونه *S. reuteriana* و *S. macrosiphon* می‌تواند به عوامل مختلفی مانند منطقه برداشت، زمان برداشت، ویژگی‌های خاک، عوامل جغرافیایی و غیره بستگی دارد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، روش تقطیر، کاشان، مریم گلی اصفهانی، مریم گلی لوله‌ای.

مقدمه

Salvia یکی از مهم‌ترین و بزرگ‌ترین جنس در خانواده نعناعیان است و دارای بیش از ۱۰۰۰ گونه می‌باشد و منبع مهمی از ترپن ها، که گروهی از متابولیت‌های ثانویه است و در سراسر جهان به طور گسترده‌ای پراکنده شده‌اند (Campos-Xolalpa et al., 2018). نام سالویا برگرفته از واژه لاتین "salvare" است که به معنای "شفا دهنده" می‌باشد. این ارتباط نشان‌دهنده‌ی سابقه‌ی طولانی و غنی این گیاه در زمینه‌های پزشکی است (Balaei-Kahnamoei et al., 2021). در زبان فارسی جنس سالویا در ایران با نام مریمی یا مریم گلی شناخته می‌شود (Askari et al.,2021). اسانس‌های گونه مریم گلی حاوی مواد فعال زیستی مختلفی مانند ترپنوئیدها، استروئیدها، فلاونوئیدها و پلی فنل‌ها ،.... است و غلظت مواد فعال در هر قسمت از گیاه متفاوت است (Ghavam et al., 2020).

مریم گلی لوله ای با نام علمی *Salvia macrosiphon Boiss.* گیاهی چندساله و علفی است که بوی معطر لیمویی دارد و رنگ آن سبز کم‌رنگ مایل به زرد است. ساقه ها ایستاده و محکم تا ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر رشد می‌کنند. به شکل چهارگوش، با پوششی از کرک‌های غده‌ای کوتاه ظاهر می‌شوند (Walker et al., 2004). این گیاه بومی ایران (غرب و مرکز ایران) می باشد (Hamedi et al., 2016) و به طور فراوان و متنوع در افغانستان، پاکستان، عراق و ترکیه یافت می‌شود (Rechinger, 1982). بررسی خاک مناطق مختلف نشان داد که این گیاه در خاک‌هایی با بافت متوسط تا

سبک و قلیائیت ضعیف تا متوسط (اسیدیته ۷/۷ تا ۸/۴) رشد می‌کند. همچنین به شرایط گرم و خشک مقاوم می‌باشد (Bahrami et al., 2023). این گیاه در طب سنتی ایران با نام‌های مرو، تخم مرو یا مروک شناخته می‌شود، خیسانده یا جوشانده دانه‌های این گیاه در درمان بیماری‌های التهابی و مشکلات تنفسی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این دانه‌ها به همراه سایر دانه‌های حاوی موسیلاژ برای بهبود مشکلات تنفسی به‌کار می‌روند. این گیاه خاصیت مدر، ضدنفخ و اثرات درمانی دیگری نیز دارد (Hamedi et al., 2015). همچنین در مطالعات پیشین اشاره شده است که عصاره آبی از برگ مریم گلی دارای خاصیت ضد افسردگی می‌باشد (Sarkoohi et al., 2020). بر اساس مطالعات قوم فارماکولوژیک، دانه و پوست ریشه *S. macrosiphon* کاربردهای درمانی در بین مردم بومی ایران دارد (Sadat-Hosseini et al., 2017). تحقیقات فیتوشیمیایی این گونه نشان داده است که این گیاه حاوی ترکیبات فلاونوئیدی و فنلی مانند آپیژنین، لوتئولین، سالویژنین، اوپاتورین و رزمارینیک اسید است. رزمارینیک اسید، آپیژنین و لوتئولین به‌عنوان ترکیبات اصلی این گیاه، دارای تأثیرات بیولوژیکی مهمی از جمله اثرات سیتوتوکسیک، ضداستیل کولین استراز، ضدالتهابی (Fuchs et al., 1993) و آنتی‌اکسیدانی (Aghaei et al., 2023) هستند. همچنین اسانس *S. macrosiphon* با ترکیبات شناخته شده خود، فعالیت‌های دارویی مانند اثرات آنتی باکتریایی (Farhadi et al., 2023)، سیتوتوکسیک، ضدالتهابی و ضداکسیدانی را نشان می‌دهد (Eftekhari et al., 2017).

مریم گلی اصفهانی با نام علمی *Salvia reuteriana Boiss.* گیاهی معطر از تیره نعناعیان و بوته ای، پایا و پوشیده از پرز است. ارتفاع این گیاه بین ۲۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر متغیر است، ساقه آن چهارگوش است. برگ‌ها تخم‌مرغی یا کلیوی شکل با قاعده قلبی و به‌صورت مدور تا کمی نوک‌تیز هستند. گل‌های این گیاه ممکن است سفید، زرد متمایل به سفید، یا مایل به آبی و گاهی شامل لکه‌های سفید یا زرد رنگ می‌باشند (Amiri et al., 2006). این گونه بومی ایران (مرکز و غرب ایران) می‌باشد و در عراق نیز یافت می‌شود (Rechinger, 1982). زمان گلدهی این گیاه بهار می‌باشد و رویشگاه آن دامنه‌های سنگلاخی و صخره‌ای و یا شکاف صخره‌ها، دره‌های خشک، همراه با درختان و درختچه‌ها در مناطق خشک می‌باشد. در آنالیز شیمیائی ترکیبات عصاره‌های روغنی این گونه برای اولین بار، تعداد ۲۱ ترکیب مختلف از جمله جرماکرین-دی، آلفا گورجونن، ای-بتا-اوسمین و ان-هگزیل استات استحصال شد که ای-بتا-اوسمین و آلفا گورجونن به‌عنوان ترکیبات اصلی شناسایی شدند (Mirza and Sefidkon, 1999). مطالعات فارماکولوژیک گذشته خواص ضداضطرابی، خواب-آور، ضددیابتی، ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی (اندام‌های هوایی *S.reuteriana* را تایید کرده است (Fattahi et al., 2014 & Panahi et al.,2020).

مواد و روش‌ها

- انتخاب محل کشت

به منظور تعیین مناطق نمونه برداری دو گونه *S. macrosiphon* و *S. reuteriana* در رویشگاه‌های طبیعی کاشان بازدید و بررسی‌های میدانی صورت گرفت و با در نظر گرفتن شرایط مختلف محیطی از قبیل طبیعی بودن رویشگاه‌ها، در دسترس بودن و قابل برداشت بودن گیاه از طریق بازدیدهای میدانی، وضعیت اقلیم، ارتفاع از سطح دریا، دو منطقه آزران و ارتفاعات چشمه شهسواران جاده قهرود انتخاب و اطلاعات فنولوژیکی اکوتایپ مناطق بررسی و براساس آن زمان گلدهی گیاه جهت جمع‌آوری تعیین گردید. در جدول ۱ مختصات جغرافیایی نقاط نمونه برداری شده و در جدول ۲ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مناطق نمونه برداری نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی

ایستگاه	نقاط جغرافیایی		منطقه برداشت	فاصله منطقه برداشت از ایستگاه (کیلومتر)
کاشان	°۵۱ ۲۸ ' ۵۰/۶۴"E	۳۳ ۵۸ '۰/۹۴"N	ارتفاعات چشمه شهسواران	۲۸
میمه	۵۱ ۱۰ ' ۳۱/۱۳"E	۳۳ ۲۷ ' ۷/۲۲"N	آزران	۳۰

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مناطق مورد مطالعه

رویشگاه	EC	pH	T.N.V	(%W)S.P	(%W)F.C	(%)S	(%)SI	(%)C	Soil texture
آزران	۲/۶۲	۷/۸۵۵	۳۲/۴۵	۲۳/۸۴	۱۴	۵۷/۷	۲۱	۲۱/۳	sand clay loam
ارتفاعات چشمه شهسواران	۴/۳۹	۷/۶۲۶	۱۱/۱۸	۳۳/۹	۱۴/۸	۶۹/۷	۱۳/۶	۱۶/۷	Sandy loam

- نمونه برداری گیاه

نمونه برداری از گونه *S. reuteriana* در اواخر اردیبهشت و گونه *S. macrosiphon* خرداد ماه ۱۴۰۳ در هر یک از مناطق مورد نظر انجام شد. سرشاخه‌های گلدار ، برگ و ساقه گیاه از مناطق بصورت تصادفی از پایه‌های گیاهی جمع-آوری شدند. نمونه‌های گیاهی پس از برداشت و انتقال به آزمایشگاه در سایه و دمای اتاق خشک گردید و تا زمان استفاده در محیط عاری از رطوبت و در پاکت در بسته نگهداری شدند.

-استخراج اسانس

در این پژوهش، استخراج اسانس از روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر انجام شد. جهت استخراج اسانس، بخش هوایی (برگ، شاخه و گل) نمونه‌های خشک شده توسط آسیاب برقی به ذرات ریز تبدیل شد. سپس ۸۰ گرم از ماده گیاهی پودر شده با ترازوی دیجیتال توزین و در داخل بالن ۲ لیتری ریخته شد، بطوریکه دو سوم حجم بالن حاوی مخلوطی از مواد گیاهی و آب باشد. آنگاه بالن مذکور بروی منبع حرارتی هیتر شوف بالن قرار گرفت و دستگاه کلونجر به آن متصل گردید و عمل تقطیر به مدت ۴ ساعت انجام شد. بخارهایی که در این مرحله تولید خواهند شد، حاوی مولکول‌های اسانس بوده که پس از عبور از لوله‌های خنک‌کننده به مایع تبدیل و در قسمت گیرنده جمع‌آوری خواهند شد. اسانس استخراج شده توسط حلال پنتان خارج شده و با سولفات سدیم آبگیری و تا زمان آنالیز داخل ویال‌های مخصوص تیره رنگ دربسته ریخته شد و در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. عملیات اسانس‌گیری در قالب یک طرح کاملاً تصادفی انجام شد و برای هر نمونه ۳ بار تکرار گردید.

-تعیین کمیت اسانس

بازده اسانس(کمیت) بر اساس وزن اسانس به دست آمده به وزن خشک نمونه محاسبه و به صورت میانگین± انحراف معیار گزارش شد. درصد اسانس با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

بازده اسانس = (وزن اسانس / وزن گیاه خشک) ×۱۰۰

نتایج و بحث

اسانس *S. macrosiphon* با بازده (۰/۲۷±۱/۰۵) درصد (وزنی/ وزنی) و به رنگ زرد پررنگ و اسانس *S. reuteriana* با بازده (۰/۱۵±۰/۴۲) درصد (وزنی/ وزنی) و به رنگ زرد روشن تفاوت معنی داری داشت ($P\leq$ ۰/۰۱). عوامل محیطی

مانند ارتفاع، دمای بسیار بالا، کمبود رطوبت و بارندگی و ترکیب خاک و مقدار مواد مغذی گیاهی در خاک نیز می‌توانند بر میزان روغن گیاهان تأثیر بگذارند. (Kocabaş, 2025). در مطالعات پیشین رنگ اسانس گونه *S. macrosiphon* توسط Sajadi و همکاران (۲۰۰۰) در منطقه کلاه قاضی اصفهان زرد مایل به سبز بود. در تحقیقی که توسط Aminzadeh و همکاران (۲۰۱۵) بر روی گونه *S. reuteriana* در منطقه دماوند صورت گرفت رنگ اسانس زرد روشن گزارش شد. در مطالعات مشابهی که توسط Javidnia و همکاران (۲۰۰۵) در استان فارس و توسط Mazouji و همکاران در منطقه دماوند (۲۰۱۰) انجام شد بازده متوسط اسانس *S. macrosiphon* را به میزان ۰/۱۴ درصد بیان نمودند. همچنین Bahrami و همکاران (۲۰۲۳) در استان فارس ، بازده اسانس برای اندام‌های مختلف این گیاه را بین ۰/۰۶ تا ۰/۴۸ درصد گزارش نمودند. مطالعه حاضر نشان داد که بازده اسانس این گونه بیشتر از سایر مطالعات قبلی بود.

بازده اسانس *S. reuteriana* درمطالعات قبلی توسط Mazouji و همکاران (۲۰۱۰) به میزان ۰/۸ درصد، توسط Batooli و همکاران (۲۰۱۳) در منطقه کاشان بازده اسانس بین ۰/۰۳۷ تا ۰/۱۵درصد گزارش شد. همچنین توسط Aminzadeh و همکاران (۲۰۱۵) در منطقه دماوند، ۰/۱ درصد، توسط Norouzi و همکاران (۲۰۱۸) در استان سمنان (۰/۱۴ درصد) و توسط Iravani و همکاران (۲۰۲۰) در منطقه مرق شهرستان کاشان (۰/۲ درصد) و در منطقه دره شهرستان کاشان (۰/۱۸ درصد) گزارش شده است.

با بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مناطق نمونه برداری دو گونه به نظر می‌رسد شوری بالا باعث کاهش رشد در گیاهان و توقف تولید اسانس می‌گردد که با نتایج Noori و همکاران (۲۰۱۲) همسو بود. همچنین نشان داد میزان اسانس در خاک‌های سنگین با آهک بالاتر در مقایسه با خاک‌های با بافت سبک و اهک پائین‌تر بیشتر بود (Sadeghi Manesh et al., 2025). مطالعات نشان داد ترکیب اسانس و بازده آن به عوامل متعدد درونی و بیرونی وابسته است. عوامل درونی شامل ویژگی‌های ژنتیکی مانند گونه، اکوتیپ و کموتایپ، جمعیت گیاه، منشأ آن، نوع بخش مورد استفاده از گیاه، مرحله رشد (Lahmar et al.,2025) یا زمان نمونه‌برداری فصلی، و مسیرهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه می‌شوند. در این میان، وضعیت رشد، سنتز بافت، و فرآیندهای متابولیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. از سوی دیگر، عوامل بیرونی شامل شرایط محیطی مانند آب و هوا و اقلیم (دما، رطوبت، شدت تابش، وزش باد)، ویژگی‌های خاک (بافت، اسیدیته، عناصر غذایی خاک)، عوامل جغرافیایی (ارتفاع از سطح دریا، مقدار شیب و جهت آن) و زمان و تکنیک‌های برداشت است. همچنین، روش‌های پس از برداشت نظیر روش خشک کردن و استخراج (Kumar et al.,2025)، مدت زمان تقطیر، شیوه‌های کمی‌سازی و شرایط تجزیه و تحلیل نیز تأثیرگذارند (Moghaddam and Mehdizadeh,2017).

نتیجه‌گیری

از نتایج بدست آمده می‌توان دریافت کمیت و رنگ اسانس گونه‌های مختلف یک جنس به دلیل تفاوتهای ژنتیکی متفاوت است. از سوی دیگر تغییر مقدار و رنگ اسانس هر گونه در مناطق مختلف ناشی از شرایط متفاوت محیطی و زمان و روش‌های برداشت و حتی روش‌های مختلف پس از برداشت است که برای هر گونه نقطه بهینه باید شناسایی گردد تا از لحاظ اقتصادی قابل توجیه باشد.

منابع

Aghaei, Alizadeh, Ardalan, Honrour, Babadai Samani & Ramin. (2023). Investigating the phytochemical characteristics of seven native Iranian Salvia species. Scientific-Research Journal of Plant Ecophysiology 14 (2), 55-68. (in persian)

Aminzadeh, M., Jamshidi, A., Mortazavimoghadam, F., Azarnivand, H., Naghavi, M., & Sarvestani, R. (2015). Evaluation of phytochemical and compare the yeild of antioxidant essential oils and extracts of Salvia reuterana Boiss. from Damavand region. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, *3*(3), 1-9. (in persian)

Amiri, H. A. M. Z. E. H., Meshkat Al Sadat, M. H., Lari Yazdi, H., & Goodarzi, A. (2006). Essential Oil Composition of Salvia reuterana Boiss. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *22*(3), 270-275.(In persian)

Askari, S. F., Avan, R., Tayarani-Najaran, Z., Sahebkar, A., & Eghbali, S. (2021). Iranian Salvia species: A phytochemical and pharmacological update. *Phytochemistry*, *183*, 112619.

Bahrami A., Yavari A., Raheb A., (2023). Extraction and determination of essential oil constituents of vegetative and reproductive organs of Salvia macrosiphon Boiss. in natural habitat of Fars province, *Journal of Ecophytochemistry of Medicinal Plants*, (4)11, 30-45. (In persian)

Balaei-Kahnamoei, M., Eftekhari, M., Ardekani, M. R. S., Akbarzadeh, T., Saeedi, M., Jamalifar, H., ... & Khanavi, M. (2021). Phytochemical constituents and biological activities of Salvia macrosiphon Boiss. *BMC chemistry*, *15*, 1-7.

Baptista-Silva, S., Borges, S., Ramos, O. L., Pintado, M., & Sarmento, B. (2020). The progress of essential oils as potential therapeutic agents: A review. *Journal of Essential Oil Research*, *32*(4), 279-295.

Campos-Xolalpa, N., Pérez-Gutiérrez, S., Pérez-González, C., Mendoza-Pérez, J., & Alonso-Castro, A. J. (2018). Terpenes of the genus salvia: Cytotoxicity and antitumoral effects. *Anticancer Plants: Natural Products and Biotechnological Implements: Volume 2*, 163-205.

Eftekhari, M., Ardekani, M. S., Amini, M., Akbarzadeh, T., Safavi, M., Razkenari, E. K., & Khanavi, M. (2017). Biological activities of the essential oil and total extract of Salvia macrosiphon Boiss.

Farhadi, F., Sahebkar, A., & Eghbali, S. (2023). Chemical composition and biological activity of the essential oils of three Salvia species from South Khorasan: Salvia macrosiphon Boiss., Salvia spinosa L., and Salvia sharifii Rech. f. & Esfand. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *26*(3), 695-704.

Fattahi, B., Nazeri, V., Kalantari, S., & Bonfill, M. (2014). Identification of compounds in the essential oil and quantification of flavonoids and Rosmarinic acid in Salvia reuterana Boiss. and Salvia palaestina Benth. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *30*(3), 463-475. (in persian)

Fuchs, J., & Milbradt, R. (1993). Skin anti-inflammatory activity of apigenin-7-glucoside in rats. *Arzneimittel-Forschung*, *43*(3), 370-372.

Ghavam, M., Manca, M. L., Manconi, M., & Bacchetta, G. (2020). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils obtained from leaves and flowers of Salvia hydrangea DC. ex Benth. *Scientific reports*, *10*(1), 15647.

Ghomi, J. S., Masoomi, R., Kashi, F. J., & Batooli, H. (2012). In vitro bioactivity of essential oils and methanol extracts of Salvia reuterana from Iran. *Natural Product Communications*, *7*(5), 1934578X1200700527.

Hamedi, A., Jamshidzadeh, A., Ahmadi, S., Sohrabpour, M., & Zarshenas, M. M. (2016). Salvia macrosiphon seeds and seed oil: pharmacognostic, anti-inflammatory and analgesic properties. *Research Journal of Pharmacognosy*, *3*(4), 27-37.

Hamedi, A., Ghanbari, A., Razavipour, R., Saeidi, V., Zarshenas, M. M., Sohrabpour, M., & Azari, H. (2015). Alyssum homolocarpum seeds: phytochemical analysis and effects of the seed oil on neural stem cell proliferation and differentiation. *Journal of natural medicines*, *69*(3), 387-396.

Iravani, M., Mahinpour, R., Zahraei, Z., & Toluei, Z. (2020). Study on the quantitative and qualitative diversity of essential oil in four wild Salvia spp. in Kashan region. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *36*(4), 642-654.

Javidnia, K., Miri, R., & Jamalian, A. (2005). Composition of the essential oil of Salvia macrosiphon Boiss. from Iran. *Flavour and fragrance journal*, *20*(5), 542-543.

Kocabaş, Y. Z. (2025). Chemical variability in essential oil and soil elements of Salvia cilicica Boiss. & Kotschy populations in Türkiye. *International Journal of Food Properties*, *28*(1), 2484257.

Kumar, A. N., Venkatesh, B., Venugopal, S., Sindhu, K. B., Jonnala, K. K., Srinivas, K. S., & Babu, G. K. (2025). Impact of water pH on essential oil yield and quality in aromatic crops. *Indian Journal of Natural Products and Resources (IJNPR)[Formerly Natural Product Radiance (NPR)]*, *16*(1), 177-183.

Kumar, R. (2023). Lamiaceae family plants and their benefits in economy. *J. plants Environ.*, vol. 85, no. 11.

Lahmar, I., Yotova, L., & Belghith, K. (2025). Environmental impact on phonological stages in Lavandula officinalis: chemical profiling of essential oil and extract, antioxidant activity, and acetylcholinesterase inhibition potential. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 1-12.

Mazouji, A., Salimpour, F., Jabbari Moghadam, N. (2010). Chemotaxonomic comparison and identification of chemical constituents of essential oils of two species of sage (Salvia macrosiphon Boiss.) and (Salvia reuterana Boiss.) Isfahan sage. *Iranian Biological Science. 5*(2), 27-40. (in persian)

Mirza, M., & Sefidkon, F. (1999). Essential oil composition of two Salvia species from Iran, Salvia nemorosa L. and Salvia reuterana Boiss. *Flavour and fragrance journal*, *14*(4), 230-232.

Noori, K., H. Omidi, H.A. Naghdi badi, H. Torabi & M.H. Fotokian, 2012. Effective of salinity and soil on flower function, solution compositions, salinity compositions, and essential oil qualitative of *Matricaria recutita* L. Journal of Water Research in Agriculture, 26(4): 367-378. (In Persian)

Norouzi, V., Yousefzadeh, S., Asilan, & Mansourifar, S. (2017). Study of the changes in essential oil, chlorophyll, carotenoid, anthocyanin and flavonoid content of Mentha longifolia (L.) Hods. subsp. longifolia in different habitats of Marand. Ecophytochemistry of Medicinal Plants, 5(1), 52-66.(In persian)

Panahi, Y., Ghanei, M., Hadjiakhoondi, A., Ahmadi-Koulaei, S., & Delnavazi, M. R. (2020). Free Radical Scavenging Principles of Salvia reuterana Boiss. Aerial Parts. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research: IJPR*, *19*(2), 283.

Rechinger, K. H., & Hedge, C. (1982). Labiatae in Flora Iranica. *Akademische Drucku-Verlagsanstalt, Graz, Austria*, 494-495.

Sadat-Hosseini, M., Arab, M. M., Soltani, M., Eftekhari, M., & Soleimani, A. (2023). Applicability of soft computing techniques for in vitro micropropagation media simulation and optimization: A comparative study on Salvia macrosiphon Boiss. *Industrial Crops and Products*, *199*, 116750.

Sadeghi Manesh, M., Jafarian Jelodar, Z., Ghorbani, J Azimi, R. (2025). The effect of environmental factors on the quantity and quality of essential oil of different ecotypes of Thymus lancifolius Celak in habitats of Hamadan province. Marta, 18(3), 355-371.

Sajadi, S. E.; Emami, S. A.; & R. Nemati, 2000. Composition Of The Essential Oil Of Salvia Macrosiphon Boiss, *Pharmaceutical Sciences*, (3), 51-56 (In Persian).

Sarkoohi, P., Fathalipour, M., Ghasemi, F., Javidnia, K., & Emamghoreishi, M. (2020). Antidepressant effects of the aqueous and hydroalcoholic extracts of Salvia mirzayanii and Salvia macrosiphon in male mice. *Shiraz E-Medical Journal*, *21*(2).

Stewart, R.R.(2023). A review of plants from Lamiaceae family for medicinal use. *Czech J. Food Sci*.

Tavakoli, M., Soltani, S., Tarkesh Esfahani, M., & Karamian, R. (2022). Study on some environmental factors effects on Salvia multicaulis Vahl. essential oil composition in Hamadan province. *Iranian Journal of Medicinal*

Walker, J. B., Sytsma, K. J., Treutlein, J., & Wink, M. (2004). Salvia (Lamiaceae) is not monophyletic: implications for the systematics, radiation, and ecological specializations of Salvia and tribe Mentheae. *American Journal of Botany*, *91*(7), 1115-1125.

Comparison of the color and quantity of essential oil of two *Salvia*

Elham Amanatkar [1], Mansureh Ghavam[*1]
1. Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran.
** Corresponding Author: mansurehghavam@gmail.com*

Abstract

The genus *Salvia* is an important source in the pharmaceutical, cosmetic, and food industries due to the diversity of bioactive compounds in its essential oil. This study was conducted to compare the performance of the essential oil of two native species, *Salvia reuteriana* Boiss. with the Persian name (Maryam Goli Isfahani) and *Salvia macrosiphon* Boiss. with the Persian name (Maryam Goli Lule'i). For this purpose, plant samples were collected from the heights of Cheshme Shahsavaran and Azran in late May and early June 2024, respectively. In the next stage, hydro distillation was used to extract the essential oil using a Clevenger apparatus. The results of the present study showed that the color of the essential oil obtained from *S. reuteriana* was light yellow and the color of the essential oil obtained from *S. macrosiphon* was also deep yellow. Also, the essential oil yield of *S. reuteriana* was (0.42±0.15) percent (w/w) and the essential oil yield of *S. macrosiphon* was (1.05±0.27) percent (w/w) which showed a significant difference ($P \leq 0.01$). Therefore, it seems that the difference in the essential oil yield of the two species *S. reuteriana* and *S. macrosiphon* may depend on various factors such as harvesting area, harvesting time, soil characteristics, geographical factors, etc.

Keywords: Essential oil, Hydro-distillation method, Kashan, *Salvia reuteriana* Boiss., *Salvia macrosiphon* Boiss.

ارزیابی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی ماریتیغال رقم مجارستان تحت تاثیر اسموپرایمینگ با کلرید سدیم

مهرانگیز جوکار تنگ کرمی*

استادیار، گروه مهندسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: mjowkar@nus.ac.ir

چکیده

به منظور ارزیابی اثر اسموپرایمینگ با کلریدسدیم بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر ماریتیغال رقم مجارستان، آزمایشی در پژوهشکده زیست فناوری دانشگاه زابل به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول، غلظت‌های مختلف پتانسیل اسمزی ۲-، ۴-، ۶-، ۸- و ۱۰- بار و فاکتور دوم، مدت زمان‌های قرارگیری بذور در محلول پرایمینگ (۶، ۱۲ و ۱۸ ساعت) بودند. نتایج نشان داد که هیچ کدام از تیمارهای مدت زمان پرایمینگ، پتانسیل محلول پرایمینگ با کلریدسدیم و اثر متقابل مربوط به آنها تاثیر معنی‌داری بر صفات درصد جوانه زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه نداشتند. اما سایر صفات مورد بررسی را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار دادند. در تیمار ۱۲ ساعت پرایمینگ، ابتدا سرعت جوانه‌زنی تا سطح ۴- بار افزایش یافته و به بیشترین مقدار سرعت جوانه‌زنی (۷/۳ بذر جوانه زده در روز) رسید و سپس روند کاهشی داشت و به کمترین مقدار آن (۴/۹ بذر در روز) در ۱۰- بار رسید. اما در تیمار ۱۸ و ۶ ساعت پرایمینگ سرعت جوانه‌زنی تا پتانسیل ۸- بار با روند تدریجی کاهش یافت. بیشترین میزان شاخص‌بنیه‌بذر (۱۷/۶۰) در ۴- بار با ۱۲ ساعت و کمترین آن (۱۲/۹۰) در ۶- بار با ۶ ساعت قرارگیری بذور در محلول پرایمینگ مشاهده شد. متوسط زمان جوانه‌زنی تحت تاثیر مدت زمان پرایمینگ قرار نگرفت، اما سطوح پتانسیل اسمزی این صفت را تحت تاثیر قرار داد. افزایش سطح پتانسیل محلول پرایمینگ از پتانسیل ۴- به بعد باعث افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی شد. با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق، پرایمینگ بذرهای ماریتیغال رقم مجارستان با محلول ۴- بار به مدت ۱۲ ساعت باعث بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و کیفیت بذر شد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل اسمزی، سرعت جوانه زنی، شاخص بنیه بذر، کیفیت بذر، متوسط زمان جوانه زنی

مقدمه

ماریتیغال یکی از قدیمی‌ترین گیاهانی است که در درمان بیماری‌های کبدی، مورد استفاده قرار گرفته است. ماریتیغال[1] گیاهی علفی، یکساله و متعلق به تیره گل ستاره‌ای‌ها[2] است. عصاره این گیاه به عنوان یک علف طبی عمومی از قرن چهارم قبل از میلاد مسیح بکار می رفته و اولین بار توسط تئوفراستوس گزارش شد (Purohit and Vicus, 2005).

1. *Silybum marianum*
2. Asteraceae

سیلیمارین[1] از دانه‌های خشک شده گیاه ماریتیغال استخراج می گردد، بطوریکه در این بخش از گیاه غلظت‌های بالاتری از این ماده نسبت به بخش‌های دیگر موجود است (Shokrpour, 2007). سیلیمارین ترکیبی از فلاونوییدهای پلی فنلی جدا شده از گیاه ماریتیغال است. سیلیمارین اغلب به عنوان محافظ کبدی بکار برده می‌شود. این متابولیت دارای ویژگی‌هایی همچون ضد سرطان، درمان کلسترول خون، برخی مسمومیت‌ها، رسوبات و سنگ‌های صفراوی، سردردهای میگرنی و فعالیت‌های توقف تخریب دستگاه عصبی می‌باشد. دانه این گیاه دارای ۲۰ تا ۲۵ درصد روغن می‌باشد که ۵۰ تا ۶۰ درصد آن را اسید اولئیک تشکیل می‌دهد که علاوه بر مصرف خوراکی، در صنایع آرایشی و بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Davork,*et al*., 2003). توسعه روش‌های تکنولوژی بذر همانند پرایمینگ منجر به افزایش کیفیت بذر و در نتیجه بهبود استقرار آن می‌گردد (Corbineau and Come). پرایمینگ بذر تکنیکی است آسان، کم هزینه و کم ریسک که با بهبود استقرار گیاهچه در شرایط تنش باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری شده و در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد (Eqbal and Ashraf, 2006). بنابراین، هر گونه بهبود استقرار که از پرایمینگ حاصل شود از لحاظ اقتصادی در صنعت بذر مقرون به صرفه خواهد بود و از طرفی سبب افزایش بازده در عرصه‌های بذرکاری می‌گردد (کوور و همکاران، ۲۰۰۵). هدف از این پژوهش، بررسی اثر اسموپرایمینگ بذر با کلرید سدیم بر شاخص‌های جوانه زنی بذر گیاه دارویی ماریتیغال رقم مجارستان بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در پژوهشکده زیست‌فناوری دانشگاه زابل اجرا گردید. برای پرایم کردن بذرهای گیاه ماریتیغال از محلول کلریدسدیم با پتانسیل‌های اسمزی ۲-، ۴-، ۶-، ۸- و ۱۰- بار به عنوان فاکتور اول و با استفاده از معادله وانت-هوف (علیزاده، ۱۳۸۱) و فاکتور دوم مدت زمان‌های مختلف ۶، ۱۲ و ۱۸ ساعت انجام گردید.

رابطه ۱: $\Psi_s = iRTC$

i = ضریب یونیزاسیون R = ثابت گازها T = درجه حرارت (کالوین) C= غلظت (گرم در کیلوگرم آب)

پس از آماده‌سازی محلول، تعداد ۵۰ عدد بذر سالم در درون پتری‌دیش‌های شیشه‌ای ۹ سانتی‌متری که حاوی ۵ میلی‌لیتر از محلول بود، قرار داده شد. سپس، درب پتری‌دیش‌ها جهت جلوگیری از تغییر غلظت محلول‌ها محکم با پارافیلم بسته شد و درون ژرمیناتور (ساخت شرکت فن‌آوران زیستی امید) در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از اتمام مدت زمان ۶، ۱۲ و ۱۸ ساعت، سه بار با آب مقطر آبشویی شدند (McDonald, 2000). بذرها پس از شسته شدن بر روی سینی‌های پلاستیکی و روی کاغذ خشک‌کن در اتاقک رشد به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در شرایط تاریکی قرار داده شدند تا به رطوبت اولیه خود (۱۳-۱۴ درصد) برسند(Jowkar TangKrami, 2012). پس از آن بذرهای پرایم شده مربوط به هر تیمار به طور جداگانه در یک پاکت پلاستیکی ریخته شد و بعد از برچسب‌گذاری برای جوانه‌زنی و تعیین بهترین ترکیب تیماری پرایمینگ آماده گردید.

آزمون جوانه‌زنی استاندارد با استفاده از روش فیلتر کاغذی انجام شد؛ بدین ترتیب که بذرها پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم ۳۰ درصد به مدت ۱۰ دقیقه و قارچ‌کش بنومیل ۲ در هزار به مدت ۵ دقیقه، روی فیلترهای کاغذی ۴۵×۳۰ سانتی‌متر مربع که قبلاً با آب مقطر استریل مرطوب شده بودند قرار گرفتند و سپس به ژرمیناتور با دمای ثابت

1. Silymarin

۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۴۵ درصد با ۱۶ ساعت تاریکی و ۸ ساعت روشنایی، منتقل شدند (ISTA, 1996). تعداد بذرهای جوانه زده به صورت روزانه یادداشت شدند و بذرهایی که طول ریشه‌چه آنها حدود ۲ تا ۳ میلی‌متر بود، به عنوان بذر جوانه زده محسوب شدند (AOSA,1990). در نهایت درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه و گیاهچه، متوسط زمان جوانه‌زنی و شاخص بنیه‌بذر محاسبه گردید و بهترین تیمار پرایمینگ انتخاب شد.

درصد جوانه زنی (Germination percentage)

رابطه ۱: $GP= (N_i/N) \times 100$

که در آن GP= درصد جوانه زنی؛ Ni = تعداد بذرهای جوانه زده تا روز i ام و N= تعداد کل بذر می‌باشد.

سرعت جوانه زنی (Germination rate)

رابطه ۲: $GR= \sum ni/d_i$

در این فرمول GR: سرعت جوانه زنی؛ ni: تعداد بذرهای جوانه زده و di: تعداد روز پس از شروع آزمایش می‌باشد.

متوسط زمان جوانه‌زنی (MGT)(Mean germination time)

این شاخص با استفاده از رابطه زیر به دست آمد (Wang, 2003)

رابطه ۳: $$MGT = \frac{A_1D_1 + A_2D_2 + \cdots A_nD_n}{A_1 + A_2 + \cdots A_n}$$

که در آن A تعداد بذرهای جوانه‌زده در زمان D و n کل تعداد روزها تا آخرین روز شمارش می‌باشد.

شاخص بنیه بذر (SVI) (Seed vigor index) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Wang, 2003)

رابطه ۴: میانگین طول گیاهچه(cm) × درصد جوانه زنی = SVI

در نهایت، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد. نمودارها و اشکال با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مشخص گردید که هیچ‌یک از تیمارهای مدت زمان پرایمینگ، پتانسیل محلول پرایمینگ با کلرید سدیم و اثر متقابل مربوط به آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر صفات درصد جوانه‌زنی، طول ریشه و طول گیاهچه نداشتند. اما سایر صفات مورد بررسی به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفتند (جدول ۱).

سرعت جوانه‌زنی به طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۵ درصد) تحت تأثیر سطوح مختلف پتانسیل اسمزی و اثر متقابل مدت زمان در سطوح پتانسیل قرار گرفت، اما تحت تأثیر مدت زمان پرایمینگ قرار نگرفت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بررسی اثر سطوح پتانسیل اسمزی بر سرعت جوانه‌زنی تنها اختلاف سطوح ۴- بار و ۶- بار نسبت به ۱۰- بار از لحاظ آماری معنی‌دار است (سطح ۵ درصد). پرایمینگ با پتانسیل ۴- بار (۷۷/۶ بذر جوانه‌زده در روز) باعث افزایش شاخص سرعت جوانه‌زنی نسبت به سطوح ۶-، ۸- و ۱۰- بار به ترتیب به میزان ۶/۳، ۲/۱۰ و ۱۷ درصد شد. با افزایش سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت (جدول ۲).

اثر متقابل مدت زمان و سطوح پتانسیل اسمزی پرایمینگ با کلرید سدیم نشان می‌دهد که واکنش سرعت جوانه‌زنی بذر ماریتیغال به افزایش غلظت محلول پرایمینگ به مدت زمان پرایمینگ بستگی دارد (جدول ۲).

جدول ۱. میانگین مربعات اثر اسموپرایمینگ با کلرید سدیم بر صفات مورد مطالعه ماریتیغال رقم مجارستان

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	زمان جوانه‌زنی متوسط	طول ریشه‌چه	طول گیاهچه	شاخص ویگور
مدت زمان پرایم	۲	۰/۰۰۵ ns	۰/۲۵۳	۰/۰۰۹ ns	۲/۲۴ ns	۳/۲۹ ns	۷/۱ **
پتانسیل پرایمینگ	۴	۰/۰۰۴ ns	۱/۲۸۸ *	۰/۰۴۳۰ *	۰/۵۶ ns	۰/۹۳ ns	۲/۷ ns
مدت زمان × پتانسیل پرایمینگ	۸	۰/۰۰۲ ns	۰/۹۹۶ *	۰/۰۳۲۹ *	۱/۸ ns	۲۱/۳ ns	۳/۷۷ *
خطای آزمایش	۳۰	۰/۰۰۲	۰/۴۴۰	۰/۰۱۴۷	۱/۰۵	۱/۳	۱/۳۶
درصد ضریب تغییرات	-	۴/۹	۱۰/۵	۳/۴	۷/۱	۷/۳	۷/۹

ns،*و**: به ترتیب ۱ عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

جدول ۲. اثر اسموپرایمینگ کلرید سدیم بر سرعت جوانه زنی (تعداد بذر جوانه زده در روز) بذور ماریتیغال رقم مجارستان

		سطوح پتانسیل (بر حسب بار)					
		-۲	-۴	-۶	-۸	-۱۰	میانگین
زمان(ساعت)	۶	۶/۶۰ abc	۶/۷ abc	۶/۶۰ abc	۶/۰ bcde	۵/۴۰ de	۶/۴۲ a
	۱۲	۶/۷۰ abc	۷/۳۰ a	۷/۰ ab	۵/۹۰ bcde	۴/۹۰ e	۶/۳۷a
	۱۸	۵/۸۱ cde	۶/۳۰ abcd	۶/۰ bcde	۶/۵۰ abcd	۶/۲۰ abcd	۶/۱۷ a
میانگین		۶/۳۸ ab	۶/۷۷ a	۶/۵۴ a	۶/۱۴ ab	۵/۷۸ b	Se=۰/۶۶۳
							CV=۱۰/۴۸

در تیمار ۱۲ ساعت پرایمینگ، ابتدا سرعت جوانه زنی تا سطح ۴- بار افزایش یافته و به بیشترین مقدار سرعت جوانه زنی (۷/۳ بذر جوانه زده در روز) رسیده و سپس روند کاهشی داشته و به کمترین مقدار آن (۴/۹ بذر در روز) در پتانسیل ۱۰- بار رسید (جدول ۲). اما در تیمار ۱۸ ساعت پرایمینگ سرعت جوانه‌زنی تا پتانسیل ۸- بار با روند تدریجی افزایش یافته است و در تیمار مدت زمان ۶ ساعت پرایمینگ نیز روند نزولی سرعت جوانه زنی در اثر افزایش غلظت مشابه تیمار ۱۸ ساعت پرایمینگ است (شکل۱). شاخص بنیه بذر تحت تاثیر مدت زمان پرایمینگ در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت، اما سطوح پتانسیل اسمزی تاثیر معنی داری بر این صفت نداشت. همچنین، اثر متقابل تیمارهای مدت زمان و سطوح پتانسیل در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان شاخص ویگور معنی دار بود (جدول۱). بر اساس نتایج جدول ۳، بالاترین میزان شاخص ویگور در تیمار ۱۲ ساعت مشاهده شد (۱۵/۴۴) که نسبت به تیمارهای ۶ و ۱۸ ساعت تفاوت معنی داری را از نظر آماری نشان می‌دهد. بررسی اثر متقابل تیمارهای مدت زمان و سطوح پتانسیل اسمزی پرایمینگ با کلرید سدیم نشان داد که عکس العمل شاخص بنیه بذر به افزایش غلظت محلول به مدت زمان پرایمینگ بستگی دارد، به طوری که در تیمار ۱۸ساعت پرایمینگ افزایش غلظت محلول باعث بهبود شاخص‌های

مورد بررسی شد. بیشترین میزان شاخص بنیه بذر (۱۷/۶۰) در ۴- بار با ۱۲ ساعت پرایمینگ بذر و کمترین آن (۱۲/۹۰) در ۶- بار با ۶ ساعت پرایمینگ بذر مشاهده شد.

جدول ۳. اثر اسموپرایمینگ کلرید سدیم بر شاخص بنیه بذور ماریتیغال رقم مجارستان.

		سطوح پتانسیل (بر حسب بار)					
		-۲	-۴	-۶	-۸	-۱۰	میانگین
زمان (ساعت)	۶	۱۵/۶۰ bc	۱۴/۷۰ bcde	۱۲/۹۰ e	۱۳/۷۰ cde	۱۴/۱۰ bcde	۱۴/۲۷ b
	۱۲	۱۵/۹۰ ab	۱۷/۶۰ a	۱۵/۱۰ bcd	۱۴/۵۰ bcde	۱۳/۹۰ cde	۱۵/۴۴ a
	۱۸	۱۴/۰ bcde	۱۳/۴۰ de	۱۴/۱۰ bcde	۱۴/۶۰ bcde	۱۴/۹۰ bcd	۱۴/۲۳ b
میانگین		۱۵/۲۲ a	۱۵/۲۴ a	۱۴/۰۷ b	۱۴/۲۸ ab	۱۴/۴۲ ab	Se=۱/۱۶۵
							CV=۷/۹۵

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۱)، متوسط زمان جوانه زنی تحت تاثیر مدت زمان پرایمینگ قرار نگرفت، اما سطوح پتانسیل اسمزی این صفت را تحت تاثیر قرار داد. همچنین، اثر متقابل تیمارهای مدت زمان و سطوح پتانسیل پرایمینگ بذر بر متوسط زمان جوانه‌زنی معنی دار بود.

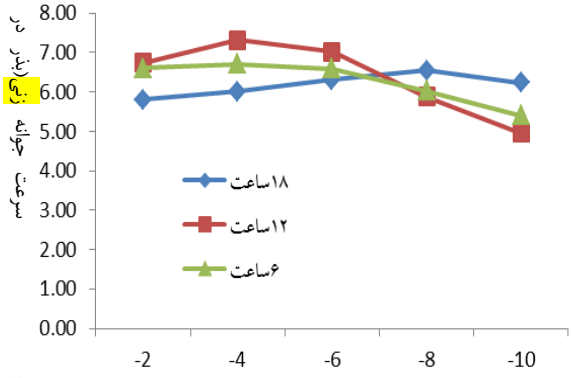
جدول ۴. اثر اسموپرایمینگ کلرید سدیم بر متوسط زمان جوانه زنی (روز) بذور ماریتیغال رقم مجارستان.

		سطوح پتانسیل (بر حسب بار)					
		-۲	-۴	-۶	-۸	-۱۰	میانگین
زمان (ساعت)	۶	۳/۴۴ bcd	۳/۴۲bcd	۳/۴۴ bcd	۳/۵۴ abc	۳/۵۲ bc	۳/۴۷ a
	۱۲	۳/۴۱ bcd	۳/۳۱ d	۳/۳۶ cd	۳/۵۷ ab	۳/۷۴ a	۳/۴۸ a
	۱۸	۳/۵۸ ab	۳/۴۹ bcd	۳/۵۵ abc	۳/۴۵ bcd	۳/۵۱ bcd	۳/۵۱ a
میانگین		۳/۴۸ ab	۳/۴۱ b	۳/۴۵ b	۳/۵۲ ab	۳/۵۹ a	Se=۰/۱۲۱
							CV= ۳/۴۷

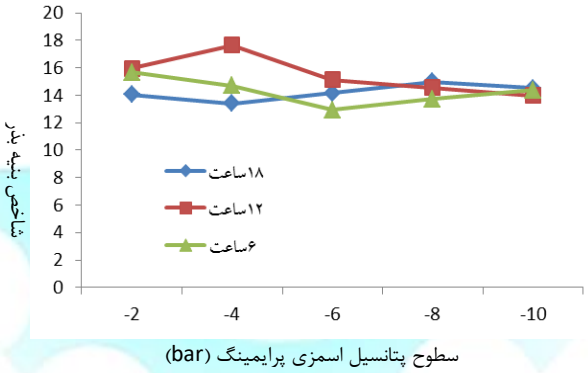
نتایج جدول ۴ نشان داد که افزایش سطح پتانسیل محلول پرایمینگ از پتانسیل ۴- به بعد باعث افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی شده است. بیشترین میزان متوسط زمان جوانه زنی در سطح پتانسیل ۱۰- بار و با ۱۲ ساعت پرایمینگ مشاهده گردید (۳/۷۴روز) که نسبت به سایر تیمارها دارای اختلاف معنی داری بود. مقایسه سطوح پتانسیل اسمزی نشان داد که بالاترین میزان متوسط زمان جوانه زنی در تیمارهای ۸- و ۱۰- روی داد که نسبت به سطوح ۲-، ۴-، و ۶- تفاوت معنی داری داشت (جدول ۴). بررسی اثر متقابل تیمارها نشان می‌دهد که در تیمارهای ۱۸ و ۶ ساعت پرایمینگ، کاهش سطوح پتانسیل تاثیر معنی داری بر این شاخص نداشته است، اما در مدت زمان ۱۲ ساعت باعث افزایش معنی دار آن شده است (شکل ۲).

به طور کلی، نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که پرایمینگ بذر ماریتیغال رقم مجارستان با محلول ۴- بار به مدت ۱۲ ساعت باعث بهبود شاخص‌های جوانه زنی و کیفیت بذر شده است. به نظر می‌رسد توقف فاز دوم جوانه زنی طی فرآیند پرایمینگ بذر در ترکیب تیماری ۱۲ساعت پرایمینگ با محلول ۴-بار کلرید سدیم اتفاق افتاده است و ادامه زمان پرایمینگ بیشتر از این مدت باعث خروج ریشه چه (ورود به فاز سوم جوانه زنی) می‌گردد. همچنین، در مدت زمان کمتر از ۱۲ ساعت، زمان کافی برای جذب آب و ورود به فاز دوم تامین نمی شود. Khan و همکاران

(۲۰۰۹) اثر پرایمینگ بذر با کلرید سدیم را بر مقاومت گونه فلفل قرمز (*Capsicum annuum*) بـه تـنش شـوری را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد پرایمینگ باعث بهبود مولفـه‌هـای جوانـه‌زنـی و رشـد گیاهچـه‌هـا در مقایسه با شاهد شد.



شکل ۱. اثر غلظت‌های مختلف کلرید سدیم در مدت زمان‌های مختلف بر سرعت جوانه زنی بذر ماریتیغال (رقم مجارستان)



شکل ۲. اثر غلظت‌های مختلف کلرید سدیم در مدت زمان‌های مختلف بر شاخص بنیه بذر ماریتیغال(رقم مجارستان)

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که پرایمینگ بذرهای ماریتیغال رقم مجارستان با محلول ۴- بار به مدت ۱۲ ساعت باعث افزایش سرعت جوانه زنی و شاخص ویگور بذر و کاهش متوسط زمان جوانه زنی و در کل بهبود شاخص‌های جوانه زنی و کیفیت بذر می‌شود و به عنوان بهترین ترکیب تیماری انتخاب می‌شود.

منابع

Davork, Z., P. Kosina, D. Walterova, V. Simanek, P. Bachleda and J. Ulrichova. 2003. Cell protection against model toxins by flavonolignans obtained from *Silybum marianum*. Toxicol Lett. 173: 201-212.

Jowkar Tangkarami, M. 2012. The effect of seed priming on some physiological and biochemical characteristics of milk thistle (Silybum marianum) seed under salt stress. University of zabol.

Iqbal, M., M. Ashraf and A. Jamil. 2006. Dose seed priming induce changes in the levels of some Endogeenous plant hormones in hexaploid wheat plants under salt stress? Journal of Integrated Plant Biology. 48(2): 181-189.

ISTA, 1996. International rules for seed testing. Seed Science and Technology. 13: 299-355.

McDonald, M.B., 2000. Seed priming. In: Black, M., J.D. Bewley. (Eds.). *Seed Technology and Its Biological Basis*. Sheffield Academic Press, Sheffield, UK, Pp, 287–325.

Shokrpour, M., M. Moghaddam., S.A. Mohammadi and A. Javanshir. 2007. Genetic properties of Milk thistle ecotypes from Iran for morphological and flavonolignans characters. *Pakistan Journal of Biology Science*. 10(19): 3266-3271.

Evaluation of seed germination indices of the Milkthistle,the Majar variety under the influence of osmopriming with sodium chloride

Mehrangiz Jowkar Tang-Karami
Department of Agricultural engineering, Faculty of Agriculture, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran
*Corresponding Author: mjowkar@nus.ac.ir

Abstract

This experiment was conducted in order to evaluate the effect of osmopriming with sodium chloride on the germination indices of Milk thistle, Majar variety seeds at the Biotechnology Research Institute of Zabol University as a factorial in a completely randomized design with 3 replications. The first factor was different concentrations of osmotic potential of -2, -4, -6, -8 and -10 bar and the second factor was duration of 6, 12 and 18 hours. The results showed that none of the treatments of priming duration, priming solution potential with sodium chloride and their interaction had a significant effect on the traits of germination percentage, root length and seedling length. However, they significantly affected the other studied traits. In the 12-hour priming treatment, the germination rate initially increased to -4 times and reached the highest germination rate (3.7 seeds germinated per day) and then decreased to the lowest (9.4 seeds per day), but in the 18-hour and 6-hour priming treatments, the germination rate gradually decreased to -8 times. The highest vigor index (17.60) was observed in -4 times 12 hours and the lowest (12.90) was observed in -6 times 6 hours. The average germination time was not affected by the priming duration, but the osmotic potential levels affected this trait. Increasing the potential level of the priming solution from -4 potential onwards increased the average germination time. According to the results obtained, priming Milk thistle, Majar variety seeds with a 4-bar solution for 12 hours improved germination indices and seed quality.

Keywords: Average germination time, Germination rate, Osmotic potential, Seed quality, Vigor index

گیاه دارویی باریجه (*Ferula gummosa*) و قابلیت‌های تجاری‌سازی فراورده‌های آن در استان خراسان شمالی

زهرا صادقی*

گروه تولید و بهره برداری از گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه سراوان، سراوان سیستان و بلوچستان، ایران.

*نویسنده مسئول: Sadeghi.phytochem@gmail.com

چکیده

گیاه باریجه از گونه‌های کمیاب و ارزشمند و مهم دارویی و آروماتیک در مراتع ایران است که به دلیل ارزش اقتصادی زیاد، مورد بهره‌برداری ذینفعان محلی قرار می‌گیرد. ترکیبات اصلی این گیاه شامل روغن فرار (۶٪)، رزین (۶۷٪)، صمغ (۱۹٪) و ناخالصی‌ها (۸٪) می‌باشد. .علاوه بر این فنول‌ها، کومارین‌ها و فلاونوئیدها در آن گزارش شده است. روغن فرار این گیاه از هیدروکربن‌های ترپنی تشکیل شده است و بیشترین ترکیبات آن از مونوترپن‌ها، به خصوص آلفاپینن و بتاپینن تشکیل شده‌اند. علاوه بر این، ترکیبات مانند بتامیرسن، پاراسیمن، لیمونن و هیدروکربن‌های مونوترپنی نیز در این گیاه یافت می‌شوند. براساس تحقیقات انجام شده اسانس باریجه در منطقه خمبی و سرای خراسان شمالی برابر با ۲۰٪ بود که این عملکرد قابل توجه می‌باشد. صمغ و رزین و اسانس این گیاه به عنوان نگهدارنده و طعم دهنده در صنایع مختلف مانند داروسازی، غذایی، عطرسازی، صنایع آرایشی و بهداشتی و چسب سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. تجارت صمغ و رزین باریجه از طریق صادرات آن به بازارهای جهانی، به ویژه فرانسه، نقش مهمی در اقتصاد کشورهایی مانند ایران و افغانستان ایفا می‌کند. متاسفانه سالیانه برداشت بی رویه گیاه باریجه و از مراتع خراسان شمالی صورت میگیرد و به صورت خام به بازار عرضه می‌گردد. همچنین استحصال غیر اصولی صمغ از این گیاه باعث وارد آمدن خسارت جبران ناپذیر به مراتع به عنوان یکی از مهمترین ثروت‌های ملی کشور گردیده است. به منظور حفظ گیاه در عرصه‌های منابع طبیعی موجود امکان اهلی کردن و کشت گیاه می‌تواند بعنوان یک راه حل اصولی مورد بررسی گیرد. همچنین با توجه به اهمیت اقتصادی، صادراتی و اشتغال‌زایی فراورده‌های استحصال شده از آن و همچنین مسائل زیست محیطی آن از سویی دیگر، پرهیز از خام فروشی این گونه پیشنهاد می‌گردد. به این منظور تربیت و پرورش محققان جوان و فرهیخته، ارتقای دانش و استفاده از فناوری پیشرفته استحصال مواد موثره، علاوه بر دستیابی به خود کفایی دارویی، اشتغال، امنیت غذایی و حفظ ذخایر ژنتیکی در عرصه ملی ضروری می‌باشد. صادرات و تجاری سازی فراورده‌های این گیاه شامل اسانس، رزین، صمغ و اولئو رزین می‌تواند بعنوان یک منبع درآمد ارزی در عرصه جهانی نیز برای کشور ایفای نقش نماید و به صادرات غیر نفتی کمک کند.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تجاری سازی رزین، صمغ

Barijeh (*Ferula gummosa*) and the commercialization capabilities of its products in North Khorasan province

Zahra Sadeghi*
Department of Production and Utilization of Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, University of Saravan, Saravan, Sistan and Baluchestan, Iran
*Corresponding Author: Sadeghi.phytochem@gmail.com

Abstract

Ferula gummosa with the Persian name of Barijeh, a rare and valuable medicinal and aromatic species in Iran's pastures, is exploited by local stakeholders due to its high economic value. Its main compounds include essential oil, resin, gum, and impurities, with phenols, coumarins, and flavonoids also documented. The essential oil is composed of terpenoid hydrocarbons, with monoterpenes, particularly alpha-pinene and beta-pinene, and compounds like beta-myrcene, para-cymene, limonene, and monoterpene hydrocarbons. According to the research conducted, the essential oil of Barijeh in the Khambi and Saray regions of North Khorasan was found to be 20%, which is a significant yield. The plant's gum, resin, and essential oil are used in various industries, including pharmaceuticals, food, perfumery, cosmetics, hygiene, and adhesive manufacturing. The trade of Barijeh gum and resin, particularly to global markets like France, plays a significant role in the economies of countries like Iran and Afghanistan. However, excessive harvests and unprincipled extraction of resin have caused irreparable damage to the pastures, which are one of the country's most important national treasures. Domestication and cultivation of the plant could be a principled solution to preserve the plant and avoid raw material exports.

Keywords: Essential oil, Gum, Marketing, Resin

نقش گیاهان دارویی در توسعه اقتصاد زیستی نوین

کوثر قلی‌پور*[۱]، قادر دشتی[۲]

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲- استاد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: KosarGholipour@tabrizu.ac.ir

چکیده

اقتصاد زیستی به‌عنوان یکی از رویکردهای نوین توسعه پایدار، بر بهره‌برداری فناورانه، مسئولانه و تجدیدپذیر از منابع زیستی تأکید دارد و هدف اصلی آن جایگزینی اقتصاد وابسته به سوخت‌های فسیلی با اقتصادی بر پایه منابع طبیعی است. در این میان، گیاهان دارویی به‌عنوان بخشی ارزشمند از سرمایه زیستی و زیست‌فرهنگی، ظرفیت‌های متعددی در حوزه‌های سلامت، صنعت، کشاورزی پایدار و تجارت دارند. با این حال، در بسیاری از کشورها از جمله ایران، توسعه این حوزه با چالش‌هایی نظیر نبود زیرساخت‌های فناورانه، ضعف در نظام‌های سیاست‌گذاری و نبود پیوند مؤثر بین بازیگران زنجیره ارزش مواجه است. این مطالعه مروری با تکیه بر مفاهیم نوینی همچون الگوی سامانه‌های ارزش‌افزای اجتماعی-زیست‌محیطی-فناورانه (SETVEWS)، تلاش می‌کند نقش راهبردی گیاهان دارویی را در اقتصاد زیستی بازتعریف کند. یافته‌ها نشان می‌دهد که توسعه یکپارچه و سیستمی زنجیره ارزش گیاهان دارویی، در تعامل میان سیاست‌های حمایتی، زیرساخت‌های فناورانه، نهادهای میانجی و مشارکت فعال جوامع محلی شکل می‌گیرد. در این چارچوب، ارتقای بهره‌وری، افزایش ارزش افزوده، حفاظت از تنوع زیستی و گسترش بازارهای صادراتی، تنها در سایه حکمرانی هم‌افزا، سرمایه‌گذاری هدفمند در تحقیق و توسعه و توانمندسازی بهره‌برداران ممکن خواهد بود. همچنین، بهره‌گیری نظام‌مند از ظرفیت‌های گیاهان دارویی در قالب یکی از ستون‌های اقتصاد زیستی تاب‌آور، تنها از مسیر اتخاذ رویکردی کل‌نگر، مبتنی بر همکاری نهادی و نوآوری قابل دستیابی است.

واژه‌های کلیدی: اقتصاد زیستی، الگوی SETVEWS، توسعه پایدار، رویکرد مشارکتی، گیاهان دارویی

مقدمه

در دهه‌های اخیر، تحولات شتابان جهانی در حوزه‌های زیست‌محیطی، جمعیتی، فناورانه و اقتصادی، موجب شده است تا مفهوم «رشد پایدار» در کانون سیاست‌گذاری‌های بین‌المللی قرار گیرد. در چنین فضایی، اقتصاد زیستی (Bioeconomy) به‌عنوان یکی از رویکردهای نوین و میان‌رشته‌ای، جایگاهی راهبردی در برنامه‌های توسعه‌ای کشورهای پیشرو یافته‌است. این رویکرد بر استفاده پایدار از منابع زیستی تجدیدپذیر برای تولید غذا، انرژی، دارو، مواد اولیه صنعتی و خدمات زیست‌محیطی تأکید دارد و با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، به‌ویژه زیست‌فناوری، به دنبال جایگزینی اقتصاد وابسته به سوخت‌های فسیلی با اقتصادی بر پایه منابع طبیعی است (Viaggi, 2018). در چارچوب چنین اقتصادی، گیاهان دارویی به‌عنوان یکی از برجسته‌ترین جلوه‌های تنوع زیستی و میراث زیست‌فرهنگی، نقشی بی‌بدیل دارند. این گیاهان نه‌تنها منابع ارزشمند دارویی و بهداشتی به شمار می‌روند، بلکه به دلیل کاربردهای گسترده در صنایع غذایی، آرایشی، دامپزشکی و حتی کشاورزی پایدار، می‌توانند نقش مهمی در زنجیره‌های ارزش اقتصاد زیستی ایفا کنند. با این حال، در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران، ظرفیت‌های بالقوه گیاهان دارویی به دلایل متعدد ساختاری، فناورانه و سیاست‌گذاری، به‌صورت بالفعل به کار گرفته نشده‌است. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها

در این زمینه، عدم وجود نگرش سیستمی و فرابخشی به زنجیره ارزش گیاهان دارویی است. تولید، جمع‌آوری، فرآوری، استانداردسازی، تجاری‌سازی و صادرات این گیاهان غالباً در فضایی ناهماهنگ و بدون پیوند نهادی شکل می‌گیرد. به‌علاوه، ضعف در زیرساخت‌های تحقیقاتی و فناورانه، عدم حمایت مؤثر دولت، نبود استانداردهای کیفیت‌بخشی فراگیر و نظام‌های کنترلی ناکارآمد، مانع از ارتقای جایگاه گیاهان دارویی در اقتصاد ملی شده‌است. همچنین، در بیشتر موارد، نظام‌های سیاست‌گذاری کلان، فاقد رویکرد بلندمدت، مشارکتی و فناورانه به موضوع گیاهان دارویی هستند و بیش از آنکه ناظر بر توسعه پایدار و مبتنی بر نوآوری باشند، جنبه‌های کشاورزی سنتی و بهره‌برداری خام‌محور را تقویت کرده‌اند.

علاوه بر چالش‌های فناورانه و نهادی، رویکردهای تحلیلی رایج نیز کمتر توانسته‌اند ماهیت چندبعدی و پیچیده این حوزه را درک کنند. در همین راستا، مفاهیمی چون سرمایه زیستی انسان‌ساخته[1](ABC) و سامانه‌های ارزش‌افزای اجتماعی-زیست‌محیطی-فناورانه[2](SETVEWS) ، به‌عنوان چارچوب‌هایی نوظهور، ظرفیت ارائه تفسیری منسجم‌تر از ارتباط میان سرمایه‌گذاری در منابع زیستی، الگوهای سازمانی و پیکربندی سیاستی را فراهم آورده‌اند (Viaggi, 2022). این مفاهیم کمک می‌کنند تا گیاهان دارویی نه صرفاً به‌عنوان محصول کشاورزی، بلکه به‌مثابه مؤلفه‌ای کلیدی در سامانه نوآوری اقتصاد زیستی بازشناسی گردند. بر این اساس، هدف اصلی مطالعه حاضر آن است که با اتکا بر مفاهیم کلیدی و رویکردهای نظری نوین در اقتصاد زیستی، نقش گیاهان دارویی را در ساختار اقتصادی، سازمانی و سیاستی کشور بازتعریف کرده و راهکارهایی برای ارتقای جایگاه آن‌ها در توسعه پایدار ملی ارائه نماید. این مقاله بر آن است تا با بررسی ساختاری-مفهومی حوزه گیاهان دارویی، به درکی عمیق‌تر از چگونگی پیوند این منابع با الگوهای نوین رشد پایدار، نوآوری فناورانه و حکمرانی زیستی دست یابد.

چارچوب مفهومی اقتصاد زیستی و نقش منابع زیستی در توسعه پایدار

اقتصاد زیستی به‌عنوان مفهومی پویا، در پاسخ به چالش‌های جهانی نظیر تغییرات اقلیمی، کاهش منابع فسیلی، ناامنی غذایی و بحران‌های زیست‌محیطی، بر بهره‌برداری هوشمندانه، پایدار و فناورانه از منابع زیستی تجدیدپذیر برای تولید کالاها و خدمات تأکید دارد. در این چارچوب، گیاهان دارویی از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند؛ چراکه نه‌تنها جزئی از تنوع زیستی هر کشور محسوب می‌شوند، بلکه به‌عنوان سرمایه‌ای زیستی-فرهنگی، ظرفیت‌های گسترده‌ای در حوزه سلامت، صنعت، کشاورزی و تجارت دارند. برخلاف مواد اولیه سنتی که عمدتاً مبتنی بر منابع غیرتجدیدپذیر و مخرب برای محیط‌زیست هستند، گیاهان دارویی با سازگاری بالا با محیط‌های کم‌آب، نیاز اندک به نهاده‌های شیمیایی و امکان بهره‌برداری در نظام‌های کشاورزی پایدار، الگویی مناسب برای تحقق توسعه زیست‌محور به‌شمار می‌آیند (Yazdani & Shahriari, 2023). نقش این گیاهان در اقتصاد زیستی را می‌توان در بستر مفهوم سرمایه زیستی انسان‌ساخته تحلیل کرد؛ سرمایه‌ای که با مداخله آگاهانه انسانی از طریق فناوری، دانش بومی و نظام‌های سازمان‌یافته بهره‌برداری، ارتقاء می‌یابد. بهره‌برداری فناورانه از گیاهان دارویی، در صورت هم‌افزایی بین علوم زیستی، نظام‌های تحقیق و توسعه، سیاست‌های حمایتی و نهادهای بازار، می‌تواند منجر به تولید محصولات با ارزش افزوده بالا، ایجاد اشتغال فناورانه، حفاظت از منابع ژنتیکی و تقویت تاب‌آوری اقتصادی در مناطق روستایی و کم‌برخوردار گردد (Caporale et al., 2020). اما با وجود این ظرفیت‌ها، توسعه زنجیره ارزش گیاهان دارویی در بسیاری از کشورها از جمله ایران با چالش‌های ساختاری و نهادی متعددی مواجه است. در سطح نخست، نبود زیرساخت‌های مناسب برای فرآوری صنعتی، استخراج ترکیبات مؤثر، استانداردسازی کیفی، بسته‌بندی رقابتی و ردیابی زنجیره تأمین، موجب شده

1. Anthropized Biological Capital
2. Socioecological Technological Value-Enhancing Web System

بخش عمده‌ای از گیاهان دارویی به‌صورت خام، فله‌ای و بدون فرآوری علمی به بازار عرضه شوند که نتیجه آن، از بین رفتن بخش قابل‌توجهی از ارزش اقتصادی و صادراتی این محصولات است. افزون بر آن، نبود نهادهای میانجی همچون خوشه‌های تخصصی، پلتفرم‌های نوآوری باز، اتحادیه‌های فناورانه، یا مراکز توسعه بازار، زنجیره تولید تا مصرف این گیاهان را گسسته و ناکارآمد ساخته‌است. در واقع، تولیدکنندگان خرد، پژوهشگران دانشگاهی، واحدهای صنعتی و نهادهای سیاست‌گذار، غالباً در فضایی ناهماهنگ، فاقد ارتباطات اثربخش و بدون یک چشم‌انداز مشترک عمل می‌کنند.

در سطح کلان‌تر، سیاست‌های حمایتی در حوزه گیاهان دارویی عموماً ناظر بر بخش کشاورزی بوده و نگاه سنتی به تولید اولیه دارد؛ در حالی که توسعه واقعی این حوزه، نیازمند نگاهی زنجیره‌ای و فناورانه است. حمایت صرف از کشت گیاهان دارویی بدون توجه به حلقه‌های ارزش‌افزایی، از جمله فرآوری ثانویه، توسعه برند، صادرات هدفمند و حفاظت اکولوژیکی، نمی‌تواند منجر به تحول پایدار گردد (Shariatzadeh et al., 2025). همچنین، نبود یک راهبرد جامع بین‌بخشی که وزارت‌خانه‌های مرتبط، مراکز علمی، بخش خصوصی و جوامع محلی را درگیر سازد، باعث شده اقدامات انجام‌شده عمدتاً کوتاه‌مدت، پراکنده و فاقد تأثیرگذاری سیستمی باشد. در مواجهه با این چالش‌ها، الگوی مفهومی SETVEWS می‌تواند راهگشای طراحی سیاست‌ها و سازوکارهای نهادی برای توسعه گیاهان دارویی در بستر اقتصاد زیستی باشد. این الگو بر ایجاد سامانه‌هایی ارزش‌افزا مبتنی بر تعاملات فناورانه، اجتماعی و زیست‌محیطی تأکید دارد. در این رویکرد، توسعه زنجیره ارزش گیاهان دارویی نه‌تنها از منظر اقتصادی، بلکه به‌عنوان یک فرایند تعاملی میان بازیگران مختلف تفسیر می‌شود که در آن، انتقال فناوری، ارتقاء دانش، حفاظت از تنوع زیستی و هم‌افزایی بین سطوح محلی، ملی و بین‌المللی اهمیت می‌یابد. درواقع، الگوی SETVEWS با نگاهی سیستمی، توسعه را نه به‌عنوان مجموعه‌ای از فعالیت‌های منفرد، بلکه به‌مثابه یک «سامانه‌ی ارزش‌افزای شبکه‌ای» تلقی می‌کند که در آن، عناصر فناورانه، اجتماعی و زیست‌محیطی در تعامل دائم با یکدیگر قرار دارند. این تعاملات، بستر لازم برای شکل‌گیری زنجیره‌ای منسجم از ارزش را فراهم می‌کنند که از مرحله تولید اولیه آغاز شده و تا سطوح بالاتری همچون فرآوری پیشرفته، توسعه استانداردها، بازاریابی بین‌المللی و حفاظت اکولوژیکی ادامه می‌یابد. در این چارچوب، موفقیت توسعه گیاهان دارویی دیگر وابسته به یک عامل یا بخش خاص نیست؛ بلکه مستلزم هم‌راستاسازی مجموعه‌ای از سیاست‌ها، نهادها و کنشگران در سطوح مختلف است. به‌عنوان نمونه، انتقال فناوری‌های نوین در حوزه کشت و فرآوری تنها زمانی مؤثر واقع می‌شود که هم‌زمان با آن، نظام‌های آموزش فنی‌وحرفه‌ای به‌روز شوند، حمایت‌های مالی هدفمند از بنگاه‌های دانش‌بنیان و زیرساخت‌های ردیابی و کنترل کیفیت مبتنی بر فناوری اطلاعات در مقیاس ملی شکل گیرد. از سوی دیگر، تعامل فعال با جوامع محلی و بهره‌برداران خرد، به‌ویژه در مناطق روستایی و محروم، می‌تواند زمینه مشارکت مؤثر در حفاظت از گونه‌های بومی، ترویج الگوهای کشت پایدار و کاهش وابستگی به واسطه‌های غیررسمی را فراهم سازد. همین‌طور، پیوند میان دانشگاه‌ها و صنعت، از طریق پروژه‌های مشترک، کارآزمایی‌های میدانی و مراکز نوآوری کشاورزی، نقشی کلیدی در تسریع فرایند بومی‌سازی دانش و ارتقای بهره‌وری ایفا می‌کند. روشن است که تحقق چنین مدلی نیازمند اقداماتی نظیر سرمایه‌گذاری پایدار در تحقیق و توسعه، تسهیل مشارکت بخش خصوصی، ایجاد بسترهای دیجیتال برای ردیابی و تضمین کیفیت، توانمندسازی جوامع محلی و بازاندیشی در سیاست‌های حمایتی است. به‌طور خلاصه، تنها با اتخاذ رویکردی کل‌نگر، مشارکتی و فناورانه می‌توان از ظرفیت‌های گسترده گیاهان دارویی در راستای شکل‌دهی به یک اقتصاد زیستی تاب‌آور و نوآور بهره‌برداری کرد (Viaggi, 2019).

نتیجه‌گیری

اقتصاد زیستی به‌مثابه چارچوبی نوین برای توسعه پایدار، بر بهره‌برداری مسئولانه و فناورانه از منابع زیستی تأکید دارد؛ در این میان، گیاهان دارویی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی این رویکرد، ظرفیتی بی‌بدیل برای تحقق

اهداف زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی فراهم می‌کنند. تحلیل‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که گیاهان دارویی نه‌تنها بخشی از سرمایه زیستی قابل احیای کشورها محسوب می‌شوند، بلکه با ویژگی‌هایی همچون تنوع گونه‌ای، سازگاری با اقلیم‌های خشک، وابستگی اندک به نهاده‌های شیمیایی و ارزش افزوده بالای فرآورده‌های ثانویه، می‌توانند نقش محوری در بازآفرینی زنجیره‌های اقتصادی بر پایه اصول پایداری ایفا کنند. تحقق کامل ظرفیت‌های نهفته در این حوزه مستلزم تغییر نگرش از تولید سنتی به سمت توسعه نظامی یکپارچه و فناورانه است که در آن حلقه‌های مختلف زنجیره ارزش، از کشت و تولید تا فرآوری، بازاریابی و صادرات، به شکلی هماهنگ و هدفمند در تعامل با یکدیگر قرار گیرند. توسعه گیاهان دارویی در بستر اقتصاد زیستی، بدون توجه به زیرساخت‌های قوی تحقیق و توسعه، نهادهای تسهیل‌گر، سیاست‌گذاری‌های هماهنگ بین‌بخشی و مشارکت فعال بخش خصوصی و جوامع محلی، نمی‌تواند به نتایج پایدار منجر شود. الگوی مفهومی SETVEWS، به‌عنوان سامانه‌ای ارزش‌افزا با تمرکز بر تعاملات فناورانه، اجتماعی و زیست‌محیطی، نشان می‌دهد که برای شکوفایی ظرفیت‌های گیاهان دارویی، لازم است یک اکوسیستم نهادی و فناورانه شکل گیرد که نقش بازیگران مختلف در آن تعریف شده و هم‌افزایی میان آنها تسهیل شود. در این مسیر، تقویت پیوند دانشگاه و صنعت، ارتقای قابلیت‌های فرآوری و بسته‌بندی، ایجاد بسترهای دیجیتال برای ردیابی زنجیره تأمین، سرمایه‌گذاری در تحقیقات کاربردی، حمایت از استارتاپ‌های فناورانه و آموزش و توانمندسازی کشاورزان و بهره‌برداران محلی، از جمله اقدامات کلیدی به شمار می‌آیند. حمایت از تحقیق و توسعه در زمینه روش‌های کشت و فرآوری و شناسایی خواص جدید گیاهان دارویی، زمینه‌ساز تولید محصولات باکیفیت‌تر و ارزش افزوده بالاتر خواهد بود. همچنین، همکاری و هماهنگی بین کشاورزان، تولیدکنندگان، فرآوری‌کنندگان و بازاریابان باید تقویت شود تا زنجیره ارزش گیاهان دارویی به صورت بهینه و منسجم عمل کرده و بهره‌وری افزایش یابد. از سوی دیگر، سیاست‌گذاران می‌توانند با ارائه مشوق‌های مالی و اعتباری مناسب، ریسک‌های سرمایه‌گذاری فعالان این حوزه را کاهش داده و انگیزه توسعه آن را افزایش دهند. برگزاری دوره‌های آموزشی و توانمندسازی بهره‌برداران در زمینه کشت پایدار و استانداردهای کیفی نیز به بهبود عملکرد و ارتقای کیفیت محصولات کمک خواهد کرد. در نهایت، توسعه بازارهای داخلی و بین‌المللی از طریق برندینگ یا تجاری‌سازی هوشمند و حضور فعال در بازارهای هدف، جایگاه گیاهان دارویی را ارتقا داده و فرصت‌های صادراتی را گسترش می‌دهد. این اقدامات همراه با حفظ منابع طبیعی و حمایت از تنوع زیستی، مسیر تبدیل گیاهان دارویی به یکی از ستون‌های اصلی اقتصاد زیستی را هموار خواهند ساخت.

منابع

Caporale, F., Mateo-Martín, J., Usman, M. F., & Smith-Hall, C. (2020). Plant-based sustainable development—the expansion and anatomy of the medicinal plant secondary processing sector in Nepal. *Sustainability*, *12*(14), 5575.

Shariatzadeh, M., Bijani, M., & Bahadori, F. (2025). Sustainable development of Iran's medicinal plant exports to the global value chain: a strategic analysis. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *9*, 1500168.

Viaggi, D. (2018). *The bioeconomy: delivering sustainable green growth*. CABI.

Viaggi, D. (2019). Understanding bioeconomy systems: integrating economic, organisational and policy concepts. In *Bioeconomy for sustainable development* (pp. 3-19). Singapore: Springer Singapore.

Viaggi, D. (2022). Agricultural waste management and valorisation in the context of the circular bioeconomy: Exploring the potential of biomass value webs. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, *27*, 100356.

Yazdani, D., Shahriari, M. (2023). A comprehensive map and prioritization of the provinces producing medicinal plants in the country based on the indicators of the physical advantage of production, *Quarterly Journal of Development Strategy*, 71(18), 154-180.

The Role of Medicinal Plants in the Development of the Modern Bioeconomy

Kosar Gholipour[1*], Ghader Dashti[2]
1. PhD student in Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz
2. Professor of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz
[*]*Corresponding Author: KosarGholipour@tabrizu.ac.ir*

Abstract

The bioeconomy, as a novel approach to sustainable development, emphasizes the technological, responsible, and renewable utilization of biological resources, aiming to replace fossil fuel–based economies with nature-based alternatives. In this context, medicinal plants, valuable components of both biological and biocultural capital, offer diverse potentials in health, industry, sustainable agriculture, and trade. However, in many countries, including Iran, the development of this sector faces challenges such as inadequate technological infrastructure, weak policy frameworks, and lack of effective linkages among value chain actors. This review study, grounded in emerging concepts such as the Social-Environmental-Technological Value-Enhancing Systems (SETVEWS) model, seeks to redefine the strategic role of medicinal plants within the bioeconomy. The findings indicate that the integrated and systemic development of medicinal plant value chains emerges through the interaction of supportive policies, technological infrastructure, intermediary institutions, and active participation of local communities. Within this framework, enhancing productivity, increasing value added, conserving biodiversity, and expanding export markets can only be achieved through synergistic governance, targeted investment in research and development, and capacity building of stakeholders. Furthermore, systematic utilization of the potential of medicinal plants as one of the pillars of a resilient bioeconomy is attainable only through a holistic, institutionally collaborative, and innovation-driven approach.

Keywords: Bioeconomy, Collaborative approach, Medicinal plants, SETVEWS Model, Sustainable Development

مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.): پتانسیل آنتی‌اکسیدانی در صنایع غذایی و دارویی

مریم رادمان فرد[۱]، مرضیه باباش پور اصل[۲*]، سپیده غفاری[۳]
۱- گروه علوم پایه، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۲- گروه علوم باغبانی، واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه، ایران
۳- گروه علوم پایه، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
[*]نویسنده مسئول: babashpour@iau.ac.ir

چکیده

گیاه مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.)، از اعضای برجسته خانواده نعناعیان، به دلیل تاریخچه غنی در طب سنتی و خواص فارماکولوژیک اثبات‌شده، مورد توجه گسترده‌ای قرار گرفته است. این مقاله مروری به پتانسیل آنتی‌اکسیدانی این گیاه با استناد به تحقیقات علمی نوین می‌پردازد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که قدرت آنتی‌اکسیدانی این گیاه نه در اسانس فرار آن، بلکه عمدتاً در ترکیبات فنولی غیرفرار و قطبی آن نهفته است. این ترکیبات، به‌ویژه دی‌ترین‌های فنولی (فنولیک‌اسیدها) و کارنوزیک‌اسید (با محوریت رزمارینیک‌اسید)، از طریق مکانیسم‌های چندگانه و هم‌افزا شامل مهار مستقیم رادیکال‌های آزاد، شکستن زنجیره پراکسیداسیون لیپید و شلاته کردن یون‌های فلزی یک سیستم دفاعی قدرتمند در برابر استرس اکسیداتیو ایجاد می‌کنند. این یافته "پارادوکس قطبیت" را برجسته می‌کند که در آن عصاره‌های آبی و الکلی فعالیت بسیار قوی‌تری نسبت به اسانس چربی‌دوست دارند و بر اهمیت انتخاب روش استخراج تأکید می‌ورزد. شواهد قوی، پتانسیل عصاره‌های مریم‌گلی را به عنوان جایگزین‌های طبیعی و "برچسب پاک" برای آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی در صنعت غذا تأیید می‌کنند. علاوه بر این، کشف پتانسیل آنتی‌اکسیدانی بالای پسماندهای حاصل از تقطیر، یک فرصت استثنایی برای ارزش‌آفرینی و اقتصاد چرخشی فراهم می‌آورد. با این حال، تحقق کامل این پتانسیل نیازمند تحقیقات بیشتر در زمینه استانداردسازی عصاره‌ها، انجام مطالعات بالینی، بررسی اثرات هم‌افزایی و توسعه روش‌های استخراج سبز است. در مجموع، مریم‌گلی از یک گیاه دارویی سنتی به یک منبع علمی معتبر برای ترکیبات زیست‌فعال تبدیل شده است که آینده روشنی در کاربردهای نوین پیش‌رو دارد.

واژه‌های کلیدی: رزمارینیک‌اسید، کارنوزیک‌اسید، ترکیبات فنولی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مریم‌گلی

Salvia officinalis L.: Antioxidant Potential in the Food and Pharmaceutical Industries

Maryam Radmanfard[1], Marzieh Babashpour-Asl[*2], Sepideh Ghaffari[3]
1. Department of Basic Sciences, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran
2. Department of Horticultural Science, Mar.C., Islamic Azad University, Maragheh, Iran
3. Department of Basic Sciences, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran
Corresponding Author: babashpour@iau.ac.ir

Abstract

Salvia officinalis L., a prominent member of the Lamiaceae family, has garnered widespread attention owing to its rich history in traditional medicine and its scientifically validated pharmacological properties. This review paper elucidates the antioxidant potential of this plant by referencing modern scientific research. Analyses reveal that the plant's antioxidant potential is not attributed to its volatile essential oil, but rather resides predominantly in its non-volatile, polar phenolic constituents. These compounds, particularly phenolic diterpenes and phenolic acids with carnosic acid and rosmarinic acid being of central importance establish a potent defense system against oxidative stress through multiple and synergistic mechanisms, comprising direct free-radical scavenging, chain-breaking inhibition of lipid peroxidation, and chelation of metal ions. This finding highlights the "polarity paradox," wherein aqueous and alcoholic extracts exhibit markedly superior activity compared to the lipophilic essential oil, thereby underscoring the critical importance of extraction method selection. Substantial evidence supports the potential of sage extracts as natural, "clean-label" alternatives to synthetic antioxidants in the food industry. Moreover, the discovery of high antioxidant potential within the distillation residues presents an exceptional opportunity for valorization and the circular economy. However, the complete realization of this potential necessitates further research on the standardization of extracts, execution of clinical trials, investigation of synergistic effects, and development of green extraction methods. In summary, sage has transitioned from a traditional medicinal herb into a scientifically validated source of bioactive compounds, poised for a promising future in novel applications.

Keywords: Antioxidant activity, Carnosic acid, Sage, Phenolic compounds, Rosmarinic acid.

کنگر فرنگی (*Cyanara scolymus* L.)، گزینه‌ای مناسب به عنوان علوفه- دارو: ۱- تأثیر تراکم و سیستم تغذیه بر عملکرد علوفه و ترکیبات فیتوشیمیایی

نیما سرحدی[۱]، مجید آقاعلیخانی[*۲]، علی مختصی بیدگلی[۳] و جواد رضایی[۴]

۱- دانشجوی دکتری اگروتکنولوژی (گرایش اکولوژی گیاهان زراعی)، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۲- استاد گروه زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۳- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۴- دانشیار گروه علوم دامی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

[*]نویسنده مسئول: maghaalikhani@modares.ac.ir

چکیده

در راستای بهبود عملکرد کمی و کیفی کنگر فرنگی به عنوان یک منبع علوفه جدید با خواص دارویی مؤثر در سیستم گوارشی دام، آزمایشی در دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. در این تحقیق برهمکنش تراکم بوته (۵۷، ۶۷، ۸۰ و ۱۰۰ هزار بوته در هکتار) و سیستم تغذیه (شاهد، اوره، زیستی و تلفیقی: ۵۰٪ اوره + زیستی) بر عملکرد علوفه و متابولیت‌های ثانویه کنگر به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار ارزیابی شد. بذرکاری در دهم اردیبهشت ۱۴۰۰ انجام شد. پیکر رویشی کنگر ۱۱۰ روز بعد از سبز شدن برداشت و ترکیبات ثانویه با HPLC ارزیابی شد. بیشینه علوفه تر و خشک (۱۴۰ و ۱۵ تن در هکتار) با تغذیه شیمیایی، اوره، به دست آمد. اثر اصلی سیستم تغذیه نیتروژنی فقط بر میزان کلروژنیک و سینامیک اسید معنی‌دار بود. بیشترین مقدار سینامیک اسید (۱/۱۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) از سیستم کودی تلفیقی حاصل شد. محتوای رزمارینیک اسید و کوئرستین نیز در همین تیمار بیشترین مقدار (۵/۰۷ و ۶/۲۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) بود. برهمکنش تغذیه × تراکم فقط بر میزان سینامیک اسید معنی‌دار شد. بیشینه سینامیک اسید (۲/۱۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) از تراکم بوته ۵۵۰۰۰ بوته در هکتار با تغذیه تلفیقی به دست آمد. باتوجه به عدم تفاوت معنی‌دار عملکرد علوفه در تغذیه شیمیایی و تلفیقی، همچنین برتری تغذیه تلفیقی در ترکیبات مؤثره دارویی، تغذیه تلفیقی (بذرمال کنگر با کود زیستی بایوفارم + کاربرد ۵۰ درصد توصیه شده اوره پس از سبزشدن و استقرار گیاهچه + محلول‌پاشی عصاره مخمر در زمان یک ماه پس از سبز شدن) توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: عصاره مخمر، علوفه- دارو، کشاورزی کم نهاده، کوددهی، متابولیت‌های ثانویه.

مقدمه

کنگرفرنگی (*Cyanara scolymus* L.) به عنوان گیاهی دو منظوره (با خاصیت علوفه‌ای و دارویی) شناخته می‌شود که ضمن دارابودن ویژگی‌های علوفه‌ای مناسب مانند پروتئین بالا، زیست توده کافی و مقدار فیبر موردنیاز دام دارای متابولیت‌های ثانویه با خواص دارویی شناخته شده‌ای می‌باشد. برگ‌های این گیاه منبعی غنی از ترکیبات پلی‌فنولی و مشتقات اسید کافئیک (کلروژنیک اسید و سینارین) و فلاونوئیدها (ازجمله اپی‌جنین-۷- گلیکوزید)

است (Bekhit and Sota, 2019). مونو کافئولینیک اسید و ۵،۱ دی کافئولینیک اسید به‌عنوان فراوان‌ترین ترکیبات پلی فنولی در برگ و ساقه کنگرفرنگی معرفی شده‌اند. در کنار فرآورده‌های دارویی متعددی که از این گیاه تولید شده و برای درمان بیماری‌های گوارشی، کبدی، کلیوی و عروقی در انسان تجویز می‌شوند، استفاده از عملکرد رویشی کنگر فرنگی در سال اول رشد به عنوان علوفه-دارو در تغذیه دام ایده نسبتاً جدیدی است که موود توجه محققین در بخش زراعت و فیتوشیمی قرار گرفته است. یکی از اهداف این تحقیق بهبود عملکرد کمی و کیفی کنگر فرنگی با تیمارهای تراکم گیاهی و سیستم تغذیه‌ای است تا از آن به عنوان یک منبع علوفه جدید با خواص دارویی برای تقویت سیستم گوارشی و عملکرد کبد(Matuschowski et al., 2005) و کلیه دام استفاده شود.

نقشی که برای ترکیبات فیتوشیمیایی کنگر فرنگی در تقویت سلامت (ضد سرطانی، ضد میکروبی، ضد حساسیت، ضد جهش‌زایی و ضد التهابی) و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی معرفی شده است (Garbetta et al., 2014). عمدتاً به ترکیبات فنولی معطوف می‌شود. ترکیبات فنولی موجود در کنگر فرنگی با جلوگیری از آسیب اکسیداتیو به مولکول‌های بیولوژیکی مانند پروتئین‌ها، لیپیدها و DNA در پیشگیری از بیماری‌ها و تقویت سلامتی انسان و دام نقش دارند (Lattanzio et al., 2005). به دلیل همین خواص آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنولی کنگرفرنگی را می‌توان به عنوان نگهدارنده‌های طبیعی در صنایع غذایی استفاده کرد. این ترکیبات در قسمت‌های مختلف گیاه توزیع شده‌اند، اما در برگ‌ها و برگچه‌های بیرونی در مقایسه با گل آذین گیاه (گلوب) غلظت‌های بالاتری از ترکیبات فنولی یافت می‌شود. غلظت ترکیبات فنولی در کنگر فرنگی تحت تأثیر عوامل محیطی مانند دوره نوری و در دسترس بودن مواد مغذی قرار می‌گیرد(Abu-Reidah et al., 2013).

عصاره اندام رویشی کنگر فرنگی حاوی انواع ترکیبات فنولی از جمله هیدروکسی بنزوئیک اسیدها[1] مانند کلروژنیک اسید[2] هیدروکسی سینامیک اسیدها:[3] مانند ۳،۵-O-دی کافئوئیل‌کینیک اسید[4] و ۱،۵-O- دیائوئیل‌کینیک اسید،[5] فلاونوئیدهایی همچون آپی‌ژنین[6] و کوئرستین[7] می‌باشد کوئرستین یک آنتی‌اکسیدان قوی است که رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برد، تنش اکسیداتیو را کاهش می‌دهد و از آسیب سلولی محافظت می‌کند (Alarcón-Flores et al., 2014; Garbetta et al., 2014) در تشریح اثرات ضد التهابی کوئرستین گفته شده که تولید سیتوکین‌ها و آنزیم‌های التهابی را مهار می‌کند (Abu-Reidah et al., 2013; Lattanzio, et al., 2005) بر همین اساس برای بیماری‌های آلرژیک مانند آسم، رینیت و درماتیت مفید است. در کنار این اثرات کلی، خواص درمانی متعدد دیگری همچون فعالیت ضد سرطانی، اثرات محافظت عصبی (Ruiz-Aceituno et al., 2016)، خواص ضد میکروبی و ضد ویروسی (D'Antuono et al., 2018) و فواید قلبی عروقی(Kumar and Sharma., 2024). نیز برای کوئرستین برشمرده شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر متقابل تراکم بوته (۵۷، ۶۷، ۸۰ و ۱۰۰ هزار بوته در هکتار) و سیستم تغذیه (شاهد، اوره، زیستی و تلفیقی: ۵۰٪ اوره + زیستی) بر عملکرد زیست توده و متابولیت‌های ثانویه کنگر فرنگی، آزمایشی در مزرعه

1. hydroxybenzoic acids
2. Chlorogenic acid
3. Hydroxycinnamic Acids
4. 3,5-O-dicaffeoylquinic acid
5. 1,5-O-dicaffeoylquinic acid
6. Apigenin
7. Quercetin

تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس در بهار و تابستان ۱۴۰۰ انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. برای سیستم تغذیه‌ای زیستی و تلفیقی یک ساعت قبل از کاشت، بذرها با کود زیستی بایوفارم (حاوی باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن) بذرمال شده و پس از خشک شدن در سایه بلافاصله کشت شدند. در سیستم تغذیه شیمیایی و تلفیقی پس از تنک نمودن بوته‌های اضافی کود نیتروژن از منبع اوره، براساس نیاز کنگرفرنگی و نتیجه آزمایش خاک به روش چال‌کود در واحدهای آزمایشی اعمال شد. علاوه بر این در تیمارهای زیستی و تلفیقی با هدف تأمین ریزمغذی‌ها از منبع زیستی، عصاره مخمر محلول‌پاشی شد. پیکر رویشی کنگر در مرحله ۱۱۰ روز بعد از سبز شدن در اواخر تابستان کف‌بر شده پس از تعیین عملکرد علوفه تر و خشک نمونه‌ای از هر واحد آزمایشی برای تعیین متابولیت‌های ثانویه که عمدتاً ترکیبات فنولی هستند، پس از خشک شدن آسیاب شده و در آزمایشگاه فیتوشیمی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع با استفاده از دستگاه HPLC ارزیابی شدند. ستون مورد استفاده، مدل Reprospher 100 C18, 5µm به ابعاد ۴/۶×۲۵۰ میلیمتر، حجم تزریق، ۲۰ میکرولیتر، سرعت جریان ۰/۷ میلی لیتر در دقیقه و فاز مایع شامل H2O, 0.02% TFA (حلال آبی) و MeOH, 0.02% TFA (حلال آلی) بود.

نتایج وبحث

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد اثر اصلی سیستم تغذیه نیتروژنی فقط بر میزان کلروژنیک اسید و سینامیک اسید[1] بسیار معنی‌دار بود ($p>0.01$). به طوری که مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد بیشینه کلروژنیک اسید در علوفه کنگر در تیمار تغذیه زیستی حاصل شد و تغذیه شیمیایی کنگر با کود اوره از این نظر در رتبه دوم و البته بدون تفاوت معنی‌دار با تیمار کود زیستی در یک گروه آماری قرار گرفت. تیمار تغذیه تلفیقی با ۳۲ درصد کاهش نسبت به تیمار تغذیه شیمیایی نیز در رتبه سوم واقع شد (جدول ۲).

بیشترین مقدار سینامیک اسید (۱/۱۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) کنگر در نمونه‌های رشد یافته با سیستم کودی تلفیقی تعیین شد. از این رو، این تیمار با برتری معنی دار ۴۳/۳ درصدی نسبت به تیمار شیمیایی در صدر قرار گرفت. گفتنی است محتوای رزمارینیک اسید[2] و کوئرستین کنگر تحت همین تیمار تغذیه‌ای تلفیقی از نظر کمی بیشترین مقدار (به ترتیب ۵/۰۷ و ۶/۲۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) بود، اگرچه با سایر تیمارهای تغذیه اعم از زیستی و شیمیایی اختلاف آماری معنی‌دار نداشت (جدول ۲).

1. cinnamic Acids
2. Rosmarinic acid

جدول ۱. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات اصلی و برهمکنش‌های دو طرفه منابع نیتروژن (چهار منبع: شاهد، اوره، زیستی و تلفیقی: ۵۰٪ اوره + زیستی) و تراکم کاشت (چهار تراکم: ۵۷۰۰۰، ۶۷۰۰۰، ۸۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار) بر ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی کنگر فرنگی

Source of variation	DF	Chlorogenic acid	Caffeic acid	Rosmarinic acid	Cinnamic acid	Quercetin
Block	2	1670^{ns}	0.0225^{ns}	0.759^{ns}	0.0128^{ns}	0.8334*
Nitrogen (N)	3	11071**	0.0129^{ns}	0.166^{ns}	0.3010**	0.0489^{ns}
Density (D)	3	1140^{ns}	0.0143^{ns}	0.838^{ns}	0.3236**	0.1601^{ns}
N × D	9	1677^{ns}	0.0162^{ns}	0.565^{ns}	0.3124**	0.1524^{ns}
Error	30	1471	0.0168	0.551	0.0212	0.1617
CV (%)	-	35.53	27.59	34.61	14.09	6.46

DF: درجه آزادی؛ CV: ضریب تغییرات؛ ns: $P > 0.05$، *: $0.01 < P \leq 0.05$؛ **: $P \leq 0.01$. تبدیل لگاریتمی برای داده‌های اسید کافئیک اعمال شد، در حالی که برای رزمارینیک اسید و سینامیک اسید از تبدیل جذر استفاده شد تا فرضیات نرمال بودن و همگنی رعایت شود.

رزمارینیک اسید (دیمر کافئیک اسید) که عمدتاً در گیاهانی از تیره نعناعیان (Lamiaceae) و گاوزبان (Boraginaceae) مانند نعناع، رزماری، ریحان و اسطوخودوس یافت می‌شود، در نمونه‌های کنگر فرنگی تحقیق حاضر شناسایی و تعیین مقدار شد، هرچند تفاوت آماری معنی داری بین سامانه‌های تغذیه و تراکم بوته مشاهده نشد.

جدول ۲. اثرات اصلی منابع نیتروژن [شاهد (N0)، اوره (N1)، زیستی(N2) و تلفیقی یا ۵۰٪ اوره + زیستی (N3)] و تراکم کاشت [۵۷۰۰۰ (D1)، ۶۷۰۰۰ (D2)، ۸۰۰۰۰ (D3) و ۱۰۰۰۰۰ (D4) بوته در هکتار] بر ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی کنگر فرنگی

reatments	Chlorogenic acid (mg g-1 DW)	Caffeic acid (mg g-1 DW)	Rosmarinic acid (mg g-1 DW)	Cinnamic acid (mg g-1 DW)	Quercetin (mg g-1 DW)
Nitrogen sources					
N0	79.60±8.38^{b}	2.60±0.13^{a}	3.91±0.71^{a}	0.66±0.24^{b}	6.13±0.13^{a}
N1	125.43±14.90^{a}	2.50±0.10^{a}	4.90±0.55^{a}	0.64±0.20^{b}	6.25±0.15^{a}
N2	141.70±10.36^{a}	2.67±0.18^{a}	4.72±0.92^{a}	0.27±0.13^{c}	6.26±0.12^{a}
N3	85.16±10.02b	2.38±0.24^{a}	5.07±1.31^{a}	1.13±0.24^{a}	6.27±0.08^{a}
Planting densities					
D1	119.94±14.88^{a}	2.57±0.12^{a}	4.61±0.73^{a}	0.97±0.30^{a}	6.21±0.14^{a}
D2	106.94±16.81^{a}	2.78±0.16^{a}	3.20±0.78^{a}	0.60±0.15^{b}	6.37±0.13^{a}
D3	108.88±11.91^{a}	2.46±0.26^{a}	5.44±1.32^{a}	0.19±0.13^{c}	6.21±0.13^{a}
D4	96.14±8.94^{a}	2.34±0.07^{a}	5.35±0.52^{a}	0.95±0.20^{a}	6.09±0.09^{a}

میانگین‌ها به همراه خطای استاندارد مربوطه ارائه شده‌اند. حروف متفاوت در هر ستون و برای هر عامل، نشان‌دهنده تفاوت‌های معنی‌دار در سطح معنی‌داری P≤۰،۰۵ هستند. DW به وزن خشک برگ اشاره دارد.

اثر اصلی تراکم بوته در واحد سطح و همچنین برهمکنش سیستم تغذیه × تراکم بوته نیز فقط بر میزان سینامیک اسید معنی‌دار شد، اما سایر ترکیبات فیتوشیمیایی کنگر را تحت تأثیر قرار نداد. بیشترین مقدار سینامیک اسید در کنگر فرنگی (۲/۱۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) از تراکم بوته پایین (۵۵۰۰۰ بوته در هکتار) تحت سیستم تغذیه تلفیقی بدست آمد. در همین سیستم تغذیه تلفیقی با هر افزایش در تراکم بوته کنگر فرنگی درصد قابل توجهی از محتوای سینامیک اسید گیاه کاسته شد، به طوری که مقدار این ترکیب در تراکم‌های ۶۷۰۰۰، ۸۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار در مقایسه با تراکم ۵۵۰۰۰ بوته در هکتار به ترتیب ۴۵/۶، ۶۴/۵ و ۸۱/۱ درصد کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

در مجموع ارزیابی عملکرد علوفه پیکر رویشی کنگر (۱۱۰ روز پس از سبزشدن) نشان داد که بیشترین مقدار علوفه تر و خشک به ترتیب معادل ۱۴۰ و ۱۵ تن در هکتار تحت سیستم تغذیه متداول (شیمیایی) به دست آمد و سیستم تغذیه تلفیقی فقط با ۱۴ درصد کاهش در عملکرد علوفه تر و افت ۶/۵ درصدی در عملکرد علوفه خشک در رتبه دوم قرار گرفت. وزن تر و عملکرد علوفه خشک کنگر فرنگی با ارتفاع گیاه، شاخص سبزینگی، مقدار فسفر، خاکستر، کربوهیدرات‌های محلول در آب، قابلیت هضم ماده خشک، پروتیین خام و شاخص سطح برگ همبستگی مثبت و معنی دار داشتند. غنی بودن علوفه کنگر از حیث ترکیبات فنولی بویژه کلروژنیک اسید، سینامیک اسید و کوئرستین از یک‌سو و عدم تفاوت معنی‌دار عملکرد کمی علوفه در دو تیمار کودی (متداول شیمیایی و تلفیقی) توجیه مناسبی برای توصیه تیمار تلفیقی برای تولید علوفه از این گیاه می‌باشد. چرا که کاهش ۵۰ درصدی مصرف نهاده شیمیایی کود اوره که از آموزه‌های کشاورزی کم نهاده و مشوق پایداری در بوم نظام‌های زراعی می‌باشد به تنهایی دلیل قانع کننده‌ای برای این انتخاب می‌باشد.

منابع

Abu-Reidah, I. M., Arráez-Román, D., Segura-Carretero, A. and Fernández-Gutiérrez, A. (2013). Extensive characterisation of bioactive phenolic constituents from globe artichoke (*Cynara scolymus* L.) by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS. *Food Chemistry*, 141(3): 2269-2277.

Alarcón-Flores, M. I., Romero-González, R., Martínez Vidal, J. L. and Frenich, A. G. (2014). Determination of Phenolic Compounds in Artichoke, Garlic and Spinach by Ultra-High-Performance Liquid Chromatography Coupled to Tandem Mass Spectrometry. *Food Anal. Methods*. 7:2095–2106.

Bekheet, S. and Sota, V. (2019). Biodiversity and medicinal uses of globe artichoke (*Cynara scolymus* L.) plant. *Journal of biodiversity, conservation and bioresources management*. 5(1): 39-54.

D'Antuono, I.,Carola, A., Sena, L. M., Linsalata,V., Cardinali, A., Logrieco, A. F., Colucci, M. G. and Apone, F. (2018). Artichoke polyphenols produce skin anti-age effects by improving endothelial cell integrity and functionality. *Molecules* 23(11), 2729.

Garbetta, A., Capotorto, I., Cardinali, A., D'Antuono, I., Linsalata, V., Pizzi, F. And Minervini, F. (2014). Antioxidant activity induced by main polyphenols present in edible artichoke heads: Influence of in vitro gastro-intestinal digestion, *Journal of Functional Foods*, 10: 456-464.

Kumar, D. and Sharma, P. K.(2024). Quercetin: A Comprehensive Review. *Current Nutrition & Food Science*,19(2), DOI: 10.2174/1573401319666230428152045.

Lattanzio, V., Cicco, N. and Linsalata, V. (2005). Antioxidant activities of artichoke phenolics. Acta Horticulturae,(681):421-428. DOI: 10.17660/ActaHortic.2005.681.59.

Matuschowski, P., Nahrstedt, A. and Winterhoff, H. (2005). Pharmacological investigations on the effect of fresh juice from Cynara scolymus on choleretic effects. Zeitschrift fur Phytotherapie, 26: 14–19.

Artichoke (*Cyanara scolymus* L.), a suitable option as forage-medicine: 1- The effect of density and nutrition system on forage yield and phytochemical compounds

Nima Sarhaddy[1], Majid AghaAlikhani*[2], Ali Mokhtassi Bidgoli[3], Javad Rezaei[4]
1. PhD student of Crop Ecology, Tarbiat Modares University, Tehran
2. Professor, Agronomy Department, Tarbiat Modares University, Tehran
3. Associate Professor, Agronomy Department, Tarbiat Modares University, Tehran
4. Associate Professor, Department of Animal Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran
*Corresponding Author: maghaalikhani@modares.ac.ir

Abstract

In order to improve the quantitative and qualitative performance of Artichoke as a new forage source with effective medicinal properties in the digestive system of livestock, an experiment was conducted at Tarbiat Modares University. In this study, the interaction of plant density (57, 67, 80 and 100 thousand plants per hectare) and nutrition system (control, urea, biological and integrated: 50% urea + biological) on forage yield and secondary metabolites of Artichoke was evaluated in split plots in a randomized complete block design with three replications. Sowing was done on April 30th, 2021. The vegetative body of Artichoke was harvested 110 days after emergence and secondary compounds were evaluated by HPLC. The maximum fresh and dry forage yield (140 and 15 t. ha^{-1}) was obtained with chemical nutrition, urea. The main effect of nutrition system was significant only on the amount of chlorogenic and cinnamic acid. The highest amount of cinnamic acid (13.1 mg/g dry weight) was obtained from the integrated fertilizer system. The content of rosmarinic acid and quercetin was also the highest in the same treatment (5.07 and 6.27 mg/g dry weight). The nutrition × density interaction was significant only on the amount of cinnamic acid. The maximum cinnamic acid (17.2 mg/g dry weight) was obtained from a plant density of 55,000 p ha^{-1} with integrated nutrition. Considering the lack of significant difference in forage yield in chemical and integrated nutrition, as well as the superiority of integrated nutrition in active pharmaceutical ingredients, integrated nutrition (seed treatment with Biofarm biofertilizer + application of 50% recommended urea after emergence + spraying of yeast extract at one month after emergence) is recommended.

Keywords: Artichoke, Fertilization, Forage-medicine, Low-input agriculture, Secondary metabolites, Yeast extract

مستندسازی سبزی‌های خوراکی و گیاهان معطر وحشی استان سمنان با هدف بهره‌برداری پایدار و توسعه تجاری

فاطمه ربیع‌زاده*
گروه زیست شناسی، پردیس فرزانگان، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
*نویسنده مسئول: f.rabizade@semnan.ac.ir

چکیده

در این مطالعه، تنوع و کاربرد سنتی سبزی‌های خوراکی و گیاهان معطر وحشی در استان سمنان بررسی و مستند شد. با انجام مطالعات میدانی و مروری، ۲۵ گونه بومی از ۱۴ خانواده گیاهی شناسایی گردید که به‌صورت سنتی در تغذیه، طعم‌دهی، دمنوش‌سازی و فرآوری‌های خانگی مصرف می‌شوند. گونه‌هایی مانند سیرکوهی (Allium iranicum)، پنیرک(Malva neglecta) ، کاکوتی (Ziziphora tenuior) و خرفه (Portulaca oleracea) از جمله گیاهان پرکاربرد منطقه‌اند. اطلاعاتی شامل نام علمی، نام محلی، زمان برداشت، بخش مصرفی، محل رویش و روش استفاده برای هر گونه جمع‌آوری و در قالب جدول همراه با تصاویر ارائه گردید. این داده‌ها ضمن حفظ میراث دانش بومی، می‌تواند مبنای توسعه محصولات محلی، تجاری‌سازی گیاهان معطر و طراحی الگوهای بهره‌برداری پایدار در مناطق نیمه‌خشک کشور باشد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌برداری پایدار، تجاری‌سازی، دانش بومی، سمنان، سبزی‌های خوراکی وحشی

مقدمه

گیاهان خوراکی و دارویی وحشی نقش قابل‌توجهی در تغذیه جوامع محلی، تنوع زیستی و امنیت غذایی دارند. این گیاهان در بسیاری از مناطق جهان، به‌ویژه در نواحی روستایی و کوهستانی، به‌عنوان منبع غذایی مکمل و درمان‌های سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرند و در برخی جوامع بخش مهمی از اقتصاد غیررسمی و بومی را تشکیل می‌دهند. در ایران، به‌ویژه در استان‌هایی با تنوع اقلیمی و اکولوژیکی مانند سمنان، مصرف سبزی‌های خودرو به‌عنوان بخشی از فرهنگ بومی، عادت غذایی و منبع دارویی رایج است.(Mozaffarian, 1996; Ghorbani, 2005)

برخی از این گیاهان به‌صورت خوراکی، به شکل خام، پخته، دمنوش یا طعم‌دهنده در غذاها استفاده می‌شوند و برخی نیز دارای خواص دارویی شناخته‌شده‌ای مانند ضدالتهاب، ضدباکتری، آرام‌بخش، و گوارشی هستند. همچنین، این گونه‌ها معمولاً در اکوسیستم‌های طبیعی مانند مراتع، دامنه کوه‌ها، حاشیه باغات و دشت‌ها یافت می‌شوند و کمترین وابستگی را به نهاده‌های کشاورزی دارند.

استفاده از این گیاهان در کنار کاربرد دارویی، بخشی از دانش سنتی منطقه‌ای است که می‌تواند در فرآیند تجاری‌سازی، توسعه کشاورزی پایدار، و نیز اشتغال‌زایی در مناطق روستایی مفید واقع شود. با این حال، تهدیداتی همچون تغییر اقلیم، بهره‌برداری بی‌رویه، چرای دام، تخریب زیستگاه و از همه مهم‌تر فراموشی دانش بومی نسل‌به‌نسل، منجر به کاهش تنوع و کارکرد این گیاهان شده است. از این‌رو، شناسایی، مستندسازی و حفظ دانش مربوط به این گیاهان، به‌عنوان سرمایه‌ای زیستی-فرهنگی، امری ضروری به‌نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

اطلاعات این پژوهش به‌صورت ترکیبی از منابع علمی، بررسی‌های میدانی در مناطق مختلف استان سمنان و مصاحبه با اهالی محلی و بهره‌برداران بومی جمع‌آوری شده است. در مرحله نخست، با مراجعه به منابع معتبر مانند فلور ایران، فلورهای منطقه‌ای، و اطلس‌های گیاه‌شناسی، گونه‌های دارای پتانسیل خوراکی و معطر در اقلیم نیمه‌خشک ایران فهرست شدند. سپس با انجام بازدیدهای میدانی در مناطق کوهستانی، دشت‌ها، دامنه‌ها و حاشیه باغات در نواحی مختلف از جمله شاهرود، بسطام، چاشم، پرور، لاسجرد، رشم دامغان، افتر و آهوان، گونه‌های مورد نظر شناسایی و نمونه‌برداری شد.

شناسایی علمی گیاهان با استفاده از کلیدهای شناسایی در منابع تخصصی از جمله آثار مظفریان و پژوهش‌های گیاه‌شناسی بروز انجام گرفت و تطابق آن‌ها با نام‌های محلی از طریق مصاحبه با افراد بومی مسن‌تر، گیاه‌فروشان سنتی، و زنان روستایی که با جمع‌آوری و مصرف گیاهان آشنا بودند، بررسی گردید. برای هر گونه، اطلاعات جامعی شامل نام علمی، نام محلی، خانواده گیاهی، بخش مصرفی (برگ، ساقه، میوه و غیره)، زمان برداشت (ماه یا فصل)، محل دقیق رویش (بر حسب شهرستان یا منطقه) و شیوه مصرف (خام، پخته، دمنوش، شور و ...) ثبت گردید.

تصاویر گونه‌ها در محل طبیعی برداشت تهیه شد و به‌منظور مستندسازی دقیق‌تر، هر تصویر با اطلاعات مرتبط به‌صورت ردیفی در جدول نهایی گنجانده شد. جدول نهایی همراه با داده‌های ساختاریافته و تصاویر به‌عنوان ابزار پایه برای تحلیل تنوع گیاهی و تعیین گونه‌های کلیدی ارائه گردیده است.

نتایج و بحث

در مجموع، ۲۵ گونه گیاه خوراکی و معطر وحشی از ۱۴ خانواده گیاهی در مناطق مختلف استان سمنان شناسایی و مستندسازی شد. بیشترین فراوانی مربوط به خانواده‌های نعنائیان(Lamiaceae)، تاج‌خروسیان (Amaranthaceae)، چتریان (Apiaceae) و آفتابگردان (Asteraceae) بود. در میان گونه‌ها، برگ‌های جوان با حدود ۴۸٪ بیشترین کاربرد را داشتند و پس از آن ساقه‌های هوایی (۲۸٪) و میوه‌ها (۲۴٪) قرار گرفتند. این ترکیب نشان‌دهنده اهمیت برگ به‌عنوان بخش اصلی مصرفی در سنت غذایی منطقه است.

زمان برداشت بیشتر گونه‌ها از فروردین تا تیرماه ثبت شد که نشان‌دهنده هم‌پوشانی مصرف این گیاهان با فصل بهار و رویش طبیعی گونه‌ها در این بازه است. از نظر نوع مصرف، گونه‌ها به‌صورت خورشت، کوکو، آش، دمنوش، چاشنی، ترشی و شور به‌کار می‌روند. گونه‌هایی مانند سیر کوهی، گزنه، کاکوتی، چای کوهی، پنیرک، کرفس کوهی، سلمک، شنگ، خرفه، زرشک کوهی، کبر، مورد و آویشن کوهی از جمله پرکاربردترین گونه‌ها هستند.

جدول ۱، اطلاعات جامع هر گونه شامل نام علمی، نام محلی، خانواده گیاهی و نوع مصرف سنتی را به‌همراه دسته‌بندی ساختاری نمایش می‌دهد. این جدول نه‌تنها تنوع گیاهان خوراکی و معطر استان سمنان را نشان می‌دهد، بلکه امکان مقایسه میان‌گونه‌ای از نظر کاربرد خوراکی و ارزش فرهنگی را فراهم می‌سازد.

بحث و نتیجه‌گیری نتایج این مطالعه نشان داد که استان سمنان به‌عنوان یکی از استان‌های دارای اقلیم متنوع، از غنای بالایی در زمینه گیاهان خوراکی و معطر وحشی برخوردار است. تنوع گونه‌ای بالا، پراکنش وسیع در زیستگاه‌های مختلف، و کاربرد گسترده در تغذیه و طب سنتی، همگی حاکی از ظرفیت قابل‌توجه این گیاهان در ارتقای امنیت غذایی و اقتصاد محلی است. مستندسازی گونه‌ها در قالب جدول ۱، که اطلاعات کلیدی مانند نام علمی،

نام محلی، نوع مصرف و خانواده گیاهی را دربرمی‌گیرد، مبنای بسیار مناسبی برای تدوین سیاست‌های بهره‌برداری پایدار و برنامه‌ریزی برای زراعت نیمه‌صنعتی فراهم کرده است.

همچنین، حضور گسترده خانواده‌های معطر مانند Lamiaceae و گیاهانی با مصرف همزمان دارویی–خوراکی، پتانسیل بالایی برای توسعه صنایع دمنوش‌های طبیعی، اسانس‌گیری و محصولات فرآوری‌شده محلی ایجاد می‌کند. استفاده از این منابع بومی نه‌تنها به حفظ دانش سنتی و تنوع زیستی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به افزایش درآمد جوامع محلی، به‌ویژه در مناطق روستایی و کم‌برخوردار، منجر شود.

جدول ۱. فهرست گونه‌های شناسایی‌شده از سبزی‌های خوراکی و گیاهان معطر وحشی در استان سمنان، همراه با نام علمی، نام محلی، خانواده گیاهی و نوع مصرف سنتی

ردیف	نام علمی	نام محلی	خانواده گیاهی	بخش مورد استفاده	زمان برداشت	محل رویش (شهر/روستا)	روش مصرف	عکس
۱.	*Beta vulgaris subsp. maritima*	چغندر وحشی	Amaranthaceae	برگ	اردیبهشت	دشت‌های سمنان، دامغان	خورشت، آش، ترشی	
۲.	*Spinacia tetrandra / S. oleracea*	اسفناج وحشی	Amaranthaceae	برگ	اردیبهشت	بسطام، پرور، شمال شاهرود	پخته، کوکو، آش	
۳.	*Atriplex hortensis / A. patula*	سَلمک / سلمه تره	Amaranthaceae	برگ	اردیبهشت–خرداد	سمنان، شاهرود، روستاها	کوکو، آش، خوراک سبزی	
۴.	*Allium iranicum*	سیر کوهی	Amaryllidaceae	برگ و ساقه جوان	فروردین–اردیبهشت	شاهرود، بسطام، مجن	کوکو، آش	
۵.	*Allium umbilicatum*	موسیرکوهی	Amaryllidaceae	برگ و پیازچه	اردیبهشت	سمنان	خورشت، شور	
۶.	*Ferula persica*	کمای ایرانی، متکه	Apiaceae	برگ جوان، ساقه هوایی	فروردین تا اردیبهشت	کوه‌های چاشم، پرور، هیکو	پخته در آش، کوکو، چاشنی	
۷.	*Dorema ammoniacum*	وشا / وشق	Apiaceae	برگ جوان، ساقه هوایی، صمغ	فروردین تا اردیبهشت	کوه‌های چاشم، پرور، هیکو	پخته درکنار برنج، آش، کوکو، چاشنی	

ادامه جدول ۱

ردیف	نام علمی	نام محلی	خانواده گیاهی	بخش مورد استفاده	زمان برداشت	محل رویش (شهر/روستا)	روش مصرف	عکس
۸.	*Falcaria vulgaris*	کرفس کوهی	Apiaceae	برگ و ساقه	فروردین	مجن، چاشم	خام، سالاد	
۹.	*Eremurus sp.*	سریش، سیرشو	Asphodelaceae	ساقه گل‌دار	اردیبهشت	شاهرود، فیروزکوه	برگ ها پخته در کنار پلو	
۱۰.	*Tragopogon graminifolius*	شنگ	Asteraceae	برگ	فروردین-اردیبهشت	کوه‌های چاشم	آش، کوکو، پخته در سوپ	
۱۱.	*Berberis vulgaris*	زرشک کوهی	Berberidaceae	میوه، برگ	میوه: مهر–آبانبرگ: اردیبهشت	ارتفاعات پرور، شاهرود، چاشم	میوه: مربا، خشک‌شده، دم‌نوشبرگ: ترشی، طعم‌دهنده	
۱۲.	*Lepidium draba*	خردل وحشی	Brassicaceae	برگ	فروردین	مراتع چاشم	سالاد، کوکو	
۱۳.	*Celtis caucasica*	داغداغان	Cannabaceae	میوه	خرداد	ارتفاعات البرز جنوبی	تنقلات، خشک‌شده	
۱۴.	*Zataria multiflora*	آویشن شیرازی	Lamiaceae	برگ و گل	خرداد تا تیر	کوه‌های چاشم، پرور	دمنوش، چاشنی، دارویی	
۱۵.	*Thymus kotschyanus*	آویشن کوهی	Lamiaceae	برگ و گل	خرداد تا تیر	شاهرود، چاشم، هیکو	دمنوش، چای، کوکو	
۱۶.	*Ziziphora tenuior*	کاکوتی	Lamiaceae	برگ	اردیبهشت-خرداد	مناطق کوهستانی سمنان	دمنوش، چای محلی	
۱۷.	*Stachys lavandulifolia*	چای کوهی	Lamiaceae	برگ و گل	خرداد تا تیر	ارتفاعات بسطام، پرور	دمنوش آرام‌بخش	

ادامه جدول ۱

ردیف	نام علمی	نام محلی	خانواده گیاهی	بخش مورد استفاده	زمان برداشت	محل رویش (شهر/روستا)	روش مصرف	عکس
۱۸.	*Mentha longifolia*	نعناع کوهی	Lamiaceae	برگ	اردیبهشت	ارتفاعات بسطام	دمنوش، چاشنی	
۱۹.	*Malva neglecta*	پنیرک	Malvaceae	برگ	فروردین	حوالی روستاها	خورشت، سوپ، دمنوش	
۲۰.	*Myrtus communis*	مورد	Myrtaceae	برگ	بهار تا تابستان	دامغان، پرور، لاسجرد	دمنوش، طعم‌دهنده، دارویی	
۲۱.	*Portulaca oleracea*	خُرفه	Portulacaceae	برگ و ساقه	خرداد تا مرداد	باغچه‌ها، کنار جوی‌ها	خام، سالاد، سبزی خوردن، چاشنی در ماست	
۲۲.	*Urtica dioica*	گزنه	Urticaceae	برگ‌های تازه	اردیبهشت	دامنه‌های پرآب	خورشت، کوکو	

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که استان سمنان با دارا بودن تنوع اقلیمی و جغرافیایی، زیستگاه طبیعی مناسبی برای رویش گونه‌های متنوعی از سبزی‌های خوراکی و گیاهان معطر وحشی است. شناسایی و مستندسازی ۲۵ گونه پرکاربرد از ۱۴ خانواده گیاهی، نشان‌دهنده ظرفیت بالای این منطقه در توسعه اقتصادی مبتنی بر منابع طبیعی و دانش بومی است. استفاده از این گیاهان در غذاهای سنتی، دمنوش‌ها و فرآورده‌های دارویی می‌تواند زمینه‌ساز ایجاد اشتغال پایدار، ارتقاء امنیت غذایی و حفظ تنوع زیستی گردد. پیشنهاد می‌شود برنامه‌هایی برای آموزش بهره‌برداران محلی، کشت نیمه‌صنعتی برخی گونه‌ها، و طراحی مدل‌های بهره‌برداری پایدار در نظر گرفته شود.

منابع

Ghorbani, A. (2005). Studies on the food and medicinal plants of the Turkmen Sahra region in northeastern Iran. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 1(1), 4.

Mozaffarian, V. (1996). A Dictionary of Iranian Plant Names. Farhang Mo’aser.

Documentation of Wild Edible Vegetables and Aromatic Plants of Semnan Province for Sustainable Utilization and Commercial Development Medicinal

Fatemeh Rabizadeh*
Department of Biology, Farzanegan Campus, University of Semnan, Semnan, Iran
Corresponding author: f.rabizade@semnan.ac.ir

Abstract

In this study, the diversity and traditional uses of wild edible vegetables and aromatic plants in Semnan Province were investigated and documented. Through field observations and literature review, 25 native species belonging to 14 plant families were identified. These species are traditionally used in local diets, flavoring, herbal teas, and household processing. Species such as *Allium iranicum*, *Malva neglecta*, *Ziziphora tenuior*, and *Portulaca oleracea* are among the most commonly used plants in the region. Information including scientific name, local name, harvest time, consumed plant part, natural habitat, and method of use was collected for each species and presented in a table along with photographs. This documentation, in addition to preserving indigenous knowledge, provides a basis for the development of local products, commercialization of aromatic plants, and the design of sustainable utilization models in semi-arid regions of the country.

Keywords: Sustainable utilization, commercialization, indigenous knowledge, Semnan, wild edible vegetables

هوش مصنوعی ابزاری قدرتمند در تشخیص تقلب در مواد غذایی

مریم احمدی پازوکی[۱]، یسنا بیات[۱]، سارا عبدی[۱]، شکوفه آذین[۲]

۱- پژوهشگر مرکز پژوهش سرای خوارزمی، پاکدشت، ایران

۲- کارشناسی ارشد بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: e.azin90@gmail.com

چکیده

روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی امروزه کاربرد فراوانی در حوزهای مختلف به خصوص در بررسی کیفیت موادغذایی یافته‌اند. تاکنون از انواع مختلفی از روش‌های هوش مصنوعی از جمله شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNNs)، ماشین بردار پشتیبانی (SVMs) و شبکه عصبی مصنوعی (ANNs) به منظور بررسی تقلب در محصولات غذایی استفاده شده است. یافته‌ها: استفاده از شبکه‌های عصبی کانولوشنی نسبت به سایر روش‌ها کارایی بالاتری نشان داده است. این شبکه با توانمندی بالا در پردازش تصاویر و داده‌های پیچیده ابزاری قدرتمند در تشخیص تقلب در صنایع غذایی است. از شبکه‌های عصبی کانولوشنی جهت بررسی تقلب در گوشت، قهوه، پودر ماهی دریایی، پودر شیر، روغن زیتون و سایر روغن‌های خوراکی، عسل و برنج استفاده شده است. از جمله ابزارهایی که جهت این بررسی‌های مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل سیستم‌های تصویربرداری، اسپکتروفتومترهای تبدیل فوریه، اسپکتروسکوپی رامان، میکروسکوپ‌های نوری و طیف‌سنج‌های مبتنی بر لیزر هستند. جهت‌گیری‌ها برای پژوهش‌های آینده: با توجه به مزایا و معایب هر یک از ابزارهای حسگر، ادغام روش‌ها و استفاده از الگوریتم‌های مناسب در جهت تحلیل داده‌های مربوط به این ابزارها می‌تواند کارایی استفاده از هوش مصنوعی را در تشخیص کیفیت و تقلب در محصولات غذایی افزایش دهد. نتیجه‌گیری: با توجه به دقت بالای ۹۹٪ برخی روش‌های هوش مصنوعی در تشخیص تقلب در موادغذایی، استفاده از این روش‌ها در حوزه غذایی می‌بایست توجه بیشتری را به خود اختصاص دهد.

واژه‌های کلیدی: هوش مصنوعی، تقلب، کیفیت موادغذایی، شبکه عصبی کانولوشنی

Artificial intelligence as a powerful tool for detecting food adulteration

Maryam Ahmadipazoki[1], Yasna Bayat[1], Sara Abdi[1], Shokoufeh Azin[2]*
1. Researcher at Kharazmi Research Center, Pakdasht, Iran
2. Master of Science in Food Health and Quality Control, University of Tehran, Iran
*Corresponding Author: e.azin90@gmail.com

Abstract

Artificial intelligence-based methods are now widely used in various fields, particularly in assessing food quality. To date, various artificial intelligence techniques including convolutional neural networks (CNNs), support vector machines (SVMs), and artificial neural networks (ANNs) have been employed to detect fraud in food products. Findings: Convolutional neural networks (CNNs) have demonstrated higher efficiency compared to other methods. With their exceptional capability in processing images and complex data, CNNs serve as a powerful tool for fraud detection in the food industry. They have been employed to detect fraud in meat, coffee, marine fish powder, milk powder, olive oil and other edible oils, honey, and rice. The analytical tools commonly used in these investigations include imaging systems, Fourier-transform infrared spectrometers, raman spectroscopy, optical microscopes, and laser-based spectrometers. Directions for future research: Considering the advantages and limitations of each sensing tool, integrating multiple methods and employing suitable algorithms for data analysis can enhance the effectiveness of artificial intelligence in assessing food quality and detecting fraud. Conclusion: Given the over 99% accuracy of certain artificial intelligence methods in detecting food fraud, these techniques deserve greater attention in the food industry.

Keywords: Artificial intelligence, Adulteration, Food quality, Convolutional neural network

اثرات بالقوه هندوانه ابوجهل بر سرطان‌های تخمدان و رحم: یک مطالعه مروری

زهرا رضائی*
گروه فیزیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی، اصفهان، ایران
*نویسنده مسئول: m09191040@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: سرطان‌های تخمدان و رحم از جمله سرطان‌های شایع مرگ‌بار در زنان می‌باشند. با وجود پیشرفت‌های درمانی در سال‌های اخیر، این بیماران هم‌چنان با مشکلات متعددی مواجه‌اند. هندوانه ابوجهل به طور گسترده در مناطق مختلف جهان برای درمان انواع بیماری‌های گوناگون، از جمله سرطان مورد استفاده قرار گرفته است. این گیاه سابقه طولانی در طب سنتی ایران دارد. استفاده از گیاهان دارویی در درمان بیماری‌ها در سال‌های اخیر رو به افزایش بوده است. هندوانه ابوجهل دارای ترکیبات شیمیایی متعددی با اثرات درمانی متنوع است. از مهم‌ترین این ترکیبات می‌توان به ساپونین‌ها و کوکوربیتاسین‌ها اشاره کرد که دارای خاصیت هم‌افزایی هستند. هدف این مقاله، بررسی شواهد موجود درباره اثرات ضد سرطانی این گیاه، به ویژه در مورد سرطان‌های رحم و تخمدان است. روش تحقیق: در این مطالعه مروری، مقالات علمی منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ از پایگاه‌های Google Scholar ,PubMed وSID با کلید واژه‌های ovarian cancer، uterine cancer و Citrullus colocynthis بررسی شدند. دستاوردها: اگرچه شواهد مستقیمی از اثر عصاره هندوانه ابوجهل بر رده‌های سلولی سرطان‌های رحم و تخمدان گزارش نشده، اما مطالعات متعددی بر اثربخشی آن در درمان سایر سرطان‌ها انجام شده است. از جمله مکانیسم‌های پیشنهادی این گیاه در درمان این سرطان‌های مذکور، القای آپوپتوز ذکر شده است. برخی داده ها از اثرات این گیاه بر عملکرد تخمدان و رحم در مدل‌های حیوانی، نویدبخش پژوهشهای آینده در این زمینه است.

واژه‌های کلیدی: سرطان تخمدان، سرطان رحم، هندوانه ابوجهل

مقدمه

۱. گیاه شناسی هندوانه ابوجهل

هندوانه ابوجهل گیاهی بوته‌ای، یک‌ساله و خزنده از خانواده کدوئیان (Cucurbitaceae) است. نام علمی آن Citrullus colocynthis می‌باشد. در فرهنگ‌های مختلف، این گیاه با نام‌های متفاوتی شناخته می‌شود؛ به عنوان مثال، در زبان اردو با نام "حنظل" شناخته شده و در کتاب قانون ابن سینا نیز با همین عنوان ذکر شده است. در طب سنتی ایران، از این گیاه با نام‌هایی چون سیب تلخ، خربزه روباه و حنظل یاد شده است. ابن سینا در آثار خود به خواص دارویی، طبع گرم و سمی بودن این گیاه اشاره کرده است. این گیاه به طور خودرو در مناطق گرم و خشک نظیر جنوب ایران، شمال آفریقا، شبه قاره هند و پاکستان می‌روید. برگ‌های این گیاه پهن بوده و گل‌های زرد رنگ دارد. میوه‌های آن کوچک، گرد، سبز رنگ و با طعمی بسیار تلخ هستند. وقتی میوه‌های آن کاملاً می‌رسند به رنگ زرد در می‌آیند و بویی تند دارند. به دلیل طبع بسیار گرم و خشک در طب سنتی برای درمان بیماری‌هایی مانند یبوست؛ درد مفاصل؛

نقرس؛ دیابت و اختلالات کبدی استفاده می‌شود. با وجود خواص دارویی فراوان، مصرف خوراکی آن بدون نظارت متخصص می‌تواند خطرناک باشد، زیرا این گیاه در دسته گیاهان سمی قرار دارد (Al-Snafi, 2016).

۲. ترکیبات شیمیایی گیاه هندوانه ابوجهل

گیاه هندوانه ابوجهل به دلیل دارا بودن ترکیبات متنوع شیمیایی در طب سنتی و طب مدرن مورد توجه فراوان قرار گرفته است. قسمت‌های مختلف گیاه هندوانه ابوجهل دارای ترکیبات مختلفی است. یکی از مهم‌ترین ترکیبات این گیاه کوکوربیتاسین‌ها می‌باشد که به عنوان یکی از مهار کنندگان طبیعی سلول‌های سرطانی شناخته می‌شوند (Al-Snafi, 2016). ترکیبات شیمیایی هندوانه ابوجهل در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. ترکیبات شیمیایی هندوانه ابوجهل (Al-Snafi, 2016).

خواص دارویی	ترکیبات نمونه	گروه/ترکیب شیمیایی
آنتی اکسیدان قوی، ضد التهاب، ضد سرطان	کوئرستین‌ها، میریستین‌ها، ایزوساپونارین	فلاونوئیدها
مهار رشد سلولهای سرطانی، القای آپوپتوز	A, B, E,L	کوکوربیتاسین‌ها
ضد سرطان، ضد ویروس، ضد التهاب	اورسولیک اسید	اسید ترپنوئیدها
قابض، ضد اسهال، آنتی اکسیدان	تانن‌های کاتچینی	تانن‌ها
ضد باکتری، تقویت سیستم ایمنی، ضد التهاب	-	ساپونین‌ها
ضد باکتری، اثرات عصبی و ضد درد	-	آلکالوئیدها
ضد التهاب، کاهش چربی خون، اثرات قلبی-عروقی	لینوئیک اسید، اولئیک اسید	اسیدهای چرب
آنتی اکسیدان، محافظت سلولی	آلفا-توکوفرول(ویتامین E)	ویتامین‌ها
تنظیم فشار خون، سلامت استخوان، تعادل الکترولیت	کلسیم، پتاسیم، منیزیم، فسفر	مواد معدنی

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع مرور نظام‌مند بوده و با هدف بررسی مقالات مرتبط با اثرات ضد سرطانی گیاه هندوانه ابوجهل (Citrullus colocynthis) انجام شد. با استفاده از پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Google Scholar و SID جست و جو با استفاده از کلید واژه‌های ovarian cancer، uterine cancer وCitrullus colocynthis و معادل فارسی آنها در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ صورت گرفت. مقالات منتخب شامل مطالعات آزمایشگاهی، تحقیقات حیوانی، مطالعات بالینی و هم‌چنین مرورهای نظام‌مند مرتبط با موضوع بودند. معیارهای ورود شامل دسترسی به متن کامل مقاله، انتشار در مجلات معتبر علمی و تمرکز مستقیم یا غیر مستقیم بر اثرات دارویی گیاه هندوانه ابوجهل، به ویژه بر سرطان‌های رحم و تخمدان بود. مطالعات فاقد ارتباط موضوعی یا دارای کیفیت علمی پایین، از فرآیند بررسی حذف شدند.مواد و روش‌ها باید به طور مشخص و روشن بیان شود. در صورت استفاده از روشی معمول با منبع مشخص، اشاره به نام روش و منبع آن کافی خواهد بود و فقط در صورت استفاده از روشی نوین یا انجام تغییراتی در روش‌های موجود به تشریح آن پرداخته شود.

نتایج و بحث

مطالعات متعدد نشان داده‌اند که هندوانه ابوجهل دارای ترکیبات شیمیایی متنوعی با خواص دارویی است. از جمله این ترکیبات می‌توان به کوکوربیتاسین‌ها، فلاونوئیدها، گلیکوزیدها و آلکالوئیدها اشاره کرد که هرکدام دارای ویژگی‌های زیستی و دارویی خاص خود هستند (Al-Snafi, 2016). مطالعات متعددی خواص دارویی این ترکیبات را از جنبه‌های مختلف مانند اثرات ضد سرطانی، ضد التهابی و آنتی اکسیدانی بررسی کرده‌اند. در طب سنتی هند و سیستم سیدا، فرمولاسیون‌های گیاهی مبتنی بر Citrullus colocynthis برای درمان اختلالات باروری، سندرم تخمدان پلی‌کیستیک و بی‌نظمی‌های قاعدگی مورد استفاده قرار گرفته‌اند و مطالعات اخیر اثربخشی آن‌ها را تأیید کرده‌اند (Varela, et al., 2022). در یک مطالعه انجام شده در سال ۲۰۱۶، مشخص شد که ترکیبات موجود در هندوانه ابوجهل می‌توانند تکثیر سلولی را مهار کرده، مرگ برنامه‌ریزی‌شده (آپوپتوز) را القا و التهاب را کاهش دهد (Mandour, et al., 2023). مطالعات نشان داده‌اند که این گیاه دارای خاصیت ضد سرطانی است و از طریق مکانیسم‌هایی مانند القای آپوپتوز؛ مهار چرخه سلولی؛ مهار رگ‌زایی؛ اتوفاژی و تخریب اسکلت سلولی، اثرات خود را اعمال می‌کند (Mandour, et al., 2023). ترکیبات این گیاه در مقابله با انواع مختلف سرطان موثر بوده‌اند؛ از جمله سرطان‌های حنجره، پستان و کبد (Alshehri, 2020). با وجود پتانسیل درمانی این گیاه برای درمان سرطان رحم و تخمدان، مطالعات انجام شده تا کنون عمدتا در سطح پیش بالینی باقی مانده‌اند. از آنجا که این گیاه دارای سمیت بالایی است. تا کنون دوز موثر و ایمنی آن برای سرطان‌های رحم و تخمدان در انسان به طور دقیق مشخص نشده است (Karpagambal, et al., 2024). مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۰ نشان داد که برخی ترکیبات گیاه مانند کوکوربیتاسین‌ها قادر به مهار مسیرهای مقاومت دارویی هستند (Mandour, 2023; Shaikh, et al., 2016). با این حال، برای اثبات قطعی این اثرات مطالعات بالینی گسترده‌تری مورد نیاز است. با اینکه مطالعات حیوانی اثرات مهاری این گیاه بر سلولهای سرطانی رحم و تخمدان را تائید کرده‌اند، اما به دلیل سمیت بالا و فقدان مطالعات بالینی کافی، هنوز اثربخشی قطعی آن در انسان‌ها اثبات نشده است هندوانه ابوجهل حاوی ترکیبات شیمیایی متعدد است. از جمله این ترکیبات می‌توان به: کوکوربیتاسین‌ها و ساپونین‌ها اشاره کرد که می‌توانند از طریق القای مرگ برنامه ریزی‌شده و اثرات آنتی اکسیدانی، نقش موثر در مهار کردن رشد سلولهای سرطانی ایفا کنند (Varela, et al., 2022).

علاوه بر این، کاربرد گسترده گیاه هندوانه ابوجهل در طب سنتی ایران از دیرباز تا کنون و نیز کاربرد وسیع آن در سایر کشورها به دلیل خواص درمانی فراوان آن، نشان دهنده تجربیات مثبت و مقبولیت عمومی است. با این حال، اثرات سمی این گیاه، لزوم دقت در تعیین دوز دقیق و مشخص درمانی را ایجاب می‌کند (Karpagambal, et al., 2024). هندوانه ابوجهل، گیاهی با خصوصیات درمانی بالقوه بالا برای تحقیقات آینده است. با توجه به نتایج مطالعات موجود، گیاهی شاخص برای درمان بیماری‌های مختلف از جمله سرطان خصوصا سرطان‌های رحم و تخمدان می‌باشد. ترکیبات فعال در این گیاه می‌توانند باعث مهار رشد تومور شوند. بنابراین، بهره‌گیری از خواص دارویی هندوانه ابوجهل در درمان سرطان‌های رحم و تخمدان، تنها در صورت تائید اثربخشی و ایمنی آن در کارآزمای‌های بالینی ممکن خواهد بود.

منابع

Al-Snafi AE. (2016). Chemical constituents and pharmacological effects of Citrullus colocynthis—a review. IOSR J Pharm ;6(3):57–67

Varela C, Melim C, Neves BG, Sharifi-Rad J, Calina D, Mamurova A, et al. (2022). Cucurbitacins as potential anticancer agents: new insights on molecular mechanisms. *J Transl Med*. 20(1):630.

Mandour YM, Refaat E, Hassanein HD. (2023). Anticancer activity, phytochemical investigation and molecular docking insights of *Citrullus colocynthis* (L.) fruits. *Sci Rep*. 13(1):20038.

Alshehri KM. (2020). Anticancer plants naturally growing in Al-Baha region, Saudi Arabia. *Int J Pharm Res Allied Sci*. 9(4):92–101.

Karpagambal R, Abarna B, Manjari V, Madhavan R. (2024). Unveiling of *Citrullus colocynthis* Linn medicinal formulations in Siddha system of medicine and its therapeutic role in reproductive health: a review. *Afr J Biol Sci*. 6(14).

Shaikh J, Shaikh D, Rahman AB, Shafi S. (2016). Antimicrobial and toxicological studies on fruit pulp of *Citrullus colocynthis* L. *Pak J Pharm Sci*. 29(1):9–16.

Potential effects of Citrullus Colocynthis on ovarian and uterine cancers: A Review Study

Zahra Rezaei*
Department of Physiology, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
*Corresponding Author: m09191040@gmail.com

Abstract

Ovarian and uterine cancers continue to be considered major therapeutic challenges that affect millions of women worldwide. Despite significant breakthroughs in cancer detection and therapeutic strategies, these patients face many problems. Citrullus colocynthis has been widely used across various regions of the world for the treatment of numerous diseases, including cancer. It has a rich history of use in traditional Iranian medicine. In recent years, the public interest in herbal plants for therapeutic applications has increased significantly. Citrullus colocynthis comprises numerous chemical constituents, each with its unique pharmacological effects. The most important of chemical constituents are saponins and cucurbitacins, which are believed to have synergistic effects. Objectives: This article focuses on investigating the current evidence regarding the anticancer properties of Citrullus colocynthis, with specific emphasis on uterine and ovarian cancers. Methods: This study was conducted based on scientific articles published between 2010 and 2025, obtained from PubMed, Google Scholar, and SID. Search was done using keywords such as 'ovarian cancer, uterine cancer, and 'Citrullus colocynthis. Results: Although no direct studies have investigated the effects of Citrullus colocynthis extract on uterine or ovarian cancer cell lines, numerous investigations have confirmed its anticancer activity against other types of cancer. Possible mechanisms underlying its therapeutic potential include the induction of apoptosis. Moreover, some data on the effects of this plant on ovarian and uterine function in animal models offer hopeful opportunities for future research.

Keywords: Citrullus colocynthis, ovarian cancer, uterine cancer

آنالیز اثر گیاه علف خر کرکی(*Epilobium hirsutum*) بروی آنزیم آسپارتات ترانس آمیناز در آسیب کبدی ناشی از دارو در مدل موش آزمایشگاهی

مهسا عطائی غلام[۱]، سکینه کاظمی نورعینی*[۱]، تکتم حجار[۱]

۱- دانشگاه حکیم سبزواری(گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار و ایران)

*نویسنده مسئول: S.kazemi@hsu.ac.ir

چکیده

کبد مسئول متابولیسم اکثر داروها هست، همچنین هدف اصلی آسیب ناشی از دارو است. آسیب کبدی ناشی از دارو (DILI) به سمیت کبدی ذاتی، سمیت کبدی ایدیوسنکراتیک و آسیب غیرمستقیم طبقه‌بندی می‌شود. فنوتیپ DILI پیچیده است، شامل تقریباً تمام انواع شناخته شده آسیب کبدی، از نظر شدت از افزایش بدون علامت در بیوشیمی کبد گرفته تا زردی، نارسایی کبدی برق‌آسا یا حتی مرگ است. گیاه *Epilobium hirsutum* به عنوان یک عامل ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی ترکیبات زیست‌فعال مختلفی از جمله انواع پلی‌فنل ها را دارد که می‌توانند مسیرهای التهابی را تعدیل کرده، نشانگرهای استرس اکسیداتیو را کاهش دهند. در این پژوهش تاثیر عصاره الکلی این گیاه بر سمیت کبدی ناشی از استامینوفن بر تعداد ۲۴ سر موش آزمایشگاهی نژاد NMRI در۳ گروه شامل کنترل، شم و تیمار با عصاره بررسی شد. به مدت ۱۴ روز دو گروه اول نرمال‌سالین و گروه سوم ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم عصاره دریافت کردند. در روز آخر گروه کنترل نرمال‌سالین و دو گروه دیگر تک دوز ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم استامینوفن را دریافت کردند. پس از آسان‌کشی، خونگیری و سرم جمع آوری شد. سطح آنزیم آسپارتات ترانس آمیناز (AST) نمونه‌های سرمی با استفاده از کیت شرکت دلتا درمان سنجیده شد. استامینوفن فعالیت آنزیم AST را به حدود دو برابر افزایش داد در حالی که دریافت عصاره فعالیت آنزیم را تقریبا در حد طبیعی نگهداشت ($P<0.01$).

عصاره گیاه *Epilobium hirsutum* قادر به محافظت کبد در برابر آسیب ناشی از مصرف استامینوفن است.

واژه‌های کلیدی: کبد، آسیب کبدی ناشی از دارو، AST، اپیلوبیوم هیرسوتوم

Analysis of the effect of *Epilobium hirsutum* on Aspartate Transaminase enzyme in drug-induced liver injury in a laboratory mouse model

Mahsa Ataee Gholam[1], Sakineh Kazemi Noureini[1]*, Toktam Hajjar[1]
1. Dept. Biology, Faculty of Science, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
*Corresponding Author: S.kazemi@hsu.ac.ir

Abstract

The liver is responsible for the metabolism of most drugs and is also the main target of drug-induced injury. Drug-induced liver injury (DILI) is classified into intrinsic hepatotoxicity, idiosyncratic hepatotoxicity, and indirect injury. The DILI phenotype is complex, encompassing almost all known types of liver injury, ranging in severity from asymptomatic elevations in liver biochemistry to jaundice, fulminant liver failure, or even death. *Epilobium hirsutum*, as an anti-inflammatory and antioxidant agent, contains various bioactive compounds, including polyphenols, that can modulate inflammatory pathways and reduce oxidative stress markers. In this study, the effect of the alcoholic extract of this plant on acetaminophen-induced hepatotoxicity was investigated in 24 NMRI mice divided into 3 groups: control, sham, and extract treatment. The first two groups received normal saline for 14 days, and the third group received 100 mg/kg of the hydro alcoholic extract. On the last day, the control group received normal saline and the other two groups received a single dose of 500 mg/kg acetaminophen. After euthanasia, blood was drawn and serum was collected. The level of aspartate transaminase (AST) in serum samples was measured using a Delta Darman kit. The enzyme activity in the sham group mice increased about two times compared to the control group, while the plant extract modulated it to almost control level ($P<0.01$).

Epilobium hirsutum extract is able to protect liver against damages caused by acetaminophen consumption.

Keywords: Liver, drug-induced liver injury, AST, *Epilobium hirsutism*

مروری بر اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی مورینگا اولیفرا (*Moringa oleifera*) بر اساس شواهد آزمایشگاهی و پیش‌بالینی

قدیر محمدی[1*]، لیلا احمدزاده گاوآهن[1]

۱- سلامتکده دکتر قدیر محمدی، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: dr.qadir.mohammadi@gmail.com

چکیده

مورینگا اولیفرا (*Moringa oleifera*)، که به نام‌هایی مانند «درخت ترب کوهی»، «درخت روغن بن»، «درخت زندگی» و «درخت معجزه» نیز شناخته می‌شود، گیاهی گرمسیری با پراکنش گسترده است که امروزه در مناطقی از جمله افغانستان، فلوریدا و شرق و غرب آفریقا به طور طبیعی رشد می‌کند. این گیاه علاوه بر ارزش غذایی قابل توجه، به دلیل طیف گسترده‌ای از اثرات دارویی در طب سنتی و طب رایج شناخته شده است. شواهد علمی اخیر، بسیاری از کاربردهای سنتی این گیاه در درمان بیماری‌هایی مانند مشکلات قلبی، تب، التهاب، اختلالات گوارشی، آسم، سردرد و روماتیسم را تأیید کرده‌اند.

مورینگا اولیفرا دارای خواص فارماکولوژیک متعددی از جمله اثرات ضددرد، ضدالتهاب، مدر، کاهنده فشار خون، آنتی‌اکسیدان و ضدتومور است. این خواص عمدتاً به دلیل وجود ترکیبات فیتوشیمیایی متنوعی مانند آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، آنتراکینون‌ها، ویتامین‌ها، گلیکوزیدها و ترپن‌ها می‌باشد. تاکنون بیش از صد ترکیب زیست‌فعال از بخش‌های مختلف این گیاه شناسایی شده است. علاوه بر این، ترکیبات نوینی چون موراموزید A و B و نیازیمین A و B در آن کشف شده‌اند که اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی، محافظت‌کننده کبدی و تنظیم‌کننده فشار خون قابل توجهی دارند (Pareek et al., 2023).

در این مقاله مروری، شواهد منتشر شده درباره ترکیبات شیمیایی، اثرات فارماکولوژیک و کاربردهای درمانی مورینگا اولیفرا گردآوری شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که عصاره‌های بخش‌های مختلف گیاه دارای اثرات محافظت‌کننده قلبی، کبدی، ضدالتهابی و ضدسرطان هستند؛ هرچند بسیاری از کاربردهای سنتی مورینگا اولیفرا هنوز به‌صورت علمی و نظام‌مند مطالعه نشده‌اند. با توجه به اهمیت روزافزون اثرات ضدسرطانی و آنتی‌اکسیدانی مورینگا اولیفرا در مطالعات اخیر، این مقاله تمرکز ویژه‌ای بر این دو خاصیت دارد، هرچند به سایر اثرات فارماکولوژیک این گیاه نیز اشاره‌ای کوتاه شده است.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، ترکیبات ضد سرطان، فیتوتراپی، مورینگا اولیفرا.

مقدمه

مورینگا اولیفرا (*Moringa oleifera* Lam.) یکی از پرکاربردترین گونه‌های خانواده مورینگاسه (*Moringaceae*) است که به‌دلیل توانایی رشد در مناطق نیمه‌خشک و گرمسیری و همچنین ارزش تغذیه‌ای و دارویی برگ‌ها، میوه‌ها و دانه‌های آن، مورد توجه محققان و جوامع علمی در سراسر جهان قرار گرفته است. این گیاه در کشورهای آسیایی و آفریقایی و بخش‌هایی از آمریکا مانند فلوریدا کشت می‌شود و در بسیاری از منابع با عنوان‌هایی چون «درخت معجزه» یا «درخت

زندگی» شناخته می‌شود. علاوه بر توانایی چشمگیر در تصفیه آب و ارزش تغذیه‌ای بالا، این گیاه به دلیل دامنه گسترده‌ای از اثرات دارویی، جایگاه ویژه‌ای در طب سنتی و نیز مطالعات داروسازی نوین به خود اختصاص داده است.

در فرهنگ‌ها و زبان‌های مختلف، این گیاه با اسامی محلی متنوعی مانند ساجینا (بنگالی)، ساهینجان (هندی)، مورینا (مالایالام)، سوبه‌نجانا (سانسکریت) و سهجان (اردو) شناخته می‌شود (Raja et al., 2016). در طب سنتی، برگ‌های مورینگا به‌عنوان مدر و تقویت‌کننده‌ی تولید شیر مادر استفاده می‌شوند و چند مطالعه انسانی افزایش قابل توجهی در حجم شیر و سطح پرولاکتین گزارش کرده‌اند (Estrella et al., 2000; Stohs & Hartman, 2015). همچنین به دلیل محتوای آهن بالا، برای درمان کم‌خونی ناشی از فقر آهن در دوران بارداری و پس از آن نیز کاربرد دارد (Gopalakrishnan et al., 2016). مورینگا به‌دلیل خواص ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی، نقش مهمی در تنظیم فشار خون و کنترل قند خون پس از غذا دارد (Mbikay, 2012; Stohs & Hartman, 2015). در منابع طب آیورودا نیز این برگ به‌عنوان گیاهی ضد انگل و ضد التهاب معرفی شده و برای درمان مشکلاتی مانند ورم، التهاب‌های ملتحمه‌ای و انگل‌های گوارشی مورد استفاده قرار گرفته است (Gopalakrishnan et al., 2016). ریشه و گل‌های مورینگا نیز در درمان اسهال و کاهش فشار خون به کار رفته‌اند. همچنین در برخی منابع سنتی، پودر ریشه برای درمان آسم، نقرس، روماتیسم و بیماری‌های مرتبط با طحال و کبد ذکر شده است.

یافته‌های پژوهشی جدید اثرات فارماکولوژیک گسترده مورینگا را تأیید می‌کنند؛ از جمله خواص ضدمیکروبی، ضدالتهاب، تنظیم قند و فشار خون، تعدیل ایمنی، ضداسپاسم و به‌ویژه اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی (Shahbaz et al., 2024). برگ‌ها و دانه‌های مورینگا سرشار از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی قوی مانند فلاونوئیدها، کوئرستین، β-سیتواسترول و سایر فنول‌ها هستند که با خنثی کردن رادیکال‌های آزاد، از سلول‌ها در برابر استرس اکسیداتیو محافظت می‌کنند (Vats & Gupta, 2017; Sreelatha & Padma, 2009). افزون بر این، مطالعات پیش‌بالینی نشان داده‌اند که عصاره مورینگا می‌تواند تکثیر سلول‌های سرطانی را مهار کرده و مسیرهای مرتبط با آپوپتوز و التهاب را تنظیم کند (Berkovich et al., 2013). این اثرات ضدسرطانی بیشتر به دلیل وجود ترکیبات فعالی همچون گلوکومورینگین، ایزوتیوسیانات‌ها و فلاونوئیدهاست که در مدل‌های سلولی و حیوانی بررسی شده‌اند. با این حال، برای تأیید قطعی این یافته‌ها و تعیین دوزهای ایمن و مؤثر، هنوز به مطالعات بالینی گسترده‌تری نیاز است.

با توجه به رشد فزاینده کاربرد داروهای گیاهی در چند دهه اخیر و نقش مؤثر آن‌ها در ارتقای سلامت، مورینگا اولیفرا می‌تواند به عنوان منبعی مقرون‌به‌صرفه و در دسترس، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه و مناطقی که خدمات پزشکی محدود است، مورد استفاده قرار گیرد. به‌ویژه خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی این گیاه که از طریق کاهش استرس اکسیداتیو، مهار تکثیر سلول‌های سرطانی و القای آپوپتوز ایجاد می‌شوند، آن را به گزینه‌ای برجسته در حوزه پیشگیری و درمان مکمل سرطان تبدیل کرده است. در صورت تأیید علمی کامل اثرات و ایمنی این ترکیبات در مطالعات پیش‌بالینی و بالینی، مصرف غذایی و دارویی مورینگا می‌تواند به عنوان راهبردی پیشگیرانه و کم‌هزینه برای مقابله با بسیاری از بیماری‌های مزمن و کاهش بار بیماری‌های مرتبط با استرس اکسیداتیو به کار رود.

این مرور، نگاهی جامع به کاربردهای دارویی سنتی، ترکیبات فیتوشیمیایی و یافته‌های جدید درباره اثرات فارماکولوژیکی مورینگا اولیفرا ارائه می‌دهد؛ با تمرکز ویژه بر نقش آن در حفاظت آنتی‌اکسیدانی و خاصیت ضدسرطانی که موضوع پژوهش‌های معاصر بوده است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌صورت یک مرور روایتی بر اساس شواهد علمی منتشرشده درباره خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی *Moringa oleifera* انجام شد. برای گردآوری اطلاعات، جست‌وجو در پایگاه‌های داده معتبر بین‌المللی شامل PubMed، Scopus، ScienceDirect و Google Scholar صورت گرفت. کلیدواژه‌های مورد استفاده شامل ترکیباتی از واژه‌های *"Moringa oleifera"*, *"antioxidant"*, *"anticancer"*, *"bioactive compounds"*, *"pharmacological properties"* و *"therapeutic potential"* بود.

جست‌وجو، مقالات منتشر شده از سال ۲۰۰۰ تا ژوئن ۲۰۲۵ را پوشش داد. ابتدا مقالات براساس عنوان و چکیده غربال شدند و سپس متن کامل منابع مرتبط بررسی گردید. تنها مقالات علمی منتشرشده در مجلات داوری‌شده، شامل مطالعات آزمایشگاهی (in vitro)، حیوانی (in vivo) و مرورهای علمی که داده‌های مرتبط با فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی مورینگا را ارائه می‌کردند، وارد مطالعه شدند. منابع غیرعلمی و مطالعاتی که اطلاعات کافی یا مرتبط نداشتند، کنار گذاشته شدند.

از هر منبع، اطلاعات کلیدی شامل نوع ترکیبات شیمیایی مؤثر، مکانیسم‌های پیشنهادی، نتایج آزمایشگاهی یا بالینی و شواهد مربوط به اثربخشی، استخراج و سازماندهی گردید تا تصویری جامع از نقش مورینگا در پیشگیری یا درمان سرطان و کاهش آسیب اکسیداتیو ارائه شود.

نتایج و بحث

۱-۱. ترکیبات فیتوشیمیایی

مورینگا اولیفرا به عنوان یک گیاه دارویی ارزشمند، سرشار از ترکیبات فیتوشیمیایی فعال است که به دلیل اثرات حفاظتی و پیشگیری‌کننده از بیماری‌های مزمن، از جمله سرطان، بیماری‌های قلبی‌عروقی و التهاب‌های مزمن اهمیت یافته است. این ترکیبات در بخش‌های مختلف گیاه به شکل متفاوتی وجود دارند و هر گروه از ترکیبات نقش ویژه‌ای در خواص دارویی مورینگا ایفا می‌کند.

۱-۱-۱. فلاونوئیدها و پلی‌فنول‌ها

فلاونوئیدها یکی از مهم‌ترین گروه‌های ترکیبات فعال مورینگا هستند که شامل کوئرستین، کائمفرول، ایزوکوئرستین و رامنِتین می‌شوند. این ترکیبات عمدتاً در برگ‌ها و گل‌های مورینگا یافت می‌شوند و به‌ویژه فلاونوئیدها اثرات قوی آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدسرطانی دارند. همچنین نتایج آنالیز کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) و طیف‌سنجی جرمی (MS) نشان داده است که اسیدهای فنولیک متعددی مانند گالیک، کلروژنیک، الاجیک، فرولیک و وانیلین در بخش‌های مختلف گیاه مورینگا وجود دارند. این اسیدهای فنولیک به ویژه در عصاره‌های بوتانولی برگ و عصاره‌های آبی میوه متمرکز بوده و در محافظت از سلول‌ها در برابر استرس اکسیداتیو نقش کلیدی دارند.

۱-۱-۲. استرول‌ها و تانن‌ها

عصاره‌های اتانولی دانه‌های مورینگا حاوی استرول‌هایی مانند کامپسترول، استیگماسترول و بتاسیتواسترول هستند که در کاهش کلسترول خون و بهبود سلامت قلبی نقش دارند. همچنین دانه‌ها شامل تانن‌ها و گلیکوزیدهایی

هستند که فعالیت‌های ضدمیکروبی و ضدالتهابی را تقویت می‌کنند. تانن‌ها به دلیل خاصیت ضدباکتریایی و ضدویروسی، نقش مهمی در افزایش ایمنی بدن ایفا می‌کنند.

۱-۱-۳. آلکالوئیدها، ساپونین‌ها و تری‌ترپنوئیدها

مطالعات متعدد نشان داده‌اند که بخش‌های مختلف مورینگا شامل ترکیباتی چون آلکالوئیدها، ساپونین‌ها، تری‌ترپنوئیدها و آنتراکینون‌ها هستند که در اثرات ضدالتهابی و ضدسرطانی گیاه نقش دارند (Camilleri and Blundell, 2024). آلکالوئیدهای موجود در دانه‌ها و ریشه‌ها دارای فعالیت‌های ضدقارچی و ضدباکتریایی قوی هستند و می‌توانند در درمان بیماری‌های عفونی مؤثر باشند.

۱-۱-۴. گلوکوزینولات‌ها و ایزوتیوسیانات‌ها

این گروه از ترکیبات عمدتاً در ریشه‌ها، برگ‌ها و غلاف‌های مورینگا یافت می‌شوند و مسئول اثرات ضدسرطانی و سم‌زدایی گیاه هستند. به ویژه بنزیل‌گلوکوزینولات‌ها و مشتقات آنها مانند آرانتیامید استات در ریشه مورینگا شناسایی شده‌اند که خواص ضدالتهابی و ضد سرطانی برجسته‌ای دارند.

۱-۱-۵. ترکیبات آنتی‌اکسیدانی دیگر

کاروتنوئیدها، اپی‌کاتچین، اسید-o کوماریک و مشتقات کافئویل‌کینیک نیز در مورینگا حضور دارند که هر کدام به تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن کمک می‌کنند. برگ‌های مورینگا منبعی غنی از ویتامین‌ها به‌ویژه ویتامین C هستند که میزان آن حتی از پرتقال بیشتر گزارش شده است (Islam et al., 2021) و در کنار ویتامین E و ویتامین‌های گروه B (تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین) به نقش آنتی‌اکسیدانی و بهبود متابولیسم انرژی کمک می‌کنند.

۱-۱-۶. پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌های فعال

عصاره آبی غلاف‌های مورینگا حاوی پلی‌ساکاریدهایی مانند گالاکتوز، گالاکتورونیک اسید و رامنوز است که خواص تقویت‌کننده سیستم ایمنی و آنتی‌اکسیدانی دارند. همچنین پروتئین‌های خاصی مانند Mo-CBP3[1] در دانه‌ها که خواص ضدقارچی دارند و وجود پروتئین‌هایی با خاصیت لخته‌کنندگی شیر در گل‌های مورینگا گزارش شده است.

این تنوع گسترده ترکیبات فیتوشیمیایی، اساس اثرات دارویی ارزشمند مورینگا اولیفرا بوده و همچنان موضوعی کلیدی برای پژوهش‌های بیشتر در زمینه مکانیسم‌های اثر و کاربردهای درمانی نوین به شمار می‌رود.

۱-۲. کاربردهای دارویی مورینگا اولیفرا

مطالعات دارویی اخیر نشان داده‌اند که عصاره‌های مختلف مورینگا اولیفرا دارای فعالیت‌های زیستی متنوعی همچون خاصیت ضد میکروبی، ضد قارچی، ضد التهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضد سرطانی، اثر بر باروری و تسریع روند التیام زخم هستند. با توجه به اهمیت ویژه خواص آنتی‌اکسیدانی و نقش کلیدی آن‌ها در پیشگیری و درمان سرطان که یکی از بیماری‌های پیچیده و چالش برانگیز عصر حاضر محسوب می‌شود در ادامه این مقاله، تمرکز اصلی بر بررسی اثرات آنتی‌اکسیدانی مورینگا اولیفرا و تحلیل ارتباط آن با فعالیت‌های ضد سرطانی خواهد بود.

1. Moringa oleifera chitin-binding protein

۱-۲-۱. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

مورینگا اولیفرا به عنوان یکی از غنی‌ترین منابع آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، در دهه‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است. آنتی‌اکسیدان‌ها با مهار رادیکال‌های آزاد، نقشی کلیدی در پیشگیری از استرس اکسیداتیو و کاهش خطر بیماری‌های مزمنی چون سرطان و بیماری‌های قلبی ایفا می‌کنند. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که برگ‌ها، دانه‌ها، ساقه‌ها و غلاف‌های مورینگا حاوی ترکیبات زیست‌فعال متنوعی شامل فلاونوئیدها، اسیدهای فنولیک و استرول‌ها هستند و اثرات آنتی‌اکسیدانی قابل‌توجهی (به‌ویژه از طریق خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد) از خود نشان می‌دهند (Sreelatha & Padma, 2009; Xie et al., 2024). تحقیقات نشان داده‌اند که برخی عصاره‌های این گیاه حتی قوی‌تر از آنتی‌اکسیدان‌های مرجع مانند اسید اسکوربیک و آلفاتوکوفرول عمل می‌کنند. اثر آنتی‌اکسیدانی آن وابسته به نوع عصاره و میزان پلی‌فنول‌ها است و در مدل‌های سلولی، حیوانی و انسانی توانسته از آسیب‌های اکسیداتیو پیشگیری کند.

۱-۲-۲. فعالیت ضدتوموری و ضدسرطانی

مطالعات متعدد طی سال‌های اخیر، اثرات سیتوتوکسیک و القای آپوپتوز برگ مورینگا اولیفرا بر سلول‌های سرطانی مختلف را به‌طور گسترده تأیید کرده‌اند. این اثرات از طریق القای آپوپتوز، مهار مسیر NF-κB، افزایش تولید ROS و گاهی هم‌افزایی با داروهای شیمی‌درمانی ایجاد می‌شوند. مطالعات مختلف اثر مثبت این گیاه را بر سرطان‌های متنوع مانند پانکراس، پستان، کولورکتال، ریه و پوست گزارش کرده‌اند. برخی ترکیبات فلاونوئیدی و آلکالوئیدی موجود در مورینگا شباهت عملکردی با داروهای ضد سرطانی مانند وینکریستین و وینبلاستین دارند که در درمان میلوما استفاده می‌شوند. کوئرستین و کائمفرول، به‌عنوان فلاونوئیدهای اصلی موجود در مورینگا، در مطالعات متعددی توانسته‌اند تکثیر سلول‌های کارسینوم انسانی را کاهش داده و از طریق القای آپوپتوز، اثرات ضدسرطانی از خود نشان دهند. کوئرستین و مشتقات آن مانند کوئرستین-۵-۸-دی‌سولفونات (quercetin-5′,8′-disulfonate) ، فعالیت ضدتوموری قابل توجهی علیه سلول‌های سرطان پستان انسانی MCF-7 از طریق مسیر آپوپتوز وابسته به ROS نشان داده‌اند. طبق گزارش، این مشتق سولفاته نسبت به کوئرستین خالص، اثربخشی بیشتری در مهار رشد و القای آپوپتوز مستقیماً از مسیر ROS دارد (Zhang et al., 2012).

جدول شماره ۱ به طورخلاصه، اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی مورینگا اولیفرا را همراه با نوع ترکیب یا عصاره مورد استفاده در هر مطالعه ارائه می‌دهد.

جدول ۱. خلاصه‌ای از اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی مورینگا اولیفرا در مطالعات مختلف

نوع عصاره / ترکیب	نوع مطالعه	اثر	مرجع
عصاره متانولی برگ	in vitro	پاکسازی رادیکال‌های آزاد با IC50=49.86 µg/mL، عملکردی قوی‌تر از اسید اسکوربیک	Fitriana et al., 2016
روغن دانه	in vitro	فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی‌تر از آلفاتوکوفرول و بتاهیدروکسی تولوئن	Koheil et al., 2011
عصاره متانولی غلاف	in vitro	مشابه اسید اسکوربیک در آزمون مهار رادیکال آزاد دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) و آزمون مهار اکسید نیتریک (NO scavenging assay)	Verma et al., 2009
عصاره اتانولی ساقه	in vitro	حفاظت سلول‌ها از آسیب هیدروژن پراکسید (H_2O_2) با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فعال‌سازی مسیر PPARα	Zhou et al., 2018

ادامه جدول ۱

نوع عصاره / ترکیب	نوع مطالعه	اثر	مرجع
عصاره برگ	مدل حیوانی	کاهش سمیت کبدی ناشی از دیکلوفناک	Taha et al., 2017
عصاره برگ	مدل حیوانی	جلوگیری از استرس اکسیداتیو ناشی از متوترکسات	de Barros et al., 2025
عصاره الکلی	انسانی	کاهش سطح مونوآلدهید پلاسما (MDA) و افزایش گلوتاتیون کاهش‌یافته (GSH) بدون سمیت تا دوز 100 mg/kg	Mbikay et al., 2012
عصاره برگ	in vitro	مهار NF-κB، القای آپوپتوز	Sreelatha et al., 2011
عصاره برگ	in vitro	افزایش ROS، کاهش ATP و GSH و القای آپوپتوز از طریق فعال-سازی کاسپازهای ۳ و ۹، افزایش بیان پروتئین‌های pro-apoptotic مانند p53، سیتوکروم C و فاکتور القا کننده آپوپتوز (AIF) در سلول-های سرطان ریه A549	Madi et al., 2016
عصاره برگ	in vitro	مهار رشد سلول‌های سرطان پانکراس Panc-1، افزایش درصد سلول‌های sub-G1 (شاخص آپوپتوز)، اثر هم‌افزایی با سیس‌پلاتین	Berkovich et al., 2013
عصاره‌ی هیدروالکلی غلاف دانه	مدل حیوانی	پیش‌گیری یا کاهش تومورهای پوستی از جمله پاپیلوم‌ها	Bharali et al., 2003
عصاره آبی برگ	in vitro	مهار رشد سلول‌های HeLa از طریق فعال‌سازی مسیر آپوپتوز	Jafarian et al., 2014
عصاره متانولی برگ	in vitro	فعالیت سیتوتوکسیک قوی علیه سلول‌های میلوما چندگانه انسانی (U266B1) با IC50= 0.32 µg/mL	Parvathy & Umamaheshwari, 2007
صمغ	in vitro	رهایش بهینه داروی کورکومین در روده بزرگ (90.46%)	Singhal et al., 2012
عصاره متانولی و دیکلوئرومتانی برگ	In vitro	مهار رشد سلول‌های سرطانی هپاتوسلولار کارسینوما (HepG2)، آدنوکارسینومای کولورکتال (Caco-2) و آدنوکارسینومای پستان (MCF-7)	Charoensin, 2014
عصاره آبی سرد برگ	in vitro	مهار رشد تومور و کاهش ROS داخلی در سلول‌های سرطان ریه انسانی (A549)	Jung, 2014
عصاره برگ و پوست	In vitro	اثر ضدسرطانی در سرطان پستان (MDA-MB-231) و کولورکتال (HCT-8)	Al-Asmari et al., 2015

نتیجه‌گیری

مورینگا اولیفرا به‌عنوان یک منبع غنی از ترکیبات فیتوشیمیایی فعال، به ویژه فلاونوئیدها، ایزوتیوسیانات‌ها و سایر آنتی‌اکسیدان‌ها، پتانسیل بالایی در پیشگیری و درمان بیماری‌های مزمن از جمله سرطان دارد. یافته‌های حاصل از مطالعات آزمایشگاهی (in vitro) و پیش‌بالینی (in vivo) نشان می‌دهد که عصاره‌های مختلف مورینگا قادر به مهار رشد سلول‌های سرطانی، القای آپوپتوز و کاهش استرس اکسیداتیو هستند. همچنین، این گیاه با کمترین عوارض جانبی و سمیت، می‌تواند به‌عنوان مکملی طبیعی در کنار درمان‌های رایج سرطان مورد استفاده قرار گیرد و به بهبود کیفیت زندگی بیماران کمک کند. مکانیسم‌های متعددی مانند افزایش تولید ROS، مهار مسیرهای سیگنالینگ مرتبط با تکثیر سلولی و تنظیم بیان پروتئین‌های کلیدی مرگ برنامه‌ریزی شده سلولی (آپوپتوز)، در اثرات ضدسرطانی مورینگا نقش دارند. با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در مطالعات آزمایشگاهی و حیوانی، هنوز به انجام تحقیقات بالینی

جامع و کنترل‌شده برای تأیید ایمنی و اثربخشی این گیاه در انسان نیاز داریم. در مجموع، مورینگا اولیفرا به عنوان منبعی طبیعی با قابلیت‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی، می‌تواند نقش مهمی در توسعه درمان‌های کم‌خطر و مؤثر برای سرطان ایفا کرده و افق‌های جدیدی در داروسازی طبیعی بگشاید. در نهایت، بکارگیری هوشمندانه مورینگا در کنار درمان‌های ترکیبی مانند شیمی‌درمانی می‌تواند به بهبود اثربخشی درمان و کاهش عوارض جانبی کمک قابل توجهی نماید.

منابع

Al-Asmari, A. K., Albalawi, S. M., Athar, M. T., Khan, A. Q., Al-Shahrani, H., & Islam, M. (2015). *Moringa oleifera* as an anti-cancer agent against breast and colorectal cancer cell lines. *PLoS One*, *10*(8), e0135814.

Berkovich, L., Earon, G., Ron, I., Rimmon, A., Vexler, A., & Lev-Ari, S. (2013). *Moringa oleifera* aqueous leaf extract down-regulates nuclear factor-kappaB and increases cytotoxic effect of chemotherapy in pancreatic cancer cells. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, *19;13*, 212.

Bharali, R., Tabassum, J., & Azad, M. R. H. (2003). Chemomodulatory effect of Moringa oleifera, Lam, on hepatic carcinogen metabolising enzymes, antioxidant parameters and skin papillomagenesis in mice. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, *4*(2), 131-140.

Camilleri, E., & Blundell, R. (2024). A comprehensive review of the phytochemicals, health benefits, pharmacological safety and medicinal prospects of *Moringa oleifera*. *Heliyon*, *10*(6), e27807.

Charoensin, S. (2014). Antioxidant and anticancer activities of Moringa oleifera leaves. *J. Med. Plants Res*, *8*(7), 318-325.

de Barros, M. C., de Souza Silva, V. C., Silva, A. G. B., Neto, J. D. C. S., de Lima Maux, J. M., Dos Santos, P. É. M., ... & Paiva, P. M. G. (2025). Antioxidant activity and chemoprotective effect of *Moringa oleifera* Lam. leaf infusion against methotrexate-induced damage in mice. *Toxicology Reports*, *14*, 102000.

Estrella, M. C., Mantaring, J. B., & David, G. Z. (2000). A double-blind, randomized controlled trial on the use of malunggay (*Moringa oleifera*) for augmentation of the volume of breastmilk among non-nursing mothers of preterm infants. *The Philippine Journal of Pediatrics*, 49(1), 3–6.

Fitriana, W. D., Ersam, T., Shimizu, K., & Fatmawati, S. (2016). Antioxidant activity of *Moringa oleifera* extracts. *Indonesian Journal of Chemistry*, *16*(3), 297-301.

Gopalakrishnan, L., Doriya, K., & Kumar, D. S. (2016). Moringa oleifera: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness*, 5(2), 49–56.

Jafarain, A., Asghari, G., & Ghassami, E. (2014). Evaluation of cytotoxicity of *Moringa oleifera* Lam. callus and leaf extracts on Hela cells. *Advanced Biomedical Research*, 23(3), 194.

Jung, I. L. (2014). Soluble extract from Moringa oleifera leaves with a new anticancer activity. *PloS one*, *9*(4), e95492.

Islam, Z., Islam, S. R., Hossen, F., Mahtab-ul-Islam, K., Hasan, M. R., & Karim, R. (2021). *Moringa oleifera* is a prominent source of nutrients with potential health benefits. *International Journal of Food Science*, *2021*(1), 6627265.

Koheil, M. A., Hussein, M. A., Othman, S. M., & El-Haddad, A. (2011). Anti-inflammatory and antioxidant activities of Moringa peregrina seeds. *Free Radicals and Antioxidants*, *1*(2), 49-61.

Madi, N., Dany, M., Abdoun, S., & Usta, J. (2016). *Moringa oleifera's* nutritious aqueous leaf extract has anticancerous effects by compromising mitochondrial viability in an ROS-dependent manner. *Journal of the American College of Nutrition*, *35*(7), 604-613.

Mbikay, M. (2012). Therapeutic potential of *Moringa oleifera* leaves in chronic hyperglycemia and dyslipidemia: a review. *Frontiers in Pharmacology*, *3*, 24.

Pareek, A., Pant, M., Gupta, M. M., Kashania, P., Ratan, Y., Jain, V., ... & Chuturgoon, A. A. (2023). *Moringa oleifera*: An updated comprehensive review of its pharmacological activities, ethnomedicinal, phytopharmaceutical formulation, clinical, phytochemical, and toxicological aspects. *International journal of molecular sciences*, *24*(3), 2098.

Parvathy, M. V., & Umamaheshwari, A. (2007). Cytotoxic effect of *Moringa oleifera* leaf extracts on human multiple myeloma cell lines. *Phytotherapy Research, 21*(6), 575–579.

Raja, R. R., Sreenivasulu, M., Vaishnavi, S., Navyasri, D. M., Samatha, G., & Geethalakshmi, S. (2016). *Moringa oleifera*-An overview. *RA J Appl Res*, *2*(9), 620-4.

Shahbaz, M., Naeem, H., Batool, M., Imran, M., Hussain, M., Mujtaba, A., ... & Al Jbawi, E. (2024). Antioxidant, anticancer, and anti-inflammatory potential of Moringa seed and Moringa seed oil: A comprehensive approach. *Food Science & Nutrition*, *12*(9), 6157-6173.

Singhal, A. K., Jarald, E. E., Showkat, A., & Daud, A. (2012). In vitro evaluation of *Moringa oleifera* gum for colon-specific drug delivery. *International Journal of Pharmaceutical Investigation, 2*(1), 48.

Sreelatha, S., & Padma, P. R. (2009). Antioxidant activity and total phenolic content of *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity. *Plant foods for human nutrition*, *64*(4), 303-311.

Sreelatha, S., Jeyachitra, A., & Padma, P. R. (2011). Antiproliferation and induction of apoptosis by *Moringa oleifera* leaf extract on human cancer cells. *Food and Chemical Toxicology, 49*(6), 1270–1275.

Stohs, S. J., & Hartman, M. J. (2015). Review of the safety and efficacy of *Moringa oleifera*. *Phytotherapy Research*, 29(6), 796–804.

Taha, N. R., Rabah, S. O., Shaker, S. A., & Mograby, M. M. (2015). Effect of *Moringa oleifera* leaves on diclofenac sodium induced hepatic injury in albino rats: ultrastructural and immunohistochemical studies. *Journal of Cytology & Histology*, *6*(2), 1.

Vats, S., & Gupta, T. (2017). Evaluation of bioactive compounds and antioxidant potential of hydroethanolic extract of *Moringa oleifera* Lam. from Rajasthan, India. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 23(1), 239–248.

Verma, A. R., Vijayakumar, M., Mathela, C. S., & Rao, C. V. (2009). *In vitro and in vivo antioxidant properties of different fractions of Moringa oleifera leaves*. Food and Chemical Toxicology, 47(9), 2196–2201.

Xie, R., Ponnampalam, E. N., Ahmadi, F., Dunshea, F. R., & Suleria, H. A. R. (2024). Antioxidant potential and characterization of polyphenol compounds in pods of *Moringa oleifera*. *Food Science & Nutrition*, 12(12), 10881–10902.

Zhang, H., Zhang, M., Yu, L., Zhao, Y., He, N., & Yang, X. (2012). Antitumor activities of quercetin and quercetin-5′,8′-disulfonate in human colon and breast cancer cell lines. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(11), 14290–14305.

Zhou, Y., Yang, W., Li, Z., Luo, D., Li, W., Zhang, Y., ... & Jin, X. (2018). *Moringa oleifera* stem extract protect skin keratinocytes against oxidative stress injury by enhancement of antioxidant defense systems and activation of PPARα. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *107*, 44-53.

A Review of the Antioxidant and Anticancer Effects of *Moringa oleifera* Based on in Vitro and Preclinical Evidence

Qadir Mohammadi*[1], Leila Ahmadzadeh Gavahan[1]
1. Dr. Qadir Mohammadi's Health Institute, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: dr.qadir.mohammadi@gmail.com

Abstract

Moringa oleifera Lam., commonly known as the drumstick tree, ben oil tree, tree of life, or miracle tree, is a tropical plant with wide distribution, naturally growing today in regions such as Afghanistan, Florida, and parts of East and West Africa. Beyond its significant nutritional value, it has gained recognition in both traditional and conventional medicine for a broad range of therapeutic effects. Recent scientific evidence has supported many of its traditional uses in treating cardiovascular disorders, fever, inflammation, gastrointestinal disturbances, asthma, headaches, and rheumatism.

Moringa oleifera exhibits multiple pharmacological activities, including analgesic, anti-inflammatory, diuretic, antihypertensive, antioxidant, and antitumor properties. These effects are largely attributed to its rich diversity of phytochemicals such as alkaloids, flavonoids, anthraquinones, vitamins, glycosides, and terpenes. To date, over a hundred bioactive compounds have been identified from various parts of this plant. Furthermore, novel compounds such as muramoside A and B and niazimicin A and B have been discovered, showing remarkable antioxidant, anticancer, hepatoprotective, and blood pressure–regulating activities.

This review compiles published evidence on the chemical constituents, pharmacological effects, and therapeutic applications of Moringa oleifera. The findings indicate that extracts from different plant parts demonstrate cardioprotective, hepatoprotective, anti-inflammatory, and anticancer activities; however, many traditional uses of *Moringa oleifera* remain scientifically unexplored.

Given the growing scientific focus on the anticancer and antioxidant properties of *Moringa oleifera*, this review places special emphasis on these two aspects, while also briefly highlighting its other pharmacological effects.

Keywords: Anticancer potential, Antioxidant potential, *Moringa oleifera*, Phytochemicals.

بررسی اثر مهارکنندگی ترکیبات گیاه فرولا آمونیاکوم (*Ferula ammoniacum L.*) بر آنزیم استیل‌کولین‌استراز انسانی: یک مطالعه In silcio

امیر عباس برزگری*[۱]، علیرضا بالایی[۱]
۱- گروه زیست‌شناسی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
*نویسنده مسئول: abarzegari@maragheh.ac.ir

چکیده

اختلالات عصبی از جمله آلزایمر با کاهش عملکرد آنزیم استیل‌کولین‌استراز (AChE) در ارتباط هستند. در این پژوهش، ترکیبات فعال گیاه دارویی *Ferula ammoniacum* به منظور بررسی توانایی مهارکنندگی آن‌ها علیه آنزیم AChE با استفاده از مطالعات داکینگ مولکولی و تحلیل‌های فارماکوکینتیکی و سمیت ارزیابی شدند. ساختار کریستالی آنزیم از پایگاه PDB و ترکیبات گیاه از پایگاه داده PlantaeDB دریافت شد. پس از آماده‌سازی ترکیبات گیاهی و داروی دونپزیل با پروتئین مورد نظرتحت داکینگ قرار گرفت. نتایج نشان داد که ترکیبات Ammoresinol و ترکیب دو دارای انرژی اتصال مطلوب‌تری (Binding Affinity) نسبت به سایر ترکیبات بودند و به ویژه ترکیب دو انرژی اتصال قابل مقایسه با دونپزیل را نشان داد. تحلیل ADME بیانگر جذب گوارشی بالا، نفوذپذیری مناسب و عبور از سد خونی-مغزی در برخی از این ترکیبات بود. پیش‌بینی سمیت اندامی نیز حاکی از ایمنی نسبی ترکیبات منتخب به‌ویژه در برابر سمیت کبدی و قلبی بود. همچنین، تطابق با قوانین دارویی لیپینسکی و Veber در اکثر ترکیبات گیاهی تأیید شد. در مجموع، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که برخی ترکیبات فعال *Ferula ammoniacum* پتانسیل بالایی برای توسعه به عنوان مهارکننده‌های AChE دارند و می‌توانند کاندیدای مطالعات بیشتر در طراحی داروهای ضد آلزایمر باشند.

واژه‌های کلیدی: آلزایمر، آنزیم استیل‌کولین‌استراز، داکینگ مولکولی، فرولا آمونیاکوم

مقدمه

بیماری آلزایمر یکی از شایع‌ترین اختلالات نورودژنراتیو پیشرونده در میان سالمندان است که با کاهش عملکرد شناختی، اختلال در حافظه و کاهش کیفیت زندگی همراه است(Sahana et al., 2020). در سال‌های اخیر، با توجه به رشد سریع جمعیت سالمندان، شیوع این بیماری رو به افزایش بوده و به یک چالش جهانی در حوزه سلامت تبدیل شده است(Reitz, Brayne, & Mayeux, 2011). یکی از مسیرهای مهم پاتوفیزیولوژیک در آلزایمر، کاهش سطح استیل‌کولین در نواحی خاص مغز است. به همین دلیل، مهار آنزیم استیل‌کولین‌استراز (AChE) که مسئول تجزیه استیل‌کولین است، به عنوان یک استراتژی کلیدی در درمان علامتی این بیماری مطرح شده است(McGleenon et al. 1999).

داروی دونپزیل (Donepezil) به عنوان یکی از مهارکننده‌های شناخته‌شد AChE، در حال حاضر مورد استفاده بالینی قرار دارد. با این حال، عوارض جانبی گسترده، سمیت‌های ارگانی و محدودیت‌های داروشناسی آن موجب شده است که جست‌وجو برای یافتن ترکیبات طبیعی با اثربخشی بالا و عوارض کمتر در دستور کار محققان قرار گیرد (Shintani & Uchida, 1997).

در این راستا، گیاه فرولا آمونیاکوم (*Ferula ammoniacum*)که به‌طور سنتی در طب گیاهی ایران و سایر کشورها برای بهبود حافظه، کاهش اضطراب و درمان بیماری‌های عصبی مورد استفاده قرار می‌گیرد، مورد توجه قرار گرفته است. ترکیبات فعال موجود در این گیاه دارای پتانسیل مهار آنزیم‌های عصبی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی هستند، که آن را به کاندیدای مناسبی برای توسعه داروهای ضدآلزایمر تبدیل می‌کند. علاوه بر این مطالعات پیشین در محیط in vitro و in vivo نشان دهنده خاصیت ضد استیل کولین استرازی این گیاه بوده است (Bagheri & Esmailidehaj, 2024; Nazir et al., 2021).

در مطالعه حاضر، با استفاده از روش‌های داکینگ مولکولی، ویژگی‌های فارماکوکینتیکی و پیش‌بینی سمیت اندامی، اثر مهاری ترکیبات منتخب از فرولا آمونیاکوم بر آنزیم استیل‌کولین‌استراز بررسی و با داروی کنترل دونپزیل مقایسه شده است. هدف این پژوهش، شناسایی ترکیبات طبیعی با ویژگی‌های دارویی مناسب، سمیت پایین و قابلیت عبور از سد خونی–مغزی برای توسعه درمان‌های نوین و ایمن در بیماری آلزایمر است .

مواد و روش‌ها

۱- جمع‌آوری ترکیبات فعال گیاه *Ferula ammoniacum*

ترکیبات فعال زیست‌مولکولی گیاه فرولا آمونیاکوم از منابع معتبر از جمله پایگاه‌های داده‌ای PubChem وPlantaeDB استخراج شدند. شناسه‌هایPubChem ، ساختار شیمیایی (SMILES) و سایر ویژگی‌ها برای هر ترکیب جمع‌آوری شد. از داروی دونپزیل (Donepezil)به عنوان کنترل مثبت (داروی مرجع مهارکننده استیل‌کولین‌استراز) استفاده گردید.

۲- داکینگ مولکولی (Molecular Docking)

۲-۱ آماده‌سازی پروتئین

ساختار کریستالی آنزیم استیل‌کولین‌استراز انسانی (AChE)از پایگاه داده Protein Data Bank با کد 4EY7 PDB دریافت شد. پیش‌پردازش‌های لازم از جمله حذف آب‌های کریستالی، حذف لیگاندهای غیرفعال و افزودن هیدروژن‌ها با استفاده از نرم‌افزار PyMOL انجام شد.

۲-۲ آماده‌سازی لیگاندها

ساختار دوبعدی ترکیبات به فرمت سه‌بعدی با انرژی مینیمم، با استفاده از Open Babel و نرم‌افزار Chem3D بهینه‌سازی شدند. سپس، لیگاندها برای داکینگ با فرمت PDBQT ذخیره شدند.

۲-۳ انجام داکینگ

برای انجام مطالعات داکینگ مولکولی، از نرم‌افزار PyRx و ماژول AutoDock Vina موجود در آن استفاده شد. شبکه (Grid Box) به گونه‌ای تنظیم شد که ناحیه فعال آنزیم به طور کامل پوشش داده شود. انرژی اتصال (Binding Affinity) به عنوان معیار اصلی ارزیابی قدرت مهارکنندگی مورد استفاده قرار گرفت.

۳- پیش‌بینی ویژگی‌های فارماکوکینتیکی (ADME)

ویژگی‌های جذب، توزیع، متابولیسم و دفع ترکیبات، با استفاده از ابزارهای آنلاین SwissADME و pkCSM تحلیل شد. شاخص‌هایی نظیر: عبور از سد خونی-مغزی (BBB permeability)، نفوذپذیری روده‌ای، مهارکنندگی آنزیم‌های CYP450، سوبسترای P-gp بودن و قابلیت نفوذ پوستی در این مرحله بررسی شدند.

۴- پیش‌بینی سمیت اندامی و سلولی

با استفاده از پایگاه داده ProTox-II، سمیت ترکیبات در ارگان‌های مختلف شامل کبد، کلیه، قلب، مغز و دستگاه تنفسی ارزیابی شد. همچنین سمیت سلولی، سرطان‌زایی، جهش‌زایی، و سمیت ایمنی نیز پیش‌بینی گردید. نتایج به صورت کیفی (فعال / غیرفعال) و کمی (احتمال بین ۰ تا ۱) گزارش شد.

۵- بررسی دارومانندی (Drug-Likeness)

قوانین دارویی از جمله Lipinski, Ghose, Veber, Egan و Muegge برای ارزیابی داروپذیری ترکیبات بررسی شدند. همچنین امتیاز زیست‌دسترسی (Bioavailability Score) ، هشدارهای PAINS و Lead-likeness مورد تحلیل قرار گرفت. تحلیل‌ها از طریق SwissADME و MolSoft انجام شد.

نتایج و بحث

۱- اثر مهارکنندگی ترکیبات فرولا آمونیاکوم بر استیل‌کولین‌استراز (AChE)

ترکیبات مشتق‌شده از گیاه *Ferula ammoniacum* به عنوان مهارکننده‌های بالقوه آنزیم استیل‌کولین‌استراز مورد بررسی قرار گرفتند. از میان ترکیبات گیاه، شش ترکیب شامل (-)-Epitaxifolin ترکیب دو، ترکیب سه، ترکیب24,24-Dimethyllanosta-9(11),25-dien-3beta-ol و Ammoresinol بیشترین انرژی پیوند را با جایگاه فعال آنزیم استیل کولین استراز داشتند (جدول ۱). مقایسه نتایج داکینگ مولکولی نشان داد که از میان این شش ترکیب، Ammoresinol و ترکیب دو دارای انرژی اتصال مناسبی نسبت به جایگاه فعال AChE هستند، به‌طوری‌که مقادیر انرژی اتصال آن‌ها قابل مقایسه با *Donepezil* به عنوان مهارکننده شناخته‌شده این آنزیم می‌باشد. این یافته‌ها نشان‌دهنده پتانسیل بالای این ترکیبات در مهار AChE و در نتیجه، کاربرد بالقوه آن‌ها در درمان اختلالات نورودژنراتیو مانند آلزایمر است.

جدول ۱. نتایج داکینگ مولکولی ترکیبات منتخب با بیشترین انرژی اتصال به استیل کولین استراز

ترکیب	PubChem code	Binding Affinity	(uff_E)	name	SMILES
۱	۳۱۵۲	- ۱۱/۷	۵۵۲/۷۱	Donepezil	COC1=C(C=C2C(=C1)CC(C2=O)CC3CCN(CC3)CC4=CC=CC=C4)OC
۲	۷۳۶۵۷۰۴۸	- ۱۱	۵۲۳/۰۷	1'-Ethenyl-3'-(4-hydroxy-6-methyl-3-oxohept-5-en-2-yl)-7-methoxy-1'-methylspiro[chromene-3,2'-cyclopentane]-2,4-dione	CC(C1CCC(C12C(=O)C3=C(C=C(C=C3)OC)OC2=O)(C)C=C)C(=O)C(C=C(C)C)O
۳	۵۴۷۱۲۵۹۷	-۱۰/۸	۲۷۴/۶	Ammoresinol	CC(=CCC/C(=C/CC/C(=C/CC1=C(C2=C(C=C(C=C2)O)OC1=O)O)/C)/C)C
۴	۷۱۲۳۱۸	-۱۰/۶	۲۷۰/۸۷	(-)-Epitaxifolin	C1=CC(=C(C=C1[C@@H]2[C@@H](C(=O)C3=C(C=C(C=C3O2)O)O)O)O)O
۵	۱۰۳۰۰۰۰۰۰	-۱۰/۶	۷۸۸/۹۷	24,24-Dimethyllanosta-9(11),25-dien-3beta-ol	C[C@H](CCC(C)C)C(=C)C)[C@H]1CC[C@@]2([C@@]1(CC=C3[C@H]2CC[C@@H]4[C@@]3(CC[C@@H](C4(C)C)O)C)C)C
۶	۱۲۴۴۵۰۴۱	-۱۰/۵		[(1R,7Z,9R)-3,8-dimethyl-13-oxo-5,14-dioxatricyclo[10.2.1.02,6]pentadeca-2(6),3,7,12(15)-tetraen-9-yl] acetate	C/C/1=C/C2=C([C@H]3C=C(CC[C@H]1OC(=O)C)C(=O)O3)C(=CO2)C

۲- بررسی پارامترهای فارماکوکینتیکی

ارزیابی ADME (جذب، توزیع، متابولیسم و دفع) ترکیبات منتخب نشان می‌دهد که: تمامی ترکیبات گیاهی به جز *24,24-Dimethyllanosta*دارای جذب گوارشی بالا هستند. ترکیبات Epitaxifolin-(-) و ترکیب ۳ قابلیت عبور از سد خونی-مغزی (BBB) را دارا هستند (احتمال بالای ۰,۵)، که برای هدف‌گیری سیستم عصبی مرکزی بسیار مطلوب است. ترکیب -(-) Epitaxifolin به عنوان سابسترای احتمالی P-gp شناسایی شده، که ممکن است در دفع دارو از مغز نقش داشته باشد و نیاز به بهینه‌سازی ساختاری داشته باشد. ترکیبات گیاهی در مقایسه با *Donepezil* دارای نفوذ پوستی پایین‌تری هستند که نشان‌دهنده پروفایل توزیعی محدودتر نسبت به تجویزهای موضعی است. در بخش متابولیسم، ترکیبات گیاهی به طور کلی نسبت به *Donepezil* پتانسیل کمتری برای مهار آنزیم‌های CYP450 دارند که نشان‌دهنده خطر کمتر تداخلات دارویی می‌باشد. به‌ویژه ترکیب ۳ هیچ‌گونه مهارکنندگی از خود نشان نمی‌دهد و از این لحاظ ایمن‌تر است.

۳- ارزیابی سمیت و ایمنی زیستی

در ارزیابی سمیت اندامی: ترکیبات Epitaxifolin-(-) و ترکیب دودارای سمیت کلیوی و تنفسی فعال هستند ولی در سایر اندام‌ها مانند کبد و قلب غیرفعال پیش‌بینی شدند. ترکیب Donepezil به عنوان کنترل، دارای سمیت عصبی، ایمنی، و سلولی فعال پیش‌بینی شده است که برخی از عوارض شناخته‌شده آن را در کاربرد بالینی تأیید می‌کند.

جدول ۲. بررسی سمیت اندامی ترکیبات منتخب

ترکیب	سمیت کبدی	احتمال	سمیت عصبی	احتمال	سمیت کلیوی	احتمال	سمیت تنفسی	احتمال	سمیت قلبی	احتمال
(-)-Epitaxifolin	غیرفعال	۰/۶۹	غیرفعال	۰/۸۹	فعال	۰/۶۲	فعال	۰/۸۳	غیرفعال	۰/۹۹
Compound 2	غیرفعال	۰/۶۳	غیرفعال	۰/۸۰	فعال	۰/۵۴	فعال	۰/۶۹	غیرفعال	۰/۶۵
Compound 3	غیرفعال	۰/۶۱	غیرفعال	۰/۷۵	غیرفعال	۰/۵۸	فعال	۰/۶۷	غیرفعال	۰/۵۹
24,24-Dimethyllanosta	غیرفعال	۰/۸۶	فعال	۰/۵۷	غیرفعال	۰/۹۲	فعال	۰/۸۹	غیرفعال	۰/۷۶
Ammoresinol	غیرفعال	۰/۷۳	غیرفعال	۰/۷۵	فعال	۰/۵۹	فعال	۰/۷۵	غیرفعال	۰/۷۵
Donepezil	غیرفعال	۰/۹۸	فعال	۰/۹۰	غیرفعال	۰/۶۷	فعال	۰/۹۶	غیرفعال	۰/۶۷

در بررسی نقاط پایانی سمیت زیستی: Epitaxifolin-(-) دارای *فعالیت سرطان‌زایی و جهش‌زایی* پیش‌بینی شده، که نیازمند بررسی دقیق‌تر آزمایشگاهی است. در مقابل، *ترکیب دو* فاقد هشدارهای جدی از نظر جهش‌زایی، سرطان‌زایی و سمیت سلولی است، و به‌نظر می‌رسد گزینه‌ای مناسب‌تر از نظر ایمنی زیستی باشد. عبور از BBB نیز در ترکیبات منتخب مناسب گزارش شده و به ویژه *ترکیب دو* با احتمال ۰,۸۶ در مقایسه با ۰,۹۹ برای *Donepezil* بسیار مطلوب است.

جدول ۳. نقاط پایانی سمیت

ترکیب	سرطان‌زایی	احتمال	سمیت ایمنی	احتمال	جهش‌زایی	احتمال	سمیت سلولی	احتمال	عبور از سد خونی-مغزی	احتمال
(-)-Epitaxifolin	فعال	۰/۶۸	غیرفعال	۰/۷۶	فعال	۰/۵۱	غیرفعال	۰/۹۹	فعال	۰/۵۳
Compound 2	غیرفعال	۰/۵۴	غیرفعال	۰/۷۹	غیرفعال	۰/۷۰	غیرفعال	۰/۷۲	فعال	۰/۸۶
Compound 3	غیرفعال	۰/۵۲	فعال	۰/۹۵	غیرفعال	۰/۶۴	غیرفعال	۰/۶۶	فعال	۰/۸۲
24,24-Dimethyllanosta	غیرفعال	۰/۵۹	فعال	۰/۹۸	غیرفعال	۰/۹۵	غیرفعال	۰/۹۵	فعال	۰/۸۸
Ammoresinol	غیرفعال	۰/۶۱	غیرفعال	۰/۹۱	غیرفعال	۰/۶۶	غیرفعال	۰/۸۶	فعال	۰/۵۵
Donepezil	فعال	۰/۵۰	فعال	۰/۹۵	غیرفعال	۰/۵۳	فعال	۰/۶۳	فعال	۰/۹۹

تحلیل قوانین دارویی و زیست‌دسترس‌پذیری

بر اساس قوانین *Lipinski, Ghose, Veber, Egan* و *Muegge* : ترکیبات دو و سه در بیشتر قوانین دارویی پذیرفته شده و دارای امتیاز زیست‌دسترسی ۰,۵۵ مشابه Donepezil هستند. *24,24-Dimethyllanosta* با داشتن وزن مولکولی بالا، کسر Csp3 زیاد و LogP بالا، در قوانین Ghose و Egan مردود شد و از دیدگاه «Drug-likeness» چندان مناسب نیست.

نتیجه‌گیری

با توجه به داده‌های داکینگ، فارماکوکینتیک و سمیت: ترکیب دو را می‌توان به عنوان کاندیدای برتر از نظر ایمنی، پتانسیل مهارAChE ، توانایی عبور از BBB و رعایت قوانین دارویی معرفی نمود. ترکیب (-)-Epitaxifolin با وجود اثربخشی بالا، نیاز به بررسی بیشتر در زمینه سمیت ژنتیکی و کلیوی دارد. در مقایسه با Donepezil، ترکیبات منتخب دارای پروفایل سمیت پایین‌تر در برخی جنبه‌ها هستند و در فازهای ابتدایی توسعه دارو، ارزش بررسی بیشتری دارند.

منابع

Bagheri, S. M., & Esmailidehaj, M. (2024). A Comprehensive Review of the Pharmacological Effects of Genus Ferula on Central Nervous System Disorders. *Central Nervous System Agents in Medicinal ChemistryChemistry-Central Nervous System Agents), 24*(2), 105-116.

McGleenon, B., Dynan, K., & Passmore, A. (1999). Acetylcholinesterase inhibitors in Alzheimer's disease. *British journal of clinical pharmacology*, *48*(4), 471.

Nazir, N., Nisar, M., Zahoor, M., Uddin, F., Ullah, S., Ullah, R.,. .. Alobaid, A. (2021). Phytochemical analysis, in vitro anticholinesterase, antioxidant activity and in vivo nootropic effect of Ferula ammoniacum (Dorema ammoniacum) D. Don. in scopolamine-induced memory impairment in mice. *Brain sciences*, *11*(2), 259.

Reitz, C., Brayne, C., Mayeux, R. (2011). Epidemiology of Alzheimer disease. *Nature Reviews Neurology*, *7*(3), 137-152.

Sahana, S., Kumar, R., Nag, S., Paul, R., Chatterjee, I., & Guha, N. (2020). A Review On Alzheimer Disease And Future Prospects. *Sahana et al World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences [Internet]*, *9*(9), 1276-1285.

Shintani, E. Y., & Uchida, K. M. (1997). Donepezil: an anticholinesterase inhibitor for Alzheimer's disease. *American journal of health-system pharmacy*, *54*(24), 2805-2810.

Investigation of the inhibitory effect of compounds from *Ferula ammoniacum* L. on human acetylcholinesterase enzyme

Amir Abbas Barzegari[1*], Ali-Reza Balaei[1]
Department of biology, University of Maragheh, Maragheh, Iran
[*]*Corresponding Author: abarzegari@maragheh.ac.ir*

Abstract

Neurological disorders such as Alzheimer's disease are closely associated with reduced activity of the enzyme acetylcholinesterase (AChE). In this study, the bioactive compounds of the medicinal plant *Ferula ammoniacum* were evaluated for their inhibitory potential against AChE using molecular docking, pharmacokinetic (ADME), and toxicity analyses. The crystal structure of the enzyme was retrieved from the Protein Data Bank (PDB), and plant-derived compounds were obtained from the PlantaeDB database. After preparation, both the plant compounds and the reference drug, Donepezil, were subjected to molecular docking with the target protein. The results revealed that Ammoresinol and Compound 2 exhibited more favorable binding affinities compared to other compounds, with Compound 2 demonstrating a binding energy comparable to that of Donepezil. ADME analysis indicated high gastrointestinal absorption, good permeability, and the ability of some compounds to cross the blood-brain barrier. Toxicity prediction suggested a relatively safe profile for the selected compounds, particularly in terms of hepatic and cardiac toxicity. Moreover, most of the plant compounds complied with Lipinski's Rule of Five and Veber's rule for drug-likeness. Overall, these findings suggest that certain active constituents of *Ferula ammoniacum* possess significant potential as AChE inhibitors and could serve as promising candidates for further research in the development of anti-Alzheimer's therapeutics.

Keywords: Acetylcholinesterase (AChE), Alzheimer's disease, Ferula ammoniacum, molecular docking

مکانیسم عمل و پتانسیل درمانی امولسیفایرها با منشا گیاهی در صنعت غذا

مریم خوش‌منظر*[۱]، عزت‌الله پورفرج[۱]، بهروز نقوی دشتور[۱]

۱- گروه صنایع غذایی، مرکز آموزش علمی کاربردی گروه صنایع غذایی شیرین عسل، واحد استان آذربایجانشرقی، تبریز

*نویسنده مسئول: pazhouhesh@uast-sha.ir

چکیده

تولید غذای سالم با کیفیت بالا یکی از مهمترین مباحث امروزی است. محققان به دنبال رویکردهای نوآورانه برای تهیه نسل جدیدی از محصولات امولسیون‌کننده با منشا گیاهی می‌باشند که بتوانند به عنوان حامل ماتریسی برای ترکیب اجزای ارزشمند با پتانسیل عملکردی بالا عمل کنند. امولسیفایرهای طبیعی با منشا گیاهی شامل پروتئین‌های گیاهی و پلی‌ساکاریدها بوده که در برخی موارد ممکن است ظرفیت پیشگیری از بیماری‌های قلبی عروقی و سیستم عصبی مرکزی، بیماری‌های انکولوژیکی و تصلب شرایین را داشته باشند. علاوه بر آن، امولسیفایرهای گیاهی، زیست سازگار، زیست تخریب پذیر، سازگار با پوست، از نظر شیمیایی خنثی، بسیار پایدار و در نتیجه، با ماندگاری طولانی ، توجه زیادی را به خود جلب کرده است. در این بررسی، پتانسیل درمانی و ترکیب شیمیایی گیاهان و مکانیسم عمل آن‌ها به عنوان امولسیفایر برای ماتریس‌های غذایی مورد مطالعه قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: امولسیفایر، امولسیون، صنعت غذا، گیاهان دارویی

مقدمه

امروزه مصرف غذاهای با افزودنی‌های امولسیون‌کننده به میزان زیادی افزایش یافته است. افزودنی‌های غذایی امولسیفایرها، به ویژه امولسیفایرهای سنتز شده شیمیایی، در سال‌های اخیر به دلیل شواهد اولیه اثرات نامطلوب بر سلامت دستگاه گوارش و متابولیسم، موضوع تحقیقات زیادی بوده‌اند. بنابراین، تحقیق در مورد امولسیفایرهای جدید با منشأ طبیعی بر اساس محصولات گیاهی زیست فعال ضروری است (Nieto et al., 2023). امولسیون سیستمی است که از دو مایع غیر قابل امتزاج، معمولاً روغن و آب، تشکیل شده که یکی از آن‌ها به صورت قطرات در دیگری پراکنده شده است (Parzhanova et al., 2024). چهار نوع امولسیون وجود دارد؛ که امولسیون روغن در آب، پراکندگی قطرات چربی در یک فاز پیوسته آب، مانند شیر یا سس مایونز را توصیف کرده است. در مقابل، امولسیون آب در روغن زمانی تشکیل می‌شود که فاز پیوسته چربی و فاز پراکنده آب باشد، مانند کره و سس سرکه. دو نوع باقی مانده، امولسیون‌های چند لایه می‌باشند. امولسیون آب-روغن-آب، یک فاز پیوسته آب و یک فاز پراکنده روغن را توصیف کرده، که روغن همچنین حاوی یک فاز آب دیگر در هسته خود است، در حالی که امولسیون روغن-آب-روغن، یک فاز پیوسته روغن را با یک فاز پراکنده آب حاوی یک هسته روغن توصیف می‌کند (Cox et al., 2021). امولسیون به سه جزء اصلی یعنی فاز روغنی، فاز آبی و امولسیفایر کافی نیاز دارد (Wang et al., 2023). امولسیفایرها مواد فعال سطحی بوده که برای تشکیل امولسیون‌ها ضروری می‌باشند؛ زیرا تشکیل امولسیون را تسهیل کرده، کشش سطحی را کاهش (Nieto et al., 2023) و تجزیه بیشتر قطرات را افزایش داده، یک لایه محافظ در اطراف قطرات ایجاد می‌کند که پایداری طولانی مدت را بهبود بخشیده و از تجمع قطرات جلوگیری می‌کند (Schreiner et al., 2022). امولسیفایرها به دو گروه اصلی،

امولسیفایرهای ماکرومولکولی و سورفکتانت‌های با وزن مولکولی کم طبقه‌بندی می‌شوند. به طور کلی، با اینکه طیف گسترده‌ای از امولسیفایرهای مصنوعی و طبیعی، مانند پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، فسفولیپیدها و سورفکتانت‌ها، می‌توانند در صنایع غذایی مورد استفاده قرار گیرند، اما انتخاب یک امولسیفایر مناسب یکی از مهمترین عوامل در ایجاد محصولات موفق مبتنی بر امولسیون است (Parzhanova et al., 2024).

ترکیب نتایج

این مقاله با مطالعه منابع معتبر، به بررسی انواع امولسیفایرهای خوراکی با منشا گیاهی پرداخته و مکانیسم عمل و کاربرد امولسیفایرهای طبیعی در صنعت غذا و تاثیر آن‌ها بر سلامتی را مورد مطالعه قرار داده است.

امولسیفایر در صنعت غذا

امروزه، نیاز به ایجاد پروتئین‌های گیاهی به عنوان امولسیفایرهای غذایی طبیعی، با کیفیتی مشابه پروتئین‌های حیوانی (کازئین‌ها و پروتئین‌های آب پنیر)، رو به افزایش است. منابع، ساختارها، وزن مولکولی و رفتارهای جذب پروتئین‌ها همگی تأثیر قابل توجهی بر کیفیت امولسیون‌کنندگی پروتئین‌های غذایی دارند. پروتئین عدس، پروتئین نخود فرنگی، پروتئین باقلا و پروتئین سویا کاندیداهای مناسبی به عنوان امولسیفایر می‌باشند. امولسیفایرهای گیاهی به‌دست‌آمده از ایزوله‌های پروتئین بادام و ساپونین‌های چای، اکسیداسیون پروتئین‌ها و لیپیدها را کاهش داده و همچنین پایداری فیزیکی امولسیون‌های روغن گردو در آب را بهبود بخشیده‌اند. پروتئین بادام‌زمینی استخراج‌شده با رسوب قلیایی و اسیدی به عنوان یک تثبیت‌کننده پیکرینگ با درجه غذایی معرفی شده است. گلوتلین برنج (پروتئین هیدرولیز شده با استفاده از تریپسین) پایداری قطرات چربی را بهبود بخشیده، بنابراین به عنوان یک امولسیفایر طبیعی در توسعه محصولات غذایی مبتنی بر امولسیون عمل کرده است (Nieto et al., 2023).

امولسیفایرهای افزودنی غذایی به طور مداوم در بسیاری از محصولات غذایی صنعت غذا، از جمله نان، سایر محصولات پخته شده و شکلات و شیرینی یافت می‌شوند. شکلات به عنوان یک امولسیون "خشک" متشکل از یک فاز چربی پیوسته کره کاکائو و مولکول‌های قند آبدوست و کاکائو لیپوفیل در فاز پراکندگی توصیف شده است. هنگامی که در تولید شکلات امولسیفایر استفاده شود، امولسیفایرهای افزودنی غذایی، قند را پوشش داده تا جریان را به فاز چربی پیوسته هدایت کرده و توزیع یکنواخت‌تری از مولکول‌های قند و کاکائو ایجاد کنند. امولسیفایرها به تولیدکنندگان این امکان را داده‌اند که با کنترل ویسکوزیته یا جریان شکلات، بافت آن را تغییر داده و در نتیجه امکان قالب‌گیری و شکل‌دهی شکلات را فراهم کنند. لسیتین ویسکوزیته شکلات را تقریباً ۱۰ برابر بیشتر از کره کاکائو کاهش داده و بنابراین موجب کاهش هزینه‌های مواد تشکیل‌دهنده شده است (Cox et al., 2021). خواص ژل‌کنندگی خوب پکتین موجود در زالزالک و میزان بالای قند آن، امکان استفاده گسترده از آن را برای تزئین دسرها فراهم کرده است (Parzhanova et al., 2024).

مکانیسم عمل امولسیفایر در فرآیند امولاسیون

نقش اصلی امولسیفایر در سطح مشترک، جذب قوی به سطح قطره تازه تشکیل شده و در نتیجه جلوگیری از ادغام قطرات با محیط اطرافشان است. امولسیفایرهای پروتئینی معمولاً دارای ساختار کروی یا مارپیچ تصادفی انعطاف‌پذیر بوده که بر خواص سطح مشترک پس از جذب مولکول‌های پروتئین در سطح قطره تأثیر می‌گذارد.

پروتئین‌های کروی، از جمله پروتئین‌های سویا و نخود فرنگی، عمدتاً در امولسیون روغن در آب به عنوان امولسیفایر استفاده شده‌اند. مکانیسم اصلی جذب پروتئین در سه مرحله قابل توضیح می‌باشد. ابتدا، پروتئین برای اتصال به سطح مشترک روغن/آب منتقل شده و در مرحله دوم، باز شدن زنجیره مولکولی توسط دناتوراسیون پروتئین افزایش یافته و مکان‌های آبگریز ذاتی در هسته مولکول، در معرض سطح قطره روغن قرار گرفته و جذب می‌شوند. در نهایت، پروتئین‌های جذب شده، یک فیلم ویسکوالاستیک در اطراف قطرات پراکنده برای تثبیت امولسیون تولید می‌کنند. پس از تشکیل فیلم ویسکوالاستیک، قطرات می‌توانند بسته به pH امولسیون، بار مثبت یا منفی داشته باشند. به نظر می‌رسد نیروی اصلی که جذب و باز شدن پروتئین را در سطح مشترک افزایش داده، مولکول‌های آب را توسط باقیمانده‌های اسید آمینه در ناحیه سطح مشترک جابجا کرده است. مکانیسم مرسوم که امولسیون را از طریق جذب سریع مولکول‌ها تثبیت کرده، می‌تواند برای امولسیفایرهای پروتئین لبنی اعمال شود، در حالی که رفتار جذب پروتئین‌های گیاهی با وزن مولکولی نسبتاً بالا را می‌توان با مکانیسم پیکرینگ بررسی کرد. امولسیون‌های پیکرینگ تثبیت‌شده با ذرات اخیراً با پروتئین‌های حبوبات و غلات پدیدار شده‌اند. به‌طورکلی، در امولسیون پیکرینگ، ذرات پروتئین از طریق ترشوندگی جزئی بین روغن و فاز آبی، امولسیون را تثبیت کرده‌اند، زیرا ذرات در هیچ‌کدام از فازها حل نشده‌اند. ذرات جذب‌شده به‌طور همزمان یک مانع انرژی دفع قوی و مانع بالایی برای جذب ذرات تشکیل داده، زیرا ذرات بین دو فاز به دام افتاده و منجر به نیروی مویرگی بالاتر در هر دو طرف شده است (Kim et al., 2020).

نقش سلامتی بخشی امولسیفایرهای گیاهی

تقاضای رو به رشد مصرف‌کننده برای محصولات طبیعی، توجه را به گیاهان خوراکی به عنوان "منابع آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی ایمن‌تر و مؤثرتر" که سیستم‌های امولسیون غذایی را تثبیت و غنی کرده‌اند، به طور فزاینده‌ای معطوف شده است. بنابراین جستجو برای امولسیفایرهای زیستی که زیست سازگار، زیست تخریب پذیر، سازگار با پوست، از نظر شیمیایی خنثی، بسیار پایدار با خواص درمانی توجه زیادی را به خود جلب کرده است.

ساپونین‌ها یکی از برجسته‌ترین گروه‌های امولسیفایرهای طبیعی بوده و فعالیت‌های بیولوژیکی ضدالتهاب، ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانی، ضدویروسی، هیپوکلسترولمیک داشته که کاربردشان را در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی گسترش داده است. در زمینه لوازم آرایشی، ساپونین کیلاجا در یک محصول آرایشی حاوی اسید هیالورونیک و در توسعه محصولاتی برای درمان ناخالصی‌های پوست استفاده شده است. هر دو ساپونین کیلاجا و یوکا به عنوان عوامل امولسیون کننده در یک خمیر دندان ارگانیک اضافه شده‌اند(Schreiner et al., 2022). در مطالعات اخیر خواص امولسیون‌کنندگی آویشن به عنوان گیاه دارویی مورد بررسی قرار گرفته و نشان داده است که این گیاه پتانسیل استفاده به عنوان امولسیفایر را دارد. نتایج اثبات کرده‌اند که روغن اسانسی آویشن دارای اسیدهای آلی، فلاونوئیدها، تانن‌ها، مواد معدنی، ویتامین C و رنگدانه‌ها است. اجزای موجود در روغن اسانس آویشن دارای فعالیت ضد میکروبی در برابر بسیاری از باکتری‌ها و قارچ‌های مختلف از جمله استافیلوکوکوس اورئوس، باسیلوس سوبتیلیس، اشریشیا کلی می‌باشد. از دیگر مواد امولسیون کننده با خواص درمانی می‌توان به میوه زالزالک اشاره کرد. میوه‌های زالزالک سرشار از قندها، پکتین، اسیدهای آلی، مواد معدنی، ویتامین‌های C و A و آنزیم‌ها است. همچنین میوه‌های زالزالک دارای مواد معدنی سدیم، پتاسیم، کلسیم، فسفر و آلومینیوم بوده و به عنوان یک عامل ضدالتهاب، محافظ معده و ضدمیکروبی استفاده شده‌اند. زالزالک خطر آریتمی را کاهش داده، موجب بهبود گردش خون در قلب و مغز شده، سیستم عصبی مرکزی را آرام کرده و با اثر پیشگیرانه در برابر سرطان‌ها معرفی شده است (Parzhanova et al., 2024).

نتایج و بحث

با توسعه امولسیون‌ها در مواد غذایی، آرایشی، دارویی، مواد و سایر زمینه‌ها، مکانیسم تشکیل و تثبیت امولسیون‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. با وجود اثبات خواص درمانی و بیولوژیکی برخی از امولسیفایرهای گیاهی، هنوز مشکلاتی مانند تأثیر امولسیفایرهای گیاهی بر کیفیت و پایداری محصول و همچنین بر سلامتی وجود دارد (Wang et al., 2023). با این وجود استفاده از امولسیفایرها با منشا گیاهی به طور روز افزون در حال افزایش است. امولسیفایرهای افزودنی غذایی رایج در اتحادیه اروپا شامل لسیتین (در ۱۴٪ از کل محصولات غذایی در تأمین مواد غذایی)، مونو و دی گلیسیریدهای اسیدهای چرب (در ۷٪ از غذاها)، صمغ گوار (در ۶٪ از غذاها)، صمغ زانتان (در ۵٪ از غذاها)، کاراگینان (در ۴٪ از غذاها) و سلولزها (به عنوان مثال، کربوکسی متیل سلولز (در ۲٪ از غذاها) می‌باشند همچنین سایر منابع گیاهی نیز مورد مطالعات زیستی و بررسی تولید اقتصادی قرار گرفته‌اند (Cox et al., 2021).

منابع

Cox, S., Sandall, A., Smith, L., Rossi, M., & Whelan, K. (2021). Food additive emulsifiers: a review of their role in foods, legislation and classifications, presence in food supply, dietary exposure, and safety assessment. *Nutrition reviews, 79(6), 726-741.*

Kim, W., Wang, Y., & Selomulya, C. (2020). Dairy and plant proteins as natural food emulsifiers. *Trends in Food Science & Technology, 105, 261-272.*

Nieto, G., Martinez Zamora, L., Penalver, R., Marin Iniesta, F., Taboada Rodringuez, A., Lopez Gomez, A., Martinez Hernandez, G. B. (2023). Applications of Plant Bioactive Compounds as Replacers of Synthetic Additives in the Food Industry. *Plant Bioactive Compounds in Foods and Food Packages, 13(0),47.*

Parzhanova, A., Yaneva, T., Dimitrov, D., Georgieva, A. (2024). Biological Potential, Healthy Capacity, and Functional Activity of Emulsion Systems Obtained by Incorporating Plant Extracts. *Hygienic Engineering and Design, 46(1).*

Schreiner, T.B., Dias, M.M., Barreiro, M.F., Pinho, S.P. (2022). Saponins as Natural Emulsifiers for Nanoemulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 70, 22, 6573-6590.*

Wang, Y., Ai, C., Wang, H., Chen, C., Teng, H., Xiao, J., & Chen, L. (2023). Emulsion and its application in the food field: An update review. *EFood, 4(4), 102.*

Mechanism of action and therapeutic potential of plant-based emulsifiers in the food industry

Maryam Khosh Manzar[1]*, Ezat Allah Pour Faraj[1], Behrouz Naqvi Dashtoor[1]
1. Food Industry Department, Applied Scientific Training Center, Shirin Asal Food Industry Department, East Azerbaijan Province, Tabriz
*Corresponding Author: pazhouhesh@uast-sha.ir

Abstract

The production of high-quality healthy food is one of the most important topics today. Researchers are looking for innovative approaches to prepare a new generation of plant-based emulsifier products that can act as a matrix carrier for the incorporation of valuable components with high functional potential. Natural emulsifiers of plant origin include plant proteins and polysaccharides, which in some cases may have the capacity to prevent cardiovascular and central nervous system diseases, oncological diseases and atherosclerosis. In addition, plant-based emulsifiers, which are biocompatible, biodegradable, skin-friendly, chemically neutral, highly stable and, consequently, with long shelf life, have attracted much attention. In this review, the therapeutic potential and chemical composition of plants and their mechanism of action as emulsifiers for food matrices have been studied.

Keywords: Emulsifier, Emulsion, Food Industry, Medicinal Plants

اهمیت معرفی و شناسایی آفات در تجاری‌سازی گیاهان دارویی با معرفی برخی از آنها

ناهید واعظ*

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: naheedvaez@gmail.com

چکیده

کشت گیاهان دارویی و معطر در جهان به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است تا نیازهای پزشکی، غذایی، صنایع داروسازی و عطرسازی را برآورده کند. خسارت ناشی از انواع آفات و عوامل بیماری‌زا، یکی از عوامل محدودکننده تولید آن است. مانند هر گیاه دیگری، گیاهان دارویی و معطر نیز مورد هجوم عوامل مختلفی قرار می‌گیرند که از آن جمله می‌توان حشرات، کنه‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها، باکتری‌ها، نماتدها، حلزون‌ها، جوندگان و پرندگان را نام برد. آفات گیاهی با از بین بردن اجزای گیاه، زیان‌های چشم‌گیری را به صنعت گیاهان دارویی وارد می‌کنند. حشرات بیش از همه به گیاهان دارویی آسیب می‌رسانند. به‌طور کلی شته‌ها رایج‌ترین حشرات زیان‌آور گیاهان دارویی بوده و روی بعضی از گونه‌های گیاهان دارویی جزو آفات کلیدی به‌شمار می‌روند. گزارش‌های کمی در مورد آفات حشره‌ای گیاهان دارویی و معطر وجود دارد. بنابراین، نیاز مبرمی به شناسایی حشرات آفت گیاهان دارویی و معطر وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: آفت کلیدی، خسارت، شته، کنه، گیاهان دارویی

مقدمه

صنعت گیاهان دارویی منبع عظیم اقتصادی و با ارزش افزوده بسیار بالا محسوب می‌شود. ایران به دلیل تنوع اقلیمی و وجود بیش از ۸۰۰۰ گونه گیاهی، دارای پتانسیل بالایی برای توسعه کشت و استفاده از گیاهان دارویی است. گیاهان دارویی و معطر منبع غنی و اصلی متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند. این گیاهان سرشار از فیبر، مواد معدنی، ویتامین‌ها، کاروتنوئیدها، ترپنوئیدها، فالونوئیدها، پلی‌فنول‌ها، آلکالوئیدها، تانن‌ها، ساپونین‌ها، رنگدانه‌ها، آنزیم‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها می‌باشند (Marrelli, 2021). قدمت گیاهان دارویی به چند صد سال می‌رسد و یکی از مهم‌ترین منابع تأمین غذا و دارویی بشر بوده‌اند. در سال‌های اخیر، بار دیگر شاهد افزایش چشم‌گیر استفاده از داروهای گیاهی بوده‌ایم، اولاً به این دلیل که داروهای مصنوعی در بسیاری از موارد خطرناک تشخیص داده شده‌اند، و ثانیاً به این دلیل که آگاهی فزاینده‌ای وجود دارد که داروهای مشتق از گیاهان عوارض جانبی ناچیزی دارند که در مورد داروهای مصنوعی بسیار رایج است. در طول شیوع کووید-۱۹، جستجوی فشرده‌ای برای مولکول‌های مشتق از گیاهان به منظور یافتن درمانی برای این بیماری همه‌گیر وجود داشت. بازار جهانی داروهای گیاهی، شامل محصولات گیاهی و مواد خام، در واقع با نرخ سالانه ۱۰ تا ۱۵ درصد در حال رشد است. این نشانه‌ای از تقاضای رو به رشد احتمالی برای داروهای مشتق شده از گیاهان در سال‌های آینده است و سطح زیر کشت گیاهان دارویی و معطر به دلیل افزایش تقاضا برای داروهای گیاهی به آرامی در حال افزایش بوده است (Kedar and Pandey, 2020). مانند هر گیاه دیگری، گیاهان دارویی و معطر نیز مورد هجوم عوامل مختلفی قرار می‌گیرند که از آن جمله می‌توان بندپایان (حشرات و کنه‌ها)، نماتدها،

حلزون‌ها، علف‌های هرز، قارچ‌ها، ویروس‌ها، باکتری‌ها، جوندگان و پرندگان را نام برد (Bagheri and Nasr Isfahani, 2011). برای مقابله با این آفات و جلوگیری از شیوع و گسترش حشرات، مواد شیمیایی و برنامه‌های مختلفی ابداع شده است. در زمان‌های گذشته تنها به جمع‌آوری پایه‌های وحشی گیاهان دارویی از رویشگاه‌های طبیعی بسنده می‌کردند اما امروزه به دلیل تقاضای فراوان برای استفاده از گیاهان دارویی، چاره‌ای جز کشت و تکثیر آنها در مقیاس وسیع نیست که این خود سبب افزایش و گسترش آفات و بیماری‌ها و انتقال آنها در مقیاس بزرگ‌تر می‌گردد. گزارش‌ها در مورد حشرات آفت گیاهان دارویی و معطر ناچیز و پراکنده هستند. حدود ۴۰ تا ۴۵ گونه آفت مخرب اصلی یافت شده است که باعث حدودا ۵۰ تا ۶۰ درصد خسارت به گیاهان دارویی و معطر می‌شوند (Kedar and Pandey, 2020). بنابراین، نیاز مبرمی به مدیریت آفات گیاهان دارویی و معطر وجود دارد. در این زمینه بررسی مسائل گیاه‌پزشکی و به‌خصوص شناسایی آفات گیاهان دارویی مورد توجه محققین قرار دارد. در اینجا به معرفی برخی حشرات آفت گیاهان دارویی و معطر پرداخته شده است.

اهمیت آفات و خسارت آنها روی گیاهان دارویی

گیاهان دارویی از جمله محصولاتی هستند که دارای بازار مناسب داخلی و خارجی هستند. در این میان کیفیت گیاهان تولید شده دارای اهمیت زیادی است. این گیاهان به علت داشتن متابولیت‌های ثانویه خاصی می‌توانند اثرات متفاوتی روی حشرات داشته باشند. هرچند بعضی از گیاهان دارویی به علت داشتن ترکیبات خاص سبب گریز و یا مرگ آفات می‌شوند، اما گروهی از آفات نیز به دلیل سازگاری فراوانی که با انواع گیاهان دارند، به‌صورت یک معضل در مناطق کاشت این گیاهان خودنمایی می‌کنند (Bagheri and Nasr Isfahani, 2011). از سوی دیگر همین مواد قادرند سبب هدایت دشمنان طبیعی آفات به طرف مزارع گیاهان دارویی نیز شوند. به‌طوری‌که تعداد گونه‌های مفید در این مزارع، در مقابل تعداد گونه‌های مضر، قابل توجه است. در این موارد این ترکیبات هم برای گیاه دارویی و هم برای عامل بیوکنترل مفید می‌باشد. کشت گیاهان دارویی و معطر مختلف به شدت تحت تأثیر این آفات و عوامل بیماری‌زا قرار گرفته است. بهبود عملکرد و کیفیت متابولیت‌های ثانویه گیاهی و محصولات از طریق مدیریت آفات و بیماری‌ها یکی از ضروریات است. خسارت کمّی آفات به‌طور عمده شامل کاهش در عملکرد محصول مورد انتظار است، اما خسارت کیفی که در پاره‌ای موارد مهم‌تر از خسارت کمّی است به کاهش خواص مورد نظر در محصول تولیدی برمی‌گردد. این خسارت می‌تواند به‌صورت تغییر در بو، مزه، رنگ، درصد متابولیت‌ها در واحد وزن و نظایر آن بروز یابد. خسارت آفات در تمامی مراحل تولید گیاه دارویی، در مزرعه، انبار یا فروشگاه‌های عرضه گیاهان دارویی و حتی در کارخانجات یا کارگاه‌های فرآوری یا محل مصرف، ظهور می‌یابد. آفات گیاهی با از بین بردن اجزای گیاه، زیان‌های چشمگیری را به صنعت گیاهان دارویی وارد می‌کنند و قادرند در مدت کوتاهی مزرعه و باغ را با بحران روبرو سازند (Kedar and Pandey, 2020). عوامل زیستی متعددی مانند حشرات، کنه‌ها، عوامل بیماری‌زای گیاهی مختلف از جمله قارچ‌ها، باکتری‌ها، ویروس‌ها، فیتوپلاسماها و نماتدها، حلزون‌ها، جوندگان و پرندگان کشت موفقیت‌آمیز این گیاهان را در مناطق وسیع و هم‌چنین در مناطق جدید محدود می‌کنند و تهدید اصلی و جدی برای چشم‌انداز آینده گیاهان دارویی و معطر در سطح جهان به‌شمار می‌روند. در میان این عوامل، حشرات و کنه‌ها اجزای کلیدی هستند که آسیب قابل توجهی به این گیاهان وارد می‌کنند و گاهی اوقات به دلیل افزایش جمعیت آنها، کل محصول می‌تواند از بین برود. در بین بندپایان، حشرات بیش از همه به گیاهان دارویی آسیب می‌رسانند. حشرات از فراوان‌ترین جانوران روی زمین هستند و با بیش از یک میلیون گونه شناخته شده ۰/۹ بندپایان را تشکیل می‌دهند و پرجمعیت‌ترین و متنوع‌ترین

گروه بندپایان به‌شمار می‌روند. عوامل مؤثر در تنوع حشرات عبارتند از: جلد سخت، اندازه و جثه کوچک، خاصیت سازش با محیط، قدرت پرواز و خاصیت پراکندگی، دگرگونی موجود در چرخه زیستی و بالاخره تولیدمثل سریع. در ارتباط با گیاهان دارویی، حشرات دو نقش عمده ایفا می‌کنند. نخست آنکه به دلیل تنوع گونه، کثرت جمعیت هر گونه و خصوصیات بیولوژیک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و غالبا با از بین بردن قسمتی از گیاه مانند برگ، ساقه، ریشه، پوست، چوب یا میوه در اغلب موارد ضایعات چشم‌گیری به گیاه وارد کرده و آن را در مدت کوتاهی از پا درمی‌آورند. لذا در تولید و اهلی نمودن گیاهان دارویی، حشرات می‌توانند عامل محدودکننده تولید آنها محسوب گردند و اگر برای کشت انبوه برنامه‌ریزی شوند بایستی تمهیداتی جهت کنترل و مبارزه با آفات گیاهان داروئی در نظر گرفته شود. حشرات آفت گیاهان دارویی شامل انواع حشرات مکنده، برگ‌خوارها، پوست‌خوارها، چوب‌خوارها، ریشه‌خوارها، سن‌ها، سفیدبالک‌ها، شته‌ها، تریپس‌ها، زنجرک‌ها، ملخ‌ها و پروانه‌ها می‌باشند. آفات دارای قطعات دهانی زننده - مکنده با مکیدن شیره گیاهی موجب ایجاد خسارت روی گیاهان دارویی می‌شوند. آنها با تغذیه مستقیم از شیره گیاهی یا با تزریق ترشحات و یا بزاق سمی در حین تغذیه و انتقال عوامل بیماری‌زای ویروسی باعث آسیب می‌شوند. علاوه بر این، آنها عسلک ترشح می‌کنند که ممکن است از طریق آلودگی فیزیکی یا با فراهم کردن منبع تغذیه‌ای برای رشد قارچ‌ها، خسارت اقتصادی ایجاد کند و هم‌چنین با نشستن گرد و خاک روی عسلک تولیدی این آفات، فرآیند فتوسنتز مختل شود (Ismail et al., 2024). برخی گیاهان دارویی نظیر سرخارگل مورد حمله لارو پشه قارچ قرار می‌گیرد که از ریشه این گیاه تغذیه می‌کند. لاروهای پروانه‌ها نیز از گیاهان دارویی تغذیه می‌کنند (Sarma, 2008).

رایج‌ترین آفات گیاهان دارویی

آفات گیاهان دارویی از نظر اهمیت به سه گروه تقسیم می‌شوند: گروه اول آفاتی که تراکم جمعیت آنها روی گیاهان دارویی بالا بوده و خسارت قابل توجهی به گیاهان میزبان وارد می‌سازند. گروه دوم حشراتی هستند که گاهی تراکم جمعیت بالایی روی گیاهان داشته و با اهمیت اقتصادی متوسط دارند گروه سوم آفاتی هستند که به ندرت و به‌صورت موردی از روی گیاهان دارویی جمع‌آوری می‌شوند. مهم‌ترین آفات گیاهان دارویی شته‌های خانواده Aphididae، سن‌های خانواده Miridae، سنک‌های خانواده Lygaeidae، زنجرک‌های خانواده Cicadellidae، سفیدبالک‌ها خانواده Aleyrodidae، بالپولکداران خانواده Noctuidae و Pieridae، سخت‌بالپوشان خانواده Curculionidae، Bruchidae و Dermestidae، دوبالان خانواده Tephritidae، تریپس‌ها خانواده Thripidae، از سایر بندپایان، کنه‌ها Acari و نرم‌تنان (Mollusca) هستند. بعضی از این حشرات با انتقال ویروس‌های گیاهی خسارتی به‌مراتب بیشتر از تغذیه مستقیم خود وارد می‌سازند (Bagheri and Nasr Isfahani, 2011).

جوربالان (Homoptera): از مهم‌ترین آفات متعلق به این راسته می‌توان به شته‌ها، زنجرک‌ها، شپشک‌ها و سفیدبالک اشاره کرد. به‌طور کلی شته‌ها از راسته جوربالان (Homoptera) و خانواده Aphididae رایج‌ترین حشرات زیان‌آور گیاهان دارویی بوده و روی بعضی از گونه‌های گیاهان دارویی باید از آنها به عنوان آفات کلیدی نام برده شود. این حشرات قابلیت سازگاری فراوانی با انواع گیاهان دارند و گاهی به‌صورت یک آفت جدی در مناطق کاشت این گیاهان موجب ایجاد مشکل می‌شوند. شته‌ها با مکیدن شیره گیاهی و ایجاد اختلال در فیزیولوژی گیاه میزبان باعث ضعف و نابودی آن می‌شوند. هم‌چنین با ترشح عسلک و رشد قارچ‌های ساپروفیت روی آن علاوه بر کاهش توانایی فتوسنتز گیاهان میزبان، باعث کاهش بازارپسندی آنها نیز می‌شوند. شته‌ها بیشتر به قسمت‌های جوان گیاه حمله می‌کنند و تغذیه آنها در این محل‌ها موجب بدشکل شدن و پیچ‌خوردگی سرشاخه‌ها و برگ‌های گیاه می‌شود. هم‌چنین،

شته‌ها می‌توانند ویروس‌های گیاهی را از گیاهان آلوده به گیاهان سالم منتقل کنند و از این راه آسیب‌های بیشتری وارد کنند. برخی از گونه‌های شته جمع‌آوری شده از روی گیاهان دارویی عبارتند از: شته *Aphis urticate* Gmelin روی گزنه، شته *Hydaphis foeniculi* Börner روی رازیانه، شته *Brachycaudus cardui* L. روی کنگر فرنگی، بابونه و همیشه بهار، شته *Macrosiphoniella absinthii* L. روی خاراگوش یا افسنتین، شته *Macrosiphoniella artemisiae* Boyer روی برنجاسب، شته *M. oblonga* Mordvilko روی برنجاسب و گل داوودی، شته *M. tanacetaria* Kaltenbach روی گل مینای دکمه طلایی، داوودی و بابونه آلمانی، شته *Aphis craccivora* Koch روی شنگ، شته *Ovatus crataegarius* Walker روی نعناع، شته سبز آویشن، *Aphis serpylii* Koch روی آویشن کوهی و آویشن کرک‌آلود، *Thymus pubescens* Boiss.، شته *Brachycaudus helichrysi* Kalt. روی گلرنگ و شته *Eucarazzia elegans* Ferrari روی بادرنجبویه. زنجرک *Austroagalia sinuata* Mulsant & Rey (Cicadellidae) از روی گلرنگ، کرچک، بادرشبو، زوفا، بادرنجبویه، کاسنی و گل گاوزبان جمع‌آوری شده است. عسلک پنبه، *Bemisia tabaci* Gennadius از روی سرخارگل گزارش شده است (Gheshlaghi, 1994، Rezwani et al., 1994، Yarmand et al., 2006، Bagheri and Nasr Isfahani, 2011، Norouzi, 2023). شپشک‌های آردآلود (خانواده Pseudococcidae)، به عنوان یکی از آفات حشره‌ای گیاهان دارویی شناخته می‌شوند که بر کیفیت ترکیبات دارویی گیاه تأثیر گذاشته و غلظت متابولیت‌های ثانویه را تغییر می‌دهند. این حشرات با مکیدن شیره گیاهی و تولید عسلک می‌توانند با افزایش رشد قارچ دوده به‌طور مستقیم به گیاهان آسیب برسانند. برخی از گونه‌های شپشک آردآلود می‌توانند بیماری‌های ویروسی را به گیاهانی که به آنها حمله می‌کنند منتقل کنند و سلامت و ارزش دارویی آنها را بیشتر به خطر بیندازند. محققین مختلف گونه‌های مختلف شپشک را از روی گیاهان دارویی جمع‌آوری و شناسایی نموده‌اند که می‌توان به شپشک آردآلود پنبه، *Phenacoccus solenopsis* Tinsley روی گل جعفری، *Rastrococcus iceryoides* Green و شپشک آردآلود بادمجان، *Coccidohystrix insolita* Green روی نعناع، شپشک آردآلود کروی، *Nipaecoccus viridis* Newstead روی انگور فرنگی، شپشک *Dysmicoccus brevipes* Cockerell روی سنا، شپشک *Megapulvinaria maxima* Green روی سیب‌زمینی هندی، شپشک *Eucalymnatus tessellatus* (Signoret) روی خرزه، شپشک *Aonidiella aurantii* Maskell روی فرفیون و شپشک *Paracoccus marginatus* Williams & Granara روی ختمی اشاره کرد (Rakhesh et al., 2023).

ناجوربالان (Hemiptera) (سن‌ها): در بین سن‌ها گونه‌های مختلفی از خانواده‌های Miridae، Lygaeidae و Nabidae، روی گیاهان دارویی مختلف از قبیل افسنطین، گلرنگ، بابونه، خارمریم، همیشه بهار، مریم گلی، اسطوخدوس، ریحان، رزماری، نعنا و غیره فعالیت می‌کنند. سن *Europiella artemisiae* Becker از افسنطین، ترخون و گندواش، گونه *E. albipennis* Fallen از درمنه، گونه *Nysius senecionis* Spinola (Lygaeidae) از بابونه، سن *Dicyphus geniculatus* Fieber از مریم گلی و سنک بذرخوار *Heterogaster artemisiae* Schilling از آویشن جمع‌آوری شده‌اند (Rudra Gouda et al., 2024)

تریپس‌ها (Thysanoptera): تریپس‌ها، حشراتی بسیار کوچک هستند که بال‌های ریشک‌دار بلندی دارند. البته این حشرات هم به‌صورت بالدار در محیط دیده می‌شوند و هم می‌توانند بدون بال باشند. این حشرات با حمله به درختان و بوته‌ها و با مکیدن شیره گیاهان باعث ایجاد لکه‌های سفید نقره‌ای تا زرد رنگ روی سطح برگ‌ها می‌شوند. در گیاهانی که گل تبدیل به میوه می‌شود، حمله تریپس باعث کم شدن محصول و ریزش و خشک شدن گل‌ها می‌شود. در ضمن در صورت زیاد بودن تعداد حشرات مکنده، برگ‌ها خشک شده و بوته کاملا از بین می‌رود. هم‌چنین ناقل ویروس‌های گیاهی هستند. تریپس *Aeolothrips mongolicus* Pelikan و *Haplothrips reuteri* Karny از روی

آویشن کوهی و تریپس پیاز، *Thrips tabaci* Lindeman از روی رازیانه، بادرنجبویه، ختمی و افسنتین جمع‌آوی شده‌اند (Khani et al., 2004).

بال‌پولکداران Lepidoptera (پروانه‌ها): حشرات کامل تخم‌های خود را روی این گیاهان قرار می‌دهند. وقتی لارو تفریخ شد بلافاصله شروع به تغذیه از گیاهان می‌کنند. در واقع خسارت اصلی متوجه لاروها است. در بین بال‌پولکداران گونه‌های متعلق به خانواده Noctuidae مانند کرم قوزه پنبه، *Helicoverpa armigera* Huebner از روی شاهدانه، کرچک، زوفا و گلرنگ، کرم برگ‌خوار چغندرقند، *Caradrina exigua* Hüebner از روی کرچک، کتان و نعناع، کرم طوقه‌بر، *Agrotis segetum* Schiff از روی نعناع و خارمریم و شب‌پره گاما، *Plusia gamma* L. از روی زوفا، نعناع و خارمریم و گونه‌های متعلق به خانواده Pieridae مانند سفیده کوچک کلم، *Pieris rapae* Lecerf از روی اسطوخدوس، خارمریم و گل گاوزبان جمع‌آوری شده‌اند.

راست‌بالان Orthoptera (ملخ‌ها): از راسته راست‌بالان گونه‌های متعلق به خانواده ملخ‌های شاخک کوتاه (Acrididae) ازجمله *Aiolopus* sp.، *Acrotylus* sp.، *Sphingonotus* sp. و *Heteracris* sp. از روی زوفا، نعناع، خارمریم، بادرنجبویه و کرچک جمع‌آوری شده‌اند (Bagheri and Nasr Isfahani, 2011).

سخت‌بال‌پوشان Coleoptera (سوسک‌ها): لاروهای اکثر سخت‌بال‌پوشان از داخل دانه‌ها تغذیه کرده و بذرخوار هستند. لاروهای سوسک توتون، *Lasioderma serricorne* (Cigarette Beetle) از آفات مهم و جدی بابونه گاوی می‌باشد. هم‌چنین سوسک برگ‌خوار *Colasposoma subcostatum* Gerstaecker از روی زبان گنجشک خالدار، *Zanthoxylum armatum* DC (در تولید روغن مورد استفاده قرار می‌گیرد)، سرخرطومی *Rhinocyllus conicus* Frölich (Curculionidae) که از قاعده گل‌های گیاهان خارپنبه، کنگر فرنگی، خارمریم و تاتاری تغذیه می‌کند، سرخرطومی *Trichosirocalus horridus* Panzer از روی گیاه کنگر و تاتاری، سوسک کک مانند *Psylliodes chalcomera* Illiger از روی گیاه بذرالبنج، سرخرطومی ریشه یونجه *Sitona humeralis* Steph. از روی یونجه، گل راعی و روناس، سرخرطومی بذر یونجه *Apion aestivum* Herbst از روی یونجه، گل راعی، روناس و مخلصه و سوسک *Anthrenus verbasci* L. (Dermestidae) از روی رازیانه و ریش‌پری یا همان پامپاس جمع‌آوری شده‌اند.

دوبالان Diptera (مگس‌ها): مگس گلرنگ، *Acanthiophilus helianthi* (Rossi) (Dip.: Tephritidae) آفت خطرناکی است که در تمام مناطق کاشت گلرنگ در کشور وجود دارد. این آفت علاوه بر گلرنگ به تلخه نیز حمله می‌کند. لارو این حشره از دانه و سایر قسمت‌های نرم قوزه تغذیه می‌کند. لارو مگس‌های مینوز خانواده Agromyzidae نیز روی برگ‌های گیاه بابا آدم و شاهدانه ایجاد دالان می‌کنند.

کنه‌ها (Acari): در بین کنه‌ها، گونه‌های غالبی که به گیاهان دارویی و معطر حمله می‌کنند، *Tetranychus urticae* Koch (Tetranychidae) و *Brevipalpus* spp. (Tenuipalpidae) به‌ویژه *Brevipalpus phoenicis* Geijskes، هستند. این کنه‌ها به نعناع، رازیانه، اسطوخدوس، کاسنی، رزماری، بادرنجبویه، ختمی، پنیرک، شیرین بیان، خرفه و مریم گلی حمله کرده و با تغذیه از شیره گیاهی باعث کاهش سطح کلروفیل در برگ‌ها می‌شوند. هم‌چنین کنه‌های *Brevipalpus* به عنوان ناقل ویروس‌های گیاهی نیز شناخته می‌شوند و می‌توانند به محصولات مختلف و گیاهان دارویی آسیب برسانند. کنه اریوفید *Aculus semenovi* Shevtchenko نیز روی تلخ بیان ایجاد خسارت می‌کند. کنه‌های *Rhizoglyphus robini* Fumouze and Robin و *R. echinopus* Fumouze and Robin موجب خسارت به بنه‌های زعفران می‌شوند (Arbabi et al., 2020).

نتیجه‌گیری نهایی

شناسایی عوامل آسیب‌رسان گیاهان دارویی و برنامه‌ریزی در راستای پیشگیری و کنترل خسارت وارده توسط این عوامل در حفاظت و مدیریت موثر این گیاهان ارزشمند، بسیار حائز اهمیت و دشوار است. جهت شناسایی حشرات مهاجم گیاهان دارویی و معطر در مناطق هدف، نیاز به بازدید و نمونه‌برداری مجدد در فواصل زمانی مناسب می‌باشد، تا در صورت لزوم اقدامات مقتضی به عمل آید.

منابع

Arbabi, M., P. Baradaran, P. and Djavadi, B. and Shirdel, D. (2020). A study on the mite fauna of medicinal plants in some regions of Iran. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *36 (5)*, 763-779.

Bagheri, M. R. and Nasr Isfahani, M. (2011). The fauna of harmful and beneficial arthropods of medicinal and range. *Journal of Entomological Research*, *3(2)*, 119-132.

Gheshlaghi, N. (1994). Identification of pests and diseases of some medicinal and aromatic plants in Karaj, Tehran, Iran: Academic Center for Education, Culture and Research Publication.

Ismail, H. A., Saleh, A. A. A, Abdel Hafez, M. M. and El- Gendy, R. M. (2024). Estimating seasonal abundance of piercing-sucking insects and their natural enemies on sweet basil plants. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences Zoology*, *16 (1)*, 65-75.

Kedar, S. C. and Pandey, R. (2020). Insect pests and diseases of medicinal and aromatic plants and their management. *Journal of the Indian Botanical Society*, *100*, 251-301.

Khani, M., Hagiri, A., Naqdibadi, H. A. and Yazdani, D. (2004). Part of the fauna of medicinal plants in Tehran province. 16th Iranian Plant Protection Congress, September 27-30, 2004, Tabriz, Iran.

Marrelli, M. (2021). Medicinal plants. *Plants*, *10, 1355*.ttps:// doi.org/10.3390/plants10071355

Norouzi, M. (2023). Investigation of important pests and diseases of thyme medicinal plant in Alborz province of Iran. A thesis for fulfillment of the requirements for M.Sc. degree in rangeland science and engineering. College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran.

Sarma S. (2008). Insect pests of medicinal and aromatic plants and their management. *Biology*, *134 (1)*, 105-119.

Rakhesh, S., Shivanand, H., Anil Kumar, M., Krishna Naik, L. and Santhosha, K. M. (2023). Mealybugs and Scales: Significance in Agriculture and their Management. In book: Latest Trends in Agriculture EntomologyPublisher: Integrated Publications.

Rezwani, A., Termeh, F. and Moosawi, M. (1994). Aphids of Iran and their hosts. Plant Pests and Diseases Research Institute press.

Rudra Gouda, M. N., Yogananda, M., Chandana, M. R. and Banswal, A. (2024). Lygaeid Bug *Nysius cymoides*, (Spinola, 1837) (Heteroptera: Lygaeidae), incidence on aromatic herb chamomile: a new report from New Delhi, India. *National Academy Science Letters*, 1-6.

Yarmand, H., Sadeghi, S. E., Mohammadi, M., Ebrahimi. S. S., and Seif Allahi, A. R. (2006). Survey of arthropods associated with range medicinal plants in Tehran, Ghazvin and Isfahan provinces. *Iranian journal of forest and Range Protecyion Research*, *3(2)*, 107-128.

The importance of pest identification in the commercialization of medicinal plants by introducing some of them

Nahid Vaez*
Plant Protection Department, Agriculture Faculty, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: naheedvaez@gmail.com

Abstract

The cultivation of medicinal and aromatic plants in tropical and subtropical countries of the world has increased significantly to provide the needs of the medical, food, pharmaceutical and cosmetic industries. One of the limiting factors to produce the medicinal plants is damage by pests and pathogens. Like other plants, medicinal and aromatic plants are attacked by insects, mites, fungi, viruses, bacteria, nematodes, snails, rodents, and birds. Plant pests cause great damage to the medicinal plant industry by destroying plant tissues. The most damage to medicinal plants is caused by insects. In general, aphids are the most common insect pests of medicinal plants and are considered key pests on some medicinal plants. There are few reports on insect pests of medicinal and aromatic plants. Therefore, there is a great need to identify insect pests of medicinal and aromatic plants.

Keywords: Aphid, damage, key pest, medicinal plants, mite

مطالعه درون رایانه‌ای فاکتورهای رونویسی موثر بر تنظیم رونویسی ژن کلیدی استیل کو آ کربوکسیلاز، دخیل در بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه در *Dunaliella salina*

فاطمه امیدی سانجود*[۱]، لیلا زرندی میاندوآب[۱]
۱- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
* نویسنده مسئول: Ftmaomidi@gmail.com

چکیده

استیل‌کوآنزیم آ (Acetyl-CoA) یکی از مولکول‌های مرکزی در متابولیسم سلولی و پیش‌ساز کلیدی در سنتز متابولیت‌های ثانویه محسوب می‌شود. آنزیم استیل‌کوآ کربوکسیلاز (*ACC*) با تبدیل Acetyl-CoA به Malonyl-CoA، نخستین گام در مسیر بیوسنتز اسیدهای چرب و سایر ترکیبات ثانویه را کنترل می‌کند و به‌عنوان نقطه تنظیمی مهم در این مسیر شناخته می‌شود. با توجه به اهمیت تنظیم بیان ژن *ACC* در تولید ترکیبات زیستی ارزشمند، هدف این پژوهش، شناسایی فاکتورهای رونویسی مؤثر بر تنظیم این ژن در ریزجلبک *Dunaliella salina* بود. به‌منظور دستیابی به این هدف، ابتدا توالی ژن *ACC* و ناحیه پروموتر آن استخراج شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار MEME Suite، موتیف‌های تنظیمی احتمالی در ناحیه پروموتر شناسایی گردید. این موتیف‌ها با پایگاه‌های داده JASPAR و PlantTFDB مقایسه شدند تا فاکتورهای رونویسی احتمالی تعیین شوند. نتایج حاصل نشان داد که خانواده‌های فاکتورهای رونویسی MYB و bZIP نقش مهمی در تنظیم ژن *ACC* دارند و احتمالاً در پاسخ به تنش‌های محیطی مانند خشکی، دمای بالا، سرما و استرس اکسیداتیو دخیل هستند. این یافته‌ها، پایه‌ای برای راهبردهای مهندسی متابولیک در جهت افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در *D. salina* فراهم می‌سازد و لزوم انجام مطالعات تجربی بیشتر برای تأیید این نتایج را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: استیل کوآ، بیوانفورماتیک، Dunaliella salina، Acetyl-CoA carboxylase، فاکتور رونویسی

مقدمه

در گیاهان دارویی، متابولیت‌های ثانویه مانند ترپن‌ها، آلکالوئیدها، فنول‌ها و فلاونوئیدها مسئول بسیاری از اثرات دارویی و زیستی هستند. مسیرهای اصلی بیوسنتز این ترکیبات شامل شیکیمیک اسید، مالونیک اسید، موالونیک اسید و MEP می‌باشند که همگی نیازمند تأمین منابع پیش‌ساز کربنی مانند استیل کوآ هستند.

استیل کوآ (Acetyl-CoA) یک مولکول کلیدی در متابولیسم سلولی است که در مسیرهای مختلف بیوسنتزی نقش پیش‌ماده را ایفا می‌کند. اگرچه استیل کوآ خود یک متابولیت ثانویه محسوب نمی‌شود، اما در مسیرهای متابولیکی منتهی به تولید این ترکیبات، به‌ویژه مسیر موالونیک اسید که پیش‌ساز اصلی تولید ترپنوئیدها است، نقشی حیاتی دارد (Calder, 2015).

آنزیم استیل‌کوآ کربوکسیلاز (Acetyl-CoA Carboxylase, *ACC*) با تبدیل Acetyl-CoA به Malonyl-CoA، نقش محدودکننده سرعت واکنش را در مسیرهای سنتز متابولیت‌های ثانویه و اسیدهای چرب بر عهده دارد. *ACC* در

گیاهان و جلبک‌ها در دو کده سیتوزول و پلاستید یافت می‌شود. فرم سیتوزولی *ACC* معمولاً به صورت هومودیمر (Homomeric) و فرم پلاستیدی آن به صورت هترودیمر (Heteromeric) فعال است(Boyle et al., 2012).

جلبک *Dunaliella salina* به دلیل تحمل بالا در برابر شوری و قابلیت طیف وسیعی از ترکیبات زیست فعال، یک مدل مناسب برای مطالعات مربوط به متابولیت‌های ثانویه و مهندسی متابولیک محسوب می‌شود. درک سازوکارهای تنظیم رونویسی ژن *ACC* در این جلبک می‌تواند امکان بهینه‌سازی مسیرهای تولید متابولیت‌های ثانویه را فراهم آورد.

در این راستا، شناسایی فاکتورهای رونویسی (Transcription Factors) مؤثر بر تنظیم ژن استیل کوآ کربوکسیلاز با استفاده از پایگاه‌های داده‌ای مانند JASPAR که الگوهای اتصال فاکتورهای رونویسی را فراهم می‌کند (Khan et al., 2018)، می‌تواند درک عمیق‌تری از سازوکارهای تنظیم بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه در *D. salina* فراهم سازد.

مواد و روش‌ها

رونویسی مؤثر بر ژن Acetyl-CoA Carboxylase (ACC) در *D. salina*، ابتدا توالی ژنی *ACC* و ناحیه پروموتر آن از پایگاه‌های NCBI GenBank و PlantTFDB استخراج شد.

تحلیل موتیف‌های تنظیمی در ناحیه پروموتر با استفاده از نرم‌افزار MEME Suite انجام شد و سپس نتایج با پایگاه‌های داده JASPAR و PlantTFDB برای شناسایی فاکتورهای رونویسی محتمل تطبیق داده شد.

تعاملات پروتئینی احتمالی با استفاده از پایگاه STRING پیش‌بینی شد و شبکه‌های تنظیمی ژن-فاکتور با نرم‌افزار Cytoscape ترسیم شد. صحت توالی ژن با استفاده از BLAST بررسی و با گونه‌های نزدیک مقایسه شد. این روش، چارچوبی بیوانفورماتیکی برای شناسایی عوامل تنظیمی مرتبط با تنظیم ACC در پاسخ به تنش‌های زیستی فراهم کرد.

نتایج و بحث

در این مطالعه، ارتباط میان ژن کلیدی مسیر بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه یعنی Acetyl-CoA Carboxylase (*ACC*) و فاکتورهای رونویسی مختلف بررسی شد. بر اساس داده‌های بیوانفورماتیکی، فاکتورهای متعددی از خانواده‌های MYB و bZIP به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های احتمالی *ACC* شناسایی شدند (جدول ۱).

تحلیل‌ها نشان دادند که بیان ژن *ACC* در پاسخ به طیف وسیعی از تنش‌های محیطی مانند خشکی، شوری، استرس اکسیداتیو و کمبود مواد مغذی دچار تغییر می‌شود (جدول ۲)، که این تغییرات با تأثیر بر فعالیت فاکتورهای یادشده، اثر خود را بر رونویسی از ژن می‌گذارند.

جدول ۱. فاکتورهای رونویسی پیش‌بینی‌شده مرتبط با پروموتور ژن *ACC* و تنش‌های تأثیرگذار بر تنظیم آن‌ها

ژن	محصول ژنی	نوع TF	محل اتصال
ACC	Acetyl-CoA Carboxylase	MYB	۱۵
ACC	Acetyl-CoA Carboxylase	bZIP	۱۸

جدول ۲. تغییرات بیان ژن *ACC* تحت تنش‌های مختلف (مقادیر عددی بیانگر شدت تأثیر هستند)

عامل محیطی ژن	خشکی	دمای بالا	سرما	اکسیداتیو استرس	دمای پایین	انجماد	اسمزی استرس	مغذی کمبود مواد	شوری	کمبود آهن	استرس ER	فلزات سنگین	pH
ACC	۱۲۵	۱۱۰	۹۰	۸۵	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۵	۴۰	۴۰	۲۵	۱۰

توصیف روابط میان TF و ژن‌ها

تحلیل‌های بیوانفورماتیکی نشان داد که فاکتورهای رونویسی خانواده‌های MYB و bZIP بیشترین تعداد تعامل را با ژن *ACC* دارند (جدول ۱). این TF ها تحت شرایط استرس‌های محیطی نظیر خشکی، دمای بالا، سرما و استرس اکسیداتیو فعال می‌شوند و نقش کلیدی در تنظیم بیان ژن استیل کوآ کربوکسیلاز مرتبط با مسیر بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه را ایفا می‌کنند. به طور مشخص، MYB بیشتر تحت تأثیر استرس خشکی و اکسیداتیو قرار دارد، در حالی که bZIP علاوه بر این موارد به استرس سرما و کمبود مواد مغذی نیز حساس است.

بحث

در این مطالعه، نقش فاکتورهای رونویسی خانواده‌های MYB و bZIP در تنظیم ژن کلیدی استیل‌کوآ کربوکسیلاز (Acetyl-CoA Carboxylase, ACC) در جلبک تک سلولی *D. salina* بررسی شد. این آنزیم نقش مهمی در مسیر بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه، به ویژه از طریق تبدیل Acetyl-CoA به Malonyl-CoA دارد زیرا پیش‌ماده ضروری برای تولید انواع متابولیت‌های ثانویه از جمله ترپنوئیدها، آلکالوئیدها، آنتوسیانین‌ها، ایزوپرنوئیدها، فنل‌ها، فلاونوئیدها، استیل‌بنوئیدها و اسیدهای چرب است، ایفا می‌کند. یافته‌های ما نشان می‌دهد که فاکتورهای رونویسی MYB و bZIP در پاسخ به تنش‌های محیطی مانند خشکی، دمای بالا، سرما، استرس اکسیداتیو و کمبود مواد مغذی فعال شده و به عنوان تنظیم‌کننده‌های کلیدی بیان ژن *ACC* عمل می‌کنند. مطالعات پیشین روی جلبک‌هایی مانند *Chlamydomonas reinhardtii* و *Nannochloropsis spp.* نیز اهمیت فاکتورهای MYB و bZIP را در تنظیم پاسخ به استرس‌های زیستی و بیوسنتز ترکیبات زیستی نشان داده‌اند(Boyle et al., 2012; Khan et al., 2018). آنزیم *ACC*، به عنوان آنزیم محدودکننده سرعت مسیر موالونیک اسید، نقطه کنترل اصلی در بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه و اسیدهای چرب است. آنالیز موتیف‌های پروموتر، نقش موتیف‌های تنظیمی MYB و bZIP را در اتصال به ناحیه پروموتر ژن *ACC* تایید کرد و وجود شبکه تنظیمی پیچیده‌ای را نشان داد که امکان پاسخ سریع و دقیق به تغییرات محیطی را فراهم می‌آورد. این شبکه می‌تواند هدفی مناسب برای مهندسی متابولیک جهت افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در *D. salina* باشد. با این حال، محدودیت‌های موجود از جمله عدم تأیید مستقیم اتصال فاکتورهای رونویسی به پروموتر *ACC* از طریق آزمایشات تجربی و نبود بررسی‌های بیان ژن در شرایط استرس مختلف، نیازمند پیگیری در پژوهش‌های آینده است. انجام آزمایشات تکمیلی مانند ChIP-Seq و بررسی بیان ژن در شرایط مختلف زیستی، گام‌های بعدی ضروری برای اعتبارسنجی یافته‌های بیوانفورماتیکی خواهد بود. علاوه بر تنظیم میزان رونویسی با وساطت فاکتورهای رونویسی، تشکیل فرم هترودیمر برای حضور و فعالیت آنزیم در پلاستید و فرم همودیمر در سیتوزول نشاندهنده اهمیت تنظیم فعالیت آنزیم در کده‌های مختلف سلولی است. این ساختارهای متفاوت می‌توانند نقش‌های تنظیمی و عملکردی متمایزی داشته باشند.

نتیجه‌گیری

فاکتورهای رونویسی خانواده‌های MYB و bZIP به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های کلیدی ژن استیل‌کوآ کربوکسیلاز در *D. salina* شناسایی شدند که نقش مهمی در تنظیم بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه و پاسخ به تنش‌های محیطی ایفا می‌کنند. این یافته‌ها می‌تواند پایه‌ای برای توسعه راهبردهای مهندسی متابولیک به منظور بهبود تولید ترکیبات دارویی و زیستی ارزشمند در جلبک‌های میکروسکوپی باشد. پژوهش‌های آینده باید بر تأیید تجربی این نتایج و بررسی نقش سایر فاکتورهای رونویسی در مسیرهای مرتبط تمرکز نمایند.

منابع

Ben-Amotz, A., Tornabene, T. G., & Thomas, W. H. (1985). Chemical profile of selected species of microalgae with emphasis on lipids 1. Journal of Phycology, 21(1), 72-81.

Boyle, N. R., Page, M. D., Liu, B., Blaby, I. K., Casero, D., Kropat, J., Cokus, S. J., Hong-Hermesdorf, A., Shaw, J., & Karpowicz, S. J. (2012). Three acyltransferases and nitrogen-responsive regulator are implicated in nitrogen starvation-induced triacylglycerol accumulation in Chlamydomonas. Journal of Biological Chemistry, 287(19), 15811-15825.

Calder, P. C. (2015). Functional roles of fatty acids and their effects on human health. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 39, 18S-32S.

Carpinelli, E. C., Telatin, A., Vitulo, N., Forcato, C., D'Angelo, M., Schiavon, R., … Valle, G. (2014). Carotenoid and fatty acid metabolism in nitrogen-starved Dunaliella salina, a unicellular green microalga. Journal of Biotechnology, 162(1), 21–27.

Hazrati, H., Yu, L., Shi, J., & Liu, J. (2024). A conserved MYB transcription factor is involved in regulating lipid metabolic pathways for oil biosynthesis in green algae. New Phytologist, 235(2), 576–594.

Khan, A., Fornes, O., Stigliani, A., Gheorghe, M., Castro-Mondragon, J. A., Van Der Lee, R., Bessy, A., Cheneby, J., Kulkarni, S. R., & Tan, G. (2018). JASPAR 2018: update of the open-access database of transcription factor binding profiles and its web framework. Nucleic Acids Research, 46(D1), D260-D266.

In silico study of transcription factors involved in the regulation of the key gene, Acetyl-CoA Carboxylase in secondary metabolite biosynthesis in *Dunaliella salina*

Fatemeh Omidi Sanjod[1]*, Leila Zarandi Miandoab[1]
1. Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Shahid Madani University of Azarbaijan, Tabriz, Iran
**Corresponding Author: Ftmaomidi@gmail.com*

Abstract

Acetyl-Coenzyme A (Acetyl-CoA) is a central molecule in cellular metabolism and serves as a key precursor in the biosynthesis of secondary metabolites. Acetyl-CoA carboxylase (ACC) catalyzes the conversion of Acetyl-CoA to Malonyl-CoA and functions as a rate-limiting enzyme in the initial step of fatty acid and secondary metabolite biosynthesis. Given the importance of transcriptional regulation of ACC in enhancing the production of valuable bioactive compounds, this study aimed to identify the transcription factors (TFs) involved in regulating the ACC gene in the microalga *Dunaliella salina*. To achieve this, the gene sequence and promoter region of ACC were extracted. Regulatory motifs within the promoter were predicted using MEME Suite, and subsequently matched against JASPAR and PlantTFDB databases to identify potential TF binding sites. The analysis revealed that members of the MYB and bZIP transcription factor families are likely key regulators of ACC, particularly in response to abiotic stresses such as drought, heat, cold, and oxidative stress. These findings provide a foundation for metabolic engineering strategies to enhance secondary metabolite production in *D. salina*, and highlight the necessity for further experimental validation to confirm the functional roles of the identified TFs.

Keywords: Acetyl-CoA carboxylase, Bioinformatics, *Dunaliella salina*, Transcription factor

بهینه‌سازی شرایط استخراج اسانس مرزه سهندی: رویکردی مبتنی بر میکرواستخراج با تک‌قطره

مرضیه باباش‌پوراصل*
گروه علوم باغبانی، واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه، ایران
*نویسنده مسئول: babashpour@iau.ac.ir

چکیده

مرزه سهندی (Satureja sahendica Bornm.)، گیاهی چندساله از تیره نعناع (Lamiaceae) و بومی ایران است که به واسطه ترکیبات معطر و مؤثره خود، در صنایع دارویی، غذایی، بهداشتی و آرایشی کاربرد گسترده‌ای دارد. در طب سنتی ایران، از این گیاه به عنوان داروی ضدنفخ، ضداسپاسم، ضدسرفه و کمک‌هضم استفاده می‌شود. در پژوهش حاضر، تأثیر کاربرد انرژی مایکروویو بر میزان استخراج ترکیبات فرار (اسانس) گیاه مرزه سهندی با استفاده از دو روش «میکرواستخراج با تک‌قطره از فضای فوقانی به کمک مایکروویو» (MA-HS-SDME) و «تقطیر با آب» (HD) مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا، برخی پارامترهای کلیدی مؤثر بر کارایی استخراج از جمله وزن نمونه (۳ گرم)، حجم حلال (۳ میلی‌لیتر)، زمان استخراج (۱۲۰ ثانیه)، توان مایکروویو (۴۵۰ وات) و نوع حلال (n-هپتادکان) بهینه‌سازی شدند. نتایج نشان داد که روش MA-HS-SDME به‌دلیل سرعت بالا، نیاز نداشتن به آماده‌سازی اولیه نمونه، مصرف کم حلال و سادگی عملیات، می‌تواند به‌عنوان جایگزینی مناسب برای روش‌های متداول استخراج مانند استخراج مایع-مایع (LLE) و استخراج فاز جامد (SPE) به کار رود. همچنین، مقایسه نتایج این روش با روشHD بیانگر آن است که MA-HS-SDME روشی سریع‌تر، مؤثرتر و سازگارتر با اصول شیمی سبز برای آنالیز اسانس مرزه سهندی محسوب می‌شود.

واژگان کلیدی: استخراج نوین، تیره نعناع، روغن فرار، مایکروویو

مقدمه

گیاه *Satureja sahendica* Bornm، از گونه‌های معطر بومی شمال‌غرب ایران، متعلق به تیره نعناع (Lamiaceae) است و به عنوان منبعی ارزشمند از اسانس‌های گیاهی با فعالیت‌های زیستی قابل‌توجه از جمله خواص ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی شناخته می‌شود (Sefidkon et al., 2004). این فعالیت‌های زیستی عمدتاً به حضور ترکیبات مؤثری نظیر تیمول، کارواکرول، γ-ترپینن و پارا-سایمن نسبت داده می‌شود که موجب شده‌اند اسانس این گیاه به گزینه‌ای مناسب در حوزه‌های نگهدارنده‌های غذایی، داروسازی و فرآورده‌های درمانی طبیعی تبدیل گردد (Sefidkon et al., 2004; Hasanvandi et al., 2023). روش‌های سنتی استخراج اسانس مانند تقطیر با آب (Hydro-distillation)، تقطیر با بخار (Steam distillation) و استخراج به روش سوکسله (Soxhlet extraction) اغلب با محدودیت‌هایی نظیر مصرف بالای حلال، مدت زمان طولانی فرآیند، تخریب ترکیبات حساس به حرارت و بازده پایین همراه هستند (Fu et al., 2018; Hasanvandi et al., 2023). این محدودیت‌ها موجب گرایش پژوهشگران به توسعه روش‌های آماده‌سازی نمونه‌ای پایدار، کارآمد و گزینش‌پذیر در چارچوب اصول شیمی تجزیه سبز (Green Analytical

Chemistry) شده‌اند (Rutkowska et al., 2025). یکی از این روش‌های نوین، «میکرواستخراج با تک‌قطره» (Single-Drop Microextraction: SDME) است که به‌عنوان روشی مینیاتوری برای آماده‌سازی نمونه، سه مرحله استخراج، پیش‌تغلیظ و تزریق به دستگاه را در یک فرآیند تلفیق می‌کند (Fu et al., 2018). روش SDME توانایی قابل‌توجهی در استخراج ترکیبات فرار و نیمه‌فرار از ماتریکس‌های گیاهی پیچیده از خود نشان داده و با مزایایی نظیر مصرف اندک حلال، هزینه پایین و سهولت عملکردی همراه است (Fu et al., 2018; Rutkowska et al., 2025). به‌ویژه، گونه‌های پیشرفته‌تر این روش نظیر «میکرواستخراج با تک‌قطره از فضای فوقانی» (HS-SDME) و انواع اصلاح‌شده با مایعات یونی (IL-HS-SDME) در استخراج اسانس از گیاهان خشک‌شده‌ای نظیر اسطوخودوس با موفقیت به کار گرفته شده‌اند و ویژگی‌هایی چون حساسیت بالا، تداخل ماتریکسی کمتر و سازگاری زیست‌محیطی را نشان داده‌اند (Fu et al., 2018). از سوی دیگر، استفاده از حلال‌های سبز مانند مایعات یونی (Ionic Liquids: ILs) که با ویژگی‌هایی نظیر فشار بخار ناچیز، پایداری حرارتی و قطبیت قابل‌تنظیم شناخته می‌شوند، در روش SDME به‌طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. این ویژگی‌ها با گرایش‌های کنونی علم تجزیه در راستای توسعه روش‌های زیست‌سازگار و بدون کاهش کارایی استخراج هم‌راستا هستند (Rutkowska et al., 2025). بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف بهینه‌سازی پارامترهای مؤثر بر استخراج اسانس گیاه مرزه سهندی به روش میکرواستخراج با تک‌قطره طراحی گردید. در این راستا، شرایطی چون وزن نمونه، حجم حلال، زمان استخراج، توان مایکروویو و نوع حلال به‌دقت مورد بررسی و تنظیم قرار گرفتند تا روشی قابل‌اطمینان، تکرارپذیر و سازگار با محیط زیست برای جداسازی ترکیبات اسانس این گیاه ارائه گردد. این رویکرد، گامی مؤثر در بهبود پروتکل‌های تحلیلی استخراج اسانس‌های گیاهی بوده و می‌تواند به بهره‌برداری پایدار از منابع گیاهی بومی کمک شایانی نماید.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

مرزه سهندی در مرحله رویشی، در تابستان سال ۱۴۰۲ از استان آذربایجان شرقی، کوه سهند مراغه تهیه شده و در درجه حرارت اتاق خشک شدند.

اسانس‌گیری

۱۰۰ گرم از گیاه خشک شده مرزه سهندی با روش تقطیر با آب به وسیله دستگاه کلونجر به مدت ۱۲۰ دقیقه اسانس‌گیری گردید.

آماده‌سازی حلال استخراج‌کننده

ابتدا حلال استخراج کننده n- هپتادکان حاوی استاندارد داخلی تهیه شد. استاندارد داخلی هگزادکان استفاده گردید. جهت برداشتن حلال استخراج کننده، حداقل ۷ بار محلول استخراج کننده حاوی استاندارد داخلی، توسط میکروسرنگ کشیده و بیرون ریخته شد تا هرگونه آلودگی احتمالی از بین برود. در نهایت مقدار بیشتری از محلول استخراج کننده حاوی استاندارد داخلی کشیده شد تا هیچگونه حباب هوایی در سرنگ باقی نماند و حجم موردنظر تنظیم و آماده فرآیند استخراج گردید.

میکرواستخراج با میکروقطره از فضای فوقانی با کمک مایکرو ویو (MA-HS-SDME)

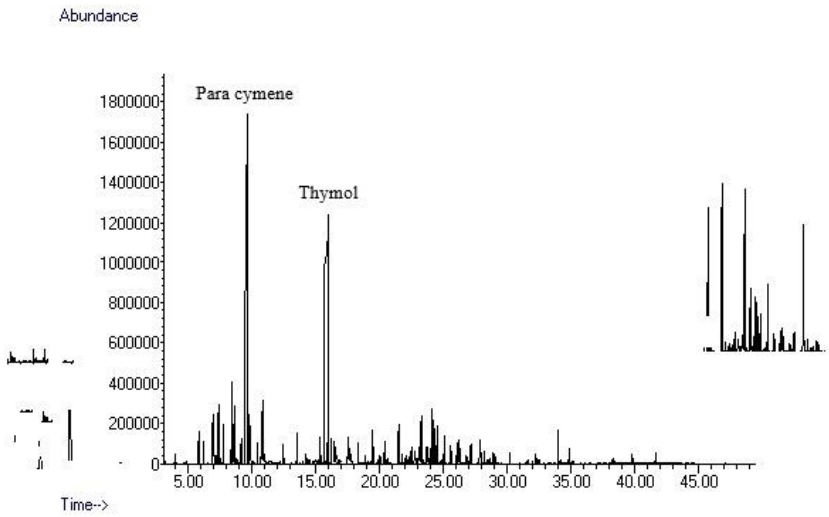
برای انجام میکرواستخراج با میکروقطره از فضای فوقانی مطابق روش Babashpour-Asl and Piryaei (۲۰۲۵) استفاده گردید.

بهینه‌سازی شرایط استخراج

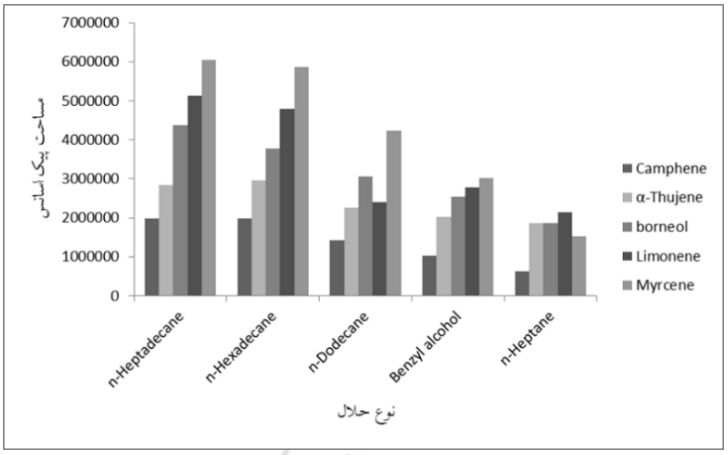
در استفاده از روش میکرواستخراج با قطره از فضای فوقانی عوامل متعددی بر میزان استخراج گونه‌ها تأثیرگذار هستند و برای حصول بالاترین میزان استخراج باید عوامل مؤثر بهینه گردند. در این تحقیق پس از انجام آزمایش‌های اولیه و حصول اطمینان از موفقیت روش، برای یافتن شرایط مناسب، پارامترهایی نظیر برنامه‌ریزی دمائی دستگاه GC-MS، مقدار نمونه، نوع و حجم حلال، دما و زمان استخراج که بر فرآیند استخراج مؤثرند، به شیوه one at the time بررسی و بهینه گشتند و پیک تعدادی از گونه‌ها در کروماتوگرام به عنوان مبنا در نظر گرفته شد. ارتفاع زیر منحنی گونه‌ها اندازه‌گیری شده و به ارتفاع پیک استاندارد داخلی تقسیم شده و نتایج به صورت مساحت ارتفاع نسبی هر گونه رسم شد.

نتایج

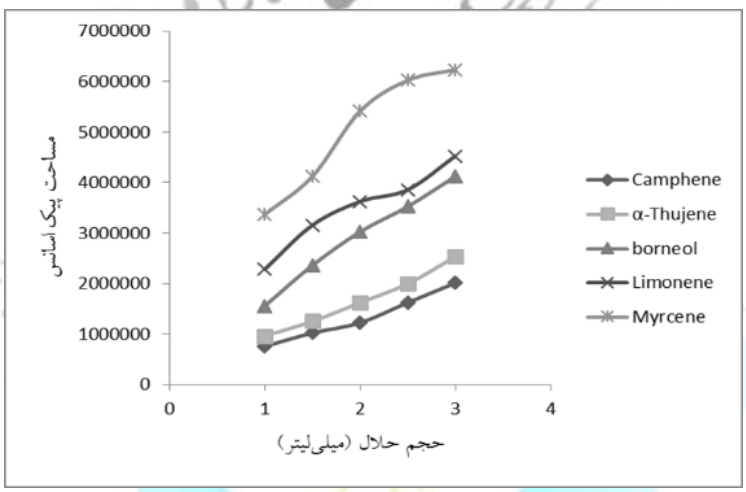
کروماتوگرام به دست آمده برای اجزای اسانس مرزه سهندی در شکل ۱ آمده است. دو ترکیب اصلی به دست آمده به ترتیب پارا-سایمن و تیمول بود. با توجه به قطبیت مواد متشکله و بررسی منابع، حلال‌های n- هپتادکان ، n- هگزادکان ، n- دودکان و بنزیل الکل مورد استفاده قرار گرفتند. در آزمایشات بدست آمده حلال هپتادکان با بیشترین میزان استخراج به عنوان حلال استخراج کننده (شکل ۲) و هگزادکان به عنوان اسناندارد داخلی برای استخراج اسانس مورد استفاده قرارگرفت.



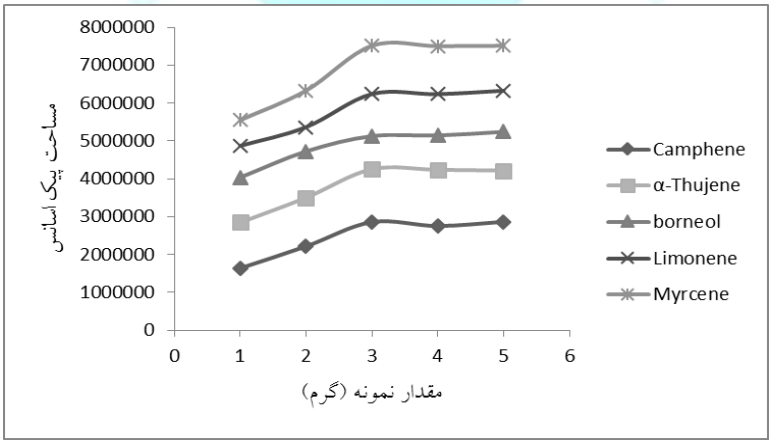
شکل ۱. طیف کروماتوگرام حاصل از ترکیبات اسانس گیاه مرزه سهندی



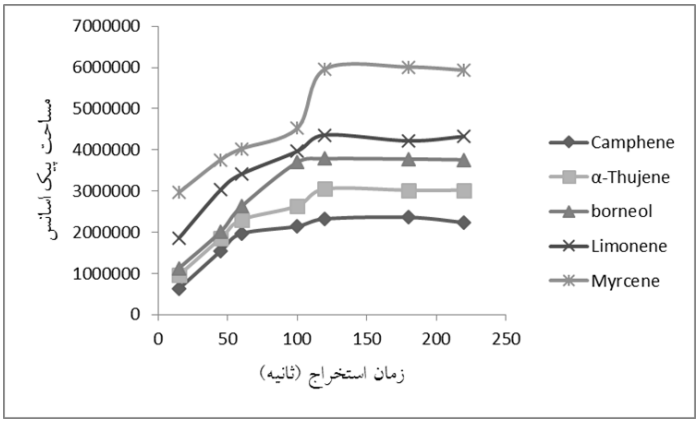
شکل ۲. تغییرات مساحت پیک اسانس بر حسب نوع حلال استخراج برای ۵ ترکیب انتخابی اسانس گیاه مرزه سهندی



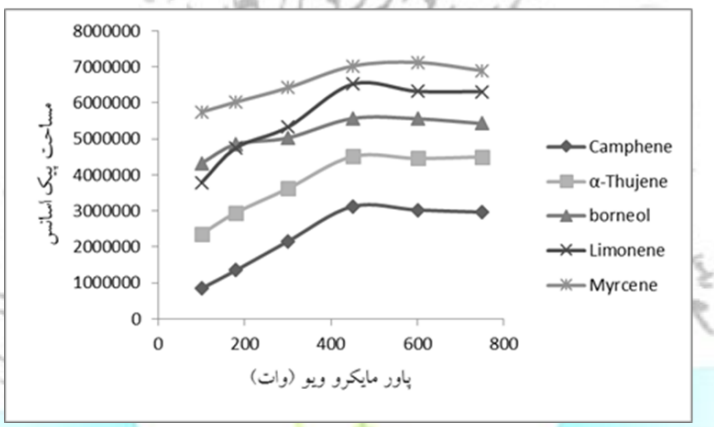
شکل ۳. تغییرات مساحت پیک اسانس بر حسب تغییر حجم حلال برای ۵ ترکیب انتخابی اسانس گیاه مرزه سهندی



شکل ۴. تغییرات مساحت پیک اسانس بر حسب تغییر مقدار نمونه برای ۵ ترکیب انتخابی اسانس گیاه مرزه سهندی



شکل ۵. تغییرات مساحت پیک اسانس بر حسب تغییرات زمان استخراج برای ۵ ترکیب انتخابی اسانس گیاه مرزه سهندی



شکل ۶. تغییرات مساحت پیک اسانس بر حسب تغییر پاور مایکروویو برای ۵ ترکیب انتخابی اسانس گیاه مرزه سهندی

در این مطالعه مقدارحلال مورد استفاده از ۱ تا ۳ میکرولیتر مورد آزمایش واقع شد. هرچه مقدار حلال افزایش یافت، میزان مواد اسانسی استخراج شده نیز افزایش یافت؛ اما بیش از ۳ میکرولیتر حلال از سوزن میکرو سرنگ سقوط می‌کرد و امکان اینکه حجم بیشتری از حلال را بتوان به صورت آویزان در فضای فوقانی قرار داد، وجود نداشت؛ بنابراین حجم انتخابی همان ۳ میکرو لیتر در نظرگرفته شد (شکل ۳). برای بررسی اثر مقدار گیاه بر مقدار اسانس استخراج شده، برای۱ تا ۵ گرم از گیاه بررسی شد. نتایج حاصله نشان داد که در بیش‌تر از ۳ گرم، مقداراسانس استخراج شده به مقدار ثابتی می‌رسد (شکل ۴). در بررسی اثر زمان بر مقدار اسانس استخراج شده، فرایند استخراج در بازه زمانی ۱۵ تا ۲۲۰ ثانیه بررسی شد. نتایج حاصله نشان داد که بعد از ۱۲۰ ثانیه، مقدار اسانس استخراج شده به مقدار ثابتی می‌رسد (شکل ۵). برای استخراج اسانس از فضای فوقانی، محلول نمونه در پاورهای مختلف مایکرو ویو از ۱۰۰ تا ۸۰۰ وات قرار گرفت. شکل ۶ مساحت پیک آنالیت در برابر پاور اعمال شده برای ۵ ترکیب انتخابی در اسانس گیاه مرزه سهندی را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل بیشترین راندمان استخراج در پاور ۴۵۰ وات مایکرو ویو بدست آمد.

بحث و نتیجه‌گیری کلی

ابتدا توانایی روش HS-SDME در استخراج ترکیبات اسانس از نمونه گیاهی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور با استفاده از n-هپتادکان به عنوان حلال، استخراج از فضای فوقانی نمونه گیاهی انجام پذیرفت و پس از تزریق قطره استخراجی به دستگاه GC-MS و مقایسه زمان بازداری، شاخص بازداری قابلیت این روش برای استخراج ترکیبات اسانس به اثبات رسید و نتایج نشان داد که این روش، توانایی استخراج ترکیبات اسانس از فضای فوقانی گیاه را دارا است. نتایج نشان داد که تکنیک HS-SDME می‌تواند با موفقیت جهت استخراج و آنالیز ترکیبات اسانس موجود در گیاهان مورد استفاده قرار گیرد. در این روش ترکیباتی که دارای نقطه جوش پائین و ثابت هنری بالایی هستند، به راحتی استخراج و آنالیز می‌شوند و ما می‌توانیم تمام ترکیبات موجود در اسانس را استخراج و آنالیز کنیم. مزیت این روش سادگی و سهولت کاربرد، زمان پیش تغلیظ کوتاه، مصرف کم حلال آلی، قابلیت اتوماسیون و هزینه پائین و برخی کاربردهای کموتاگزونومی، در شناسایی گونه‌های گیاهی است. روش بیان شده در مقایسه با روش HS-SPME از نظر دقت، سرعت و حساسیت تقریباً یکسان است. در روش‌های HS-SPME در گزینش فاز استخراجی با محدودیت مواجه بوده و در اثر استفاده متوالی بخشی از گونه به شکل واجذب نشده در فیبر باقی می‌ماند که بر نتایج اثر می‌گذارد. روش HS-SDME این محدودیت را ندارد و با حجم کمی از حلال قابل انجام است. اما با این وجود پیک حلال از محدودیت‌های این روش است.

منابع

Babashpour-Asl, M. and Piryaei, M. (2025). Comparison of hydrodistillation method and headspace single drop microextraction method (HS-SDME) using deep eutectic solvents to identify apple essential oil compounds. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 41* (2): 341-354.

Hasanvandi, S., Neisi, E., and Meshkat, M. H. (2023). Comparative analysis of essential oils from two *Satureja* species; extraction methods, chemical composition, and antimicrobial activities. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *50*, 102731.

Sefidkon, F., Jamzad, Z., and Mirza, M. (2004). Chemical variation in the essential oil of *Satureja sahendica* from Iran. *Food Chemistry*, 88(3), 325–328.

Fu, J., Zhu, Y., Liu, B., and Tang, J. (2018). Fe_3O_4 sphere-assisted microwave distillation coupled with ionic liquid-based HS-SDME for rapid analysis of essential oil in dried lavender. *Analytical Methods*, *10*, 321–330.

Rutkowska, M., Jatkowska, N., Marć, M., Bunkoed O., Morrison, C., and Płotka-Wasylka J. (2025). Forensic analysis towards green analytical chemistry: Developments and perspectives in sample preparation. *Comprehensive Analytical Chemistry*, In press.

Optimization of Extraction Conditions *for Satureja sahendica* Bornm. Essential Oil: A Single Drop Microextraction Approach

Marzieh Babashpour-Asl*
Department of Horticultural Science, Mar.C., Islamic Azad University, Maragheh, Iran
*Corresponding Author: babashpour@iau.ac.ir

Abstract

Satureja sahendica Bornm., a perennial plant from the Lamiaceae family and native to Iran, is widely valued for its aromatic and bioactive compounds, making it applicable in pharmaceutical, food, hygienic, and cosmetic industries. Traditionally, it has been used in Iranian medicine as a carminative, antispasmodic, antitussive, and digestive aid. This study investigates the effect of microwave energy on the extraction yield of volatile compounds (essential oil) from *S. sahendica* using two techniques: microwave-assisted headspace single-drop microextraction (MA-HS-SDME) and conventional hydrodistillation (HD). Key extraction parameters including sample weight (3 g), solvent volume (3 mL), extraction time (120 s), microwave power (450 W), and solvent type (n-heptadecane) were optimized. The findings demonstrated that MA-HS-SDME is a simple, rapid, and solvent-efficient technique that eliminates the need for preliminary sample preparation. This method can serve as an effective alternative to traditional extraction techniques such as liquid-liquid extraction (LLE) and solid-phase extraction (SPE). Compared to HD, the MA-HS-SDME method proved to be faster, more efficient, and more aligned with the principles of green analytical chemistry for the analysis of *S. sahendica* essential oil.

Keywords: Modern extraction, Lamiaceae, Volatile oil, Microwave.

کنگر فرنگی(*Cynara scolymus* L.)، گزینه‌ای مناسب برای تولید علوفه- دارو: ۲- اثر تراکم بوته، سیستم تغذیه و زمان برداشت بر کیفیت علوفه

نیما سرحدی[۱]، مجید آقاعلیخانی[۲*]، علی مختصی بیدگلی[۳] و جواد رضایی[۴]

۱- دانشجوی دکتری اگروتکنولوژی (گرایش اکولوژی گیاهان زراعی)، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۲- استاد گروه زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۳- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۴- دانشیار گروه علوم دامی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

*نویسنده مسئول: maghaalikhani@modares.ac.ir

چکیده

با هدف ارزیابی کیفیت علوفه کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.) تحت تاثیر تراکم (۵۷، ۶۷، ۸۰ و ۱۰۰ هزار بوته در هکتار)، سیستم تغذیه (شاهد ، شیمیایی، زیستی و تلفیقی) و زمان برداشت (۱۱۰ و ۱۶۰ روز بعد از کاشت) آزمایشی در سال‌های زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. فاکتوریل منابع نیتروژن و تراکم‌کاشت به عنوان عامل اصلی و زمان برداشت به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. صفات کیفی علوفه مشتمل بر قابلیت هضم ماده خشک (DMD)، کربوهیدرات‌های محلول در آب(WSC)، پروتئین خام(CP) ، دیواره سلولی منهای همی سلولز(ADF)، خاکستر کل(Ash)، فیبر خام(CF)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی(NDF) و درصد کلسیم و پتاسیم در ماده خشک علوفه بود. نتایج نشان داد تراکم کاشت تأثیری بر ارزش غذایی علوفه استحصالی نداشت. کوددهی (فارغ از شیوه تأمین کود) موجب بهبود کیفیت علوفه کنگر فرنگی برداشتی در فصول مختلف در مقایسه با شاهد شد. برهمکنش سه جانبه سیستم تغذیه × تراکم × زمان برداشت (N×D×H) برای صفات کیفیت علوفه مشتمل بر DMD، WSC، ADF، NDF، Ca وP معنی‌دار شد. تغذیه تلفیقی که با هدف کاهش ۵۰ درصدی کود شیمیایی طراحی و اعمال شده بود در بسیاری از صفات کیفی علوفه کنگر از جمله DMD، WSC، CF، ADF، NDF و کلسیم برتر از تغذیه شیمیایی ظاهر شد. افزایش دوره رشد رویشی کنگر از ۱۱۰ به ۱۶۰ روز با کاهش کیفیت علوفه همراه بود. تأثیر کود زیستی و نیز روش تلفیقی مشابه شیوه شیمیایی بود و درنتیجه بخوبی قابلیت جایگزینی با هدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی دارند.

واژه‌های کلیدی: آرتیشو، زراعت کم‌نهاده، کود زیستی، کیفیت علوفه، هضم‌پذیری علوفه

مقدمه

شناخت انواع خوراک‌ها و تأمین احتیاجات غذایی دام از اصلی‌ترین فعالیت‌های دامپروری محسوب می‌شود. امروزه کمبود منابع خوراکی (انرژی‌زا و پروتئینی) به عنوان مهم‌ترین عامل محدود کننده در توسعه دامپروری در بسیاری از کشورها و از جمله ایران بشمار می‌رود، با این حال اختلالات تغذیه‌ای و عدم تعادل خوراک مصرفی دام‌ها، نقش بسیار مهم و تعیین کننده‌ای دارد. از این رو شناخت ارزش غذایی و ترکیبات مغذی انواع خوراک‌ها به عنوان یک رشته اساسی، نقش بسیار مهمی در توسعه دامپروری دارند؛ چرا که با وجود اینگونه اطلاعات امکان تهیه و تنظیم

جیره‌های غذایی مناسب‌تر و همچنین استفاده بهینه از منابع بالقوه و محصولات جانبی کشاورزی در تولید فرآورده‌های دامی فراهم خواهد شد. هدف این پژوهش بهبود عملکرد کمی وکیفی کنگرفرنگی(*Cynara scolymus* L.) از خانواده میناسانان[1](به عنوان علوفه و خوراک دام) از طریق بکارگیری سیستم تغذیه ای بهینه و تراکم بوته مناسب می‌باشد.

کنگرفرنگی به عنوان علوفه سبز با قابلیت هضم بالای ماده آلی در تغذیه حیوانات نشخوار کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Christaki et al., 2012). علوفه کنگرفرنگی دارای مقادیر نسبتاً بالایی پتاسیم، آهن، منگنز و مس می‌باشد و در جیره غذایی گاو، دارای ارزش غذایی مشابه سیلوی ذرت است. همچنین تعادل اسیدهای آمینه در آن مناسب بوده و می‌توان از این گیاه در رژیم غذایی گاوهای گوشتی و شیری استفاده نمود (Meneses et al., 2007). در تولید گیاهان علوفه‌ای، علاوه بر عملکرد ماده خشک، کیفیت علوفه نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اصولاً کیفیت علوفه بیانگر ارزش غذایی و مقدار انرژی آن بوده و در حقیقت به مقدار ماده مغذی که حیوان در کوتاه‌ترین مدت ممکن از علوفه بدست آورد؛ اطلاق می‌شود.

عملکرد گیاه زراعی و کیفیت محصول به شدت تحت تأثیر تراکم یا تعداد بوته در واحد سطح می‌باشد. در هر گیاه زراعی از جمله کنگرفرنگی تعیین تراکم بهینه از عوامل مؤثر در بهره‌برداری مناسب از عوامل محیطی برای افزایش رشد و بهبود عملکرد کمی و کیفی می‌باشد. شایان ذکر است تعیین تراکم بهینه برای هر گیاه زراعی به شدت به ژنوتیپ محصول و شرایط محیطی از جمله نوع و مقدار کود در سیستم تغذیه بستگی دارد. بررسی تأثیر تراکم بوته (۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ بوته در متر مربع) و تعداد برداشت (سه، پنج و شش بار در سال) بر عملکرد برگ کنگر فرنگی نشان داد که دفعات برداشت کم منجر به افزایش عملکرد برگ در تمام سال شده و با افزایش تعداد دفعات برداشت میزان عملکرد کاهش پیدا کرد. همچنین عملکرد برگ در تراکم ۸ و ۱۶ بوته در متر مربع در مقایسه با چهار بوته در متر مربع بالاتر بود (Ali and Honermeier, 2011). در آزمایشی روی گیاه کنگرفرنگی درصد پروتئین در تیمار تراکم ۱۲ بوته در متر مربع برابر با ۱۰/۸۹ درصد شد؛ در حالی که بیشینه میزان پروتئین مربوط به تراکم ۱۰ بوته در متر مربع با میانگین ۱۵/۶۴ درصد بدست آمد (زارعی و همکاران، ۱۳۹۳).

در کشاورزی فشرده، کاربرد گسترده کودهای شیمیایی بویژه نیتروژن، حصول عملکرد بالا در گیاهان زراعی را تضمین می‌کند. این راهبرد متأسفانه باعث افزایش هزینه شده و احتمال آلودگی محیط زیست را افزایش می‌دهد. یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در بوم نظام زراعی با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه نهاده‌های شیمیایی است (آقاعلیخانی و همکاران، ۱۳۹۸). در تحقیقی به موازات کاربرد کود شیمیایی نیتروژنی و فسفردار استفاده از کودهای زیستی به ویژه ازتوباکتر و آزوسپریلیوم به افزایش رشد، عملکرد و کیفیت سورگوم علوفه‌ای کمک کرد (Kushwaha et al., 2018). همچنین در تحقیقی روی سه لاین خلر (*Lathyrus sativus*)، سیستم تغذیه دامی و زیستی با داشتن بیشترین درصد ماده خشک، قابلیت هضم، بالاترین درصد پروتئین و کمترین درصد دیواره سلولی به غیر از همی سلولز را داشت (آقاعلیخانی و همکاران، ۱۳۹۹). در گزارشی دیگر تلقیح بذرهای چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*) با مایه حاوی آزوسپریلوم، باسیلوس و سودوموناس در ترکیب با نصف مقدار معمول کود شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجب افزایش عملکرد در کاسبرگ و خصوصیات کیفی آن شد (Hassan, 2009).

1. Asteraceae

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل با آرایش کرت‌های خرد شده در زمان و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در تهران انجام شد. (شکل ۱). عوامل مورد بررسی در این آزمایش شامل چهار سیستم تغذیه‌ای (شاهد (بدون کود)، شیمیایی، زیستی و تلفیقی)، چهار تراکم بوته (۵۷، ۶۷، ۸۰ و ۱۰۰ هزار بوته در هکتار) و دو زمان برداشت تابستانی و پاییزی (۱۱۰ و ۱۶۰ روز بعد از کاشت) بودند. با توجه به نتیجه آمایش خاک قبل از کشت و غنی بودن خاک مزرعه از فسفر و پتاسیم سیستم‌های تغذیه مورد بررسی صرفا بر اساس تامین نیاز نیتروژنی گیاه از منابع مختلف، شیمیایی (اوره + محلول‌پاشی ریز مغذی‌ها)، زیستی (کاربرد کود زیستی بایوفارم به صورت بذرمال و همراه با آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر) و تلفیقی (اعمال کامل نسخه زیستی + ۵۰ درصد نسخه کودی شیمیایی) اجرا شد. ترکیب فاکتوریل منابع نیتروژن و تراکم‌کاشت به عنوان عامل اصلی و زمان برداشت به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. پیکر رویشی کنگر فرنگی در دو مرحله به ترتیب با عنوان برداشت دانه‌رست‌های تابستانه[1] (GSH) و دانه‌رست‌های پاییزه[2] (GFH) به ترتیب در زمان ۱۱۰ و ۱۶۰ روز پس از سبز شدن انجام شد و صفات کیفی علوفه مشتمل بر قابلیت هضم ماده خشک[3] (DMD)، کربوهیدرات‌های قابل حل در آب[4] (WSC)، درصد پروتئین خام[5] (CP)، درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز[6] (ADF)، درصد خاکستر کل (Ash)، درصد فیبر خام[7] (CF)، درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی[8] (NDF)، درصد کلسیم در ماده خشک علوفه (Ca)، درصد پتاسیم در ماده خشک علوفه (K) در نمونه‌های هر دو برداشت ارزیابی شد.

شکل ۱. مزرعه آزمایشی کنگرفرنگی در دانشگاه تربیت مدرس (سمت راست) و برداشت تابستانه پیکر رویشی کنگر(سمت چپ) در مرحله ۱۱۰ روز پس از سبز شدن)

1. Genet Summer Harvest
2. Genet Fall Harvest
3. Dry Mater Digestibility
4. Water Soluble Carbohydrate
5. Crud Protein
6. Acid Detergent Fiber
7. Crud Fiber
8. Neutral Detergent Fiber

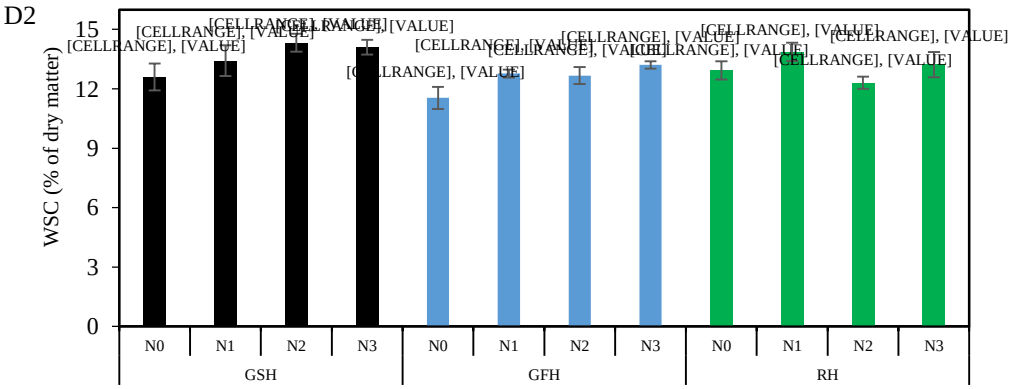
نتایج و بحث

برداشت در زمان‌های مختلف (تابستانه، پاییزه و رشد مجدد) اثر بسیار معنی‌داری بر تمامی صفات کمی و کیفی کنگر داشت. به طوری که برداشت تابستانه دانه رست‌های کنگر فرنگی، GSH (با ۱۱۰ روز رشد پس از سبز شدن) بیشینه عملکرد علوفه تر و خشک را به خود اختصاص داد و برداشت پاییزه دانه‌رست‌های کنگر، GFH با اینکه ۵۰ روز بیشتر از برداشت تابستانه رشد کرده بودند به ترتیب ۱۳ و ۱۹/۷ درصد کاهش در عملکرد علوفه تر و خشک نشان داد. کنگر فرنگی در تیمار تغذیه شیمیایی بالاترین شاخص سطح برگ (۸/۳۹) و بلندترین بوته‌ها با ارتفاع ۶۲ سانتی متر را احراز نمود. دو تیمار زیستی و تلفیقی بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر در جایگاه دوم قرار گرفتند. برهمکنش سه جانبه سیستم تغذیه × تراکم بوته × زمان برداشت (N×D×H) برای صفات کیفیت علوفه مشتمل بر DMD، WSC، ADF، NDF، Ca وP معنی‌دار شد(جدول ۱). گفتنی است سیستم تغذیه تلفیقی که با هدف کاهش ۵۰ درصدی کود شیمیایی طراحی و اعمال شده بود در بسیاری از صفات کیفی علوفه کنگر از جمله DMD،WSC، CF، ADF، NDF و کلسیم برتر از سیستم تغذیه شیمیایی ظاهر شد.

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات کیفی علوفه کنگر فرنگی تحت تاثیر تراکم کاشت و زمان برداشت

.Source of variation	DF	CP	DMD	WSC	ADF	Ash	CF	NDF	Ca	P
Block	2	7.14**	8.88*	0.23^{ns}	5.84^{ns}	2.79*	7.22^{ns}	7.14ns	0.037**	0.0044**
Nitrogen Source (N)	3	114.31**	34.53**	12.54**	8.64*	25.74**	160.34**	57.09**	0.154**	0.0233**
Density (D)	3	0.20^{ns}	1.62^{ns}	3.86**	1.45^{ns}	0.85^{ns}	48.70^{ns}	3.21^{ns}	0.007^{ns}	0.0037**
N × D	9	0.83^{ns}	3.82^{ns}	3.34**	3.62^{ns}	1.47*	18.41^{ns}	20.95*	0.016*	0.0067**
Error a	30	1.29	2.02	0.71	2.49	0.58	16.92	8.60	0.006	0.0004
Harvest (H)	2	177.88**	2990.82**	17.05**	164.59**	60.68**	204.00**	4561.15**	2.295**	0.3119**
N × H	6	9.42**	9.84*	7.17**	22.98**	10.33**	45.72*	54.48**	0.077**	0.0108**
D × H	6	0.75^{ns}	3.89^{ns}	2.64**	8.45**	1.13^{ns}	41.90^{ns}	84.71**	0.004^{ns}	0.0006^{ns}
N × D × H	18	1.65^{ns}	9.61**	1.38**	7.07**	1.26^{ns}	22.93^{ns}	26.77**	0.019**	0.0052**
Error b	64	0.97	3.67	0.39	1.43	0.82	19.24	7.91	0.006	0.0007
Sampling error	192	3.79	45.31	2.22	5.04	1.26	27.64	68.02	0.047	0.0054
CV (%)	-	17.54	8.79	11.19	8.02	9.96	18.43	18.33	16.40	20.02

بین عملکرد علوفه کنگر فرنگی و صفاتی همچون ارتفاع گیاه، شاخص سبزینگی، مقدار فسفر، خاکستر، کربوهیدرات‌های محلول در آب، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و شاخص سطح برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت. بر این اساس دو ترکیب تیماری تغذیه شیمیایی و تغذیه تلفیقی در برداشت تابستانه (N3 × GSH و N1× GSH) که از نظر عملکرد کمی علوفه تر و خشک رکورد دار و در یک گروه آماری بودند از نظر ویژگی‌های کیفی نیز بر سایر ترکیب‌های تیماری برتری نشان دادند. همچنین افزایش دوره رشد رویشی کنگر از ۱۱۰ روز به ۱۶۰ روز با کاهش کیفیت علوفه همراه بود. کاهش CP٪ (از ۱۲/۵ به ۱۰/۵٪)، Ash٪، WSC% (شکل ۲) و Ca٪ از یک سو و افزایش CF٪ و ADF٪ نسبت به برداشت تابستانی از سوی دیگر، گواه این مدعا است.



شکل ۲. برهمکنش منابع نیتروژن و زمان برداشت [برداشت تابستانه دانه‌رست (GSH)، برداشت پاییزه دانه‌رست (GFH) و برداشت ساقه‌رست (RH) پس از رشد مجدد] بر محتوای کربوهیدرات‌های محلول در آب (WSC) کنگر فرنگی در تراکم ۶۷۰۰۰ بوته در هکتار

نتیجه‌گیری

درمجموع، تراکم کاشت تأثیری بر ارزش غذایی علوفه استحصالی نداشت. کوددهی (فارغ از شیوه تأمین کود) موجب بهبود کیفیت علوفه کنگر فرنگی برداشتی در فصول مختلف در مقایسه با شاهد شد. تأثیر کود زیستی و نیز روش تلفیقی مشابه شیوه شیمیایی بود و درنتیجه بخوبی قابلیت جایگزینی با هدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی دارند. از تظر ارزش غذایی علوفه کنگر فرنگی برداشت‌شده در تابستان/پاییز حاوی غلظت مناسبی از اجزای فیبری بود و در دسته مواد بسیار خشبی قرار نمی‌گیرد. این خصوصیت در کنار محتوای CP مطلوب نشان می‌دهد که کنگر فرنگی در فصول مختلف قابلیت بهره‌برداری مناسبی به عنوان علوفه را دارد و حتی تا اواخر پاییز می‌تواند منبع مناسبی از علوفه تازه باشد.

منابع

آقاعلیخانی، م.، امینی، غ.، مدرس ثانوی، ع. م. (۱۳۹۸). عملکرد اقتصادی و ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه دارویی، صنعتی استویا تحت تأثیر نیتروکسین و محلول پاشی مخمر نان. مجموعه چکیده مقالات اولین همایش ملی شکلات و شیرین کننده‌های طبیعی. دانشگاه اصفهان.

آقاعلیخانی، م.، شمالی زاده، ز. و قلاوند، الف. (۱۳۹۹). تاثیر سیستمهای مختلف تغذیه ای (شیمیایی، آلی و تلفیقی) بر عملکرد و کیفیت علوفه سه لایتن خلر. علوم گیاهان زراعی ایران، ۵۱(۱): ۱۲۶-۱۱۵.

Ali, S. and Honermeier, B. (2011). Effect of harvest frequency and pant density on leaf yield and caffeoylquinic acids in artichoke (*Cynara cardunculus* L.). *Journal of Medicinal and Spice Plants*, 16(4), 162-170.

Christaki, E., Bonos, E., and Florou-Paneri, P. (2012). Nutritional and functional properties of Cynara Crops (Globe Artichoke and Cardoon) and their potential applications: A review. *International Journal of Applied Science and Technology*, 2(2): 64-70.

Hassan, F. A. S. (2009). Response of *Hibiscus sabdariffa* plant to some biofertilization treatments. *Journal Annals Agricultur Science*, 54(2): 437-445.

Kushwaha, M., Singh, M, Pandey, A. K, and Kar, S. (2018). Role of nitrogen, phosphorus and bio-fertilizer in improving performance of fodder sorghum-A Review. *Journal of Hill Agriculture*: 9(1):22-29.

Meneses, M., Megias, M. D., Madrid, J., Martinez-Teruel, A., Fernandez, F., and Oliva, J. (2007). Evaluation of the phytosanitary, fermentative and nutritive characteristics of the silage made from crude artichoke (*Cynara scolymus* L.) by-product feeding for ruminants. *Small Ruminant Research*, 70: 292-296.

Artichoke (*Cynara scolymus* L.), a suitable option as forage-medicine: 2-Evaluation of forage quality in response to plant density, nutrition system and harvest time

Nima Sarhaddy[1], Majid AghaAlikhani*[2], Ali Mokhtassi Bidgoli[3], Javad Rezaei[4]
1. PhD student of Crop Ecology, Tarbiat Modares University, Tehran
2. Professor, Agronomy Department, Tarbiat Modares University, Tehran
3. Associate Professor, Agronomy Department, Tarbiat Modares University, Tehran
4. Associate Professor, Department of Animal Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran
*Corresponding Author: maghaalikhani@modares.ac.ir

Abstract

An experiment was conducted at Tarbiat Modares University in the 2021 and 2022 growing season to evaluate the quality of artichoke forage under the influence of density (57, 67, 80 and 100 thousand plants per hectare), nutrition system (control, chemical, biological and integrated), and harvest time (110 and 160 days after planting). Nitrogen sources and planting density factorial were considered as the main factor and harvest time as the secondary factor. Forage quality traits included dry matter digestibility (DMD), water-soluble carbohydrates (WSC), crude protein content (CP), cell wall minus hemicellulose (ADF), total ash (Ash), crude fiber (CF), neutral detergent fiber (NDF), and calcium and potassium percentage in forage dry matter. The results showed that planting density had no effect on the nutritional value of forage. Fertilization improved the quality of harvested artichoke forage in different seasons compared to the control. The three-way interaction of nutrition system × density × harvest time (N × D × H) was significant for forage quality traits including DMD, WSC, ADF, NDF, Ca and P. Integrated nutrition which was designed and applied with the aim of reducing chemical fertilizer by 50%, appeared superior to chemical nutrition for many quality traits of artichoke forage, including DMD, WSC, CF, ADF, NDF and calcium content. Increasing the vegetative growth period of artichoke from 110 to 160 days was associated with a decrease in forage quality. The effect of biofertilizer and the integrated method was similar to the chemical method and, as a result, they are well suited to be replaced with the aim of reducing the use of chemical fertilizers.

Keywords: Artichoke, biofertilizer, forage digestibility, forage quality, low-input agriculture.

نقش و اهمیت گیاهان بومی در تحقق پدافند غیر عامل زیستی

داود محمدی*

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: mohamadi@azaruniv.ac.ir

چکیده

گیاهان به‌عنوان مهم‌ترین عامل حیات و پایه تمام زنجیره‌ها و شبکه‌های غذایی هستند. رشد و توسعه گیاهان و تنوع بسیار بالای آنها نشان از سازگاری با شرایط اقلیمی مختلف و ارتباط تنگاتنگ با گونه‌های مختلف جانوران گیاه-خوار است. گیاهان بومی به‌عنوان پایه مطالعات حوزه مقاومت در گیاهان همیشه مورد توجه محققین حوزه اصلاح نباتات بوده است. در بررسی حاضر به نقش و اهمیت گیاهان بومی در پایداری و تاب‌آوری زیست محیطی و سلامت انسان پرداخته شده است. مطالب ارائه شده از مقالات و مراجع معتبر جمع‌اوری شده و مورد بحث قرار گرفته است. اهمیت گیاهان دارویی که به‌صورت خودرو و با تنوع بسیار بالا در تمام اقلیم‌های متنوع کشور رشد و نمو می‌کنند، بسیار بالاتر از صرف حفظ پوشش گیاهی و نقش دارویی آنهاست. ارتباط بسیار پیچیده‌ای بین حشرات مختلف، شکارگرهای حشرات آفت، بیماری‌های گیاهی و گیاهان مختلف وجود دارد. گیاهان بومی حاوی متابولیت‌های موثر بر قارچ‌ها، باکتری‌ها و حشرات آفت هستند. نقش بسزایی در حفظ جمعیت گرده افشان‌ها دارند و از ایجاد گرد و غبار ناشی از خشکسالی و همچنین تخریب مراتع جلوگیری می‌کنند. از بعد دارویی و بهداشت گیاهان دارویی ثروت بسیار غنی و با ارزش با تنوع گونه‌ای و تیپ‌های جغرافیایی مختلف هستند که در تولید و معرفی گیاه دارویی و ساخت داروهای مختلف نقش بسزایی دارند. گونه‌های مهاجم گیاهی که به‌صورت طبیعی و یا خواسته و ناخواسته وارد فلور گیاهی کشور می‌شوند و به احتمال قوی قدرت رشد و سازگاری و تولید مثل خیلی بالاتری دارند، از مخاطرات جدی کشور به‌شمار می‌روند. در مجموع نقش گیاهان بومی و دارویی با توجه به مخاطرات واردات گیاهان و نقش آنها در سرکوب جدایه‌های بومی بسیار بالا است. اهمیت گیاهان بومی در حوزه‌های مختلف پدافند غیرعامل زیستی کاملا معنی‌دار است. در مقاله حاضر به نقش و اهمیت گیاهان مختلف بخصوص گیاهان بومی دارویی در تاب‌آوری در حوزه‌های مختلف اقتصادی، بهداشت و امنیت غذایی پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: تنوع زیستی، گونه مهاجم، داروی گیاهی، پدافند غیرعامل زیستی، کشاورزی پایدار

مقدمه

پدافند غیرعامل در حالت کلی به آگاهی و تامین زیرساخت‌های لازم برای تابآوری درحوزه‌های مختلف حیاتی کشور، در شرایط جنگی حاد و مزمن تعریف شده است. با توجه به پیچیدگی ارتباطات بین حوزه‌های مختلف پدافند غیرعامل، در بررسی حاضر به نقش و اهمیت گیاهان و بخصوص گیاهان دارویی بومی، به‌عنوان ابزاری نیرومند در تاب‌آوری در شرایط آفندی پرداخته شده است. پدافند غیر عامل زیستی در شش حوزه مختلف مورد بررسی و برنامه‌ریزی قرار می‌گیرد: این شش بخش شامل: غذا و امنیت غذایی، دارو، محیط زیست، دام و طیور و آب و هوا می‌باشد که در هر شش حوزه، گیاهان به‌عنوان منبع غذایی بشر به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم نقش دارد (Ghaleh et al. 2019). با توجه به

پیچیدگی و در هم تنیدگی ارتباطات مختلف بین تهدیدات زیستی مختلف، موارد عمده در خصوص توضیح نقش و اهمیت گیاهان در تحقق پدافند غیرعامل زیستی به شرح زیر در این مقاله بحث شده است:

- نقش گیاهان در زیست بوم‌های مختلف و تمدن بشر
- نقش گیاهان دارویی در سلامت جسمی افراد جامعه
- نقش گیاهان غیر زراعی بومی در حفظ جمعیت و تاب‌آوری گرده‌افشانها و عوامل کنترل بیولوژیک
- تولید اگروکمیکالهای مختلف از گیاهان برای نیل به امنیت و ایمنی غذایی پایدار
- خطر ورود گیاهان مهاجم در سرکوب گیاهان بومی
- نقش همزیست‌های گیاهان در افزایش مقاومت به استرس‌های زیست محیطی و کم آبی
- نقش گیاهان در زیست پالایی هوا و خاک
- نقش گیاهان در تامین ذخایر ژنتیکی با ارزش برای تولید گیاهان مقاوم با ژن بومی
- اهمیت گیاهان در جلوگیری از گسترش گرد و خاک و شکل‌گیری سیلاب‌ها و تخریب مراتع
- اهمیت گیاهان در تامین غذا و امنیت غذایی
- نقش متابولیت‌های گیاهان در کنترل پایدار آفات و بیماری‌های مختلف گیاهی
- تغییرات اقلیمی و تغییر در پوشش گیاهی و احتمال انقراض گیاهان بومی
- اقتصاد گیاهان و اشتغال، ارزآوری

نقش گیاهان در زیست بوم‌های مختلف و تمدن بشر

گیاهان به‌عنوان پایه شکل‌گیری زیست‌بوم، تامین کننده انرژی لازم برای حیات در کره زمین هستند و با استفاده از نور خورشید مواد غذایی لازم برای شروع زنجیره‌های غذایی مختلف را فراهم می‌کنند. شکل‌گیری تمدن‌های انسانی نیز در محل‌هایی با توان رشد گیاهان وابسته بوده است و اجتماعات انسانی و ساکن شدن وی نیز به نوعی وابسته به آب و گیاهان بوده است. در طول تاریخ بشر، این گیاهان زراعی و محصولات کشاورزی بوده‌اند که موجب برتری یک قوم و حتی دلیل جنگ‌های مختلف بوده است. بین‌النهرین مهد شکل‌گیری بزرگترین تمدن بشری به‌دلیل برخورداری از شرایط لازم برای کشت و کار و دامپروری بوجود آمده است. تنوع پوشش گیاهی و مراتع از نظر پرورش دام با اهداف تغذیه نوع بشر و پرورش اسب برای سفر و ابزار نیرومند جنگی فقط با پوشش گیاهی مناسب میسر بود. در دنیای کنونی نیز تراکم جمعیت در شرایط با اقلیم مناسب رشد گیاهان که آن هم در ارتباط با آب است بیشتر بوده و اغلب سرمایه‌گذاری‌ها چه از نظر اسکان، توریسم، مکان‌های تفریحی و غیره در این محل‌ها متمرکز است. مطالعات مختلف موید این نکته بسیار مهم است که در مناطق با پوشش گیاهی خوب، به‌دلیل افزایش میزان رطوبت هوا، احتمال باروری ابرها و بارندگی نیز بیشتر اتفاق می‌افتد. گیاهان به‌دلیل تامین غذای انسان، دام و طیور، حیوانات غیر اهلی مختلف، مهمتر از همه حفظ کمی آب روان و جلوگیری از سیلاب و گرد و خاک همیشه عنصری کلیدی در زندگی نوع بشر بوده است (Yue, and Chatalic, 2022).

نقش گیاهان دارویی در سلامت جسمی افراد جامعه

از زمان‌های بسیار دور گیاهان منبع اصلی فرآورده‌هایی بوده‌اند که در سلامت و برگرداندن سلامتی در افراد بیمار و صدمه دیده نقش داشته‌اند. منشا اغلب داروهای مصنوعی کنونی نیز گیاهان هستند. در واقع بزرگترین حکیمان و طبیبان در زمان حیات خود مطالعات مختلفی در این خصوص انجام داده و نتایج تحقیقات و تجربیات ایشان در قالب

کتب مختلف هنوز هم الهام بخش نوآوری‌های مختلف در صنعت دارو می‌باشند. کتب باارزشی مانند قانون، حشائش، مخزن الادویه، طب الصادق و طب النبی و چندین کتاب باارزش دیگر مواردی از این دست نوشتار موجود هستند. گیاهان دارویی به‌دلیل تنوع بسیار بالای خود بخصوص در سرزمین کهن و وسیع ایران، به‌صورت سنتی در درمان انواع بیماری‌ها و جلوگیری و پیشگیری از ابتلا به بیماری‌های مختلف اهمیت و نقش بسیار زیادی داشته‌اند. عصاره، عرقیات، پودر و ضماد گیاهان دارویی برای درمان بیماری‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند و صنایع مرتبط با این موضوع نیز مهم بوده و توسعه یافته است. خشک کردن و ذخیره گیاهان دارویی برای استفاده از آنها در فصول غیررشدی گیاهان، هنوز هم در بین خانواده‌های سنتی ایرانی به‌عنوان یک اصل مهم، پیوسته در حال انجام است. گیاهان دارویی گذشته از درمان انسان، در درمان انواع بیماری‌های حیوانات اهلی نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Smruti, 2021). شواهد متعددی مبنی بر استفاده از گیاهان دارویی در درمان بیماری‌های پوستی، گوارشی و مفصلی حیوانات اهلی وجود دارد. قبل از ورود چای به‌عنوان نوشیدنی روزانه مهم به ایران، دم کرده اغلب گیاهان بومی دارویی مانند؛ چای کوهی، آویشن، پونه و نعناع مورد استفاده عامه مردم قرار می‌گرفتند. در مجموع گیاهان دارویی بومی نقشی بسیار موثر در ارتقاء سلامت جوامع بشری داشته‌اند و هنوز هم در کشورهای مختلف و کشور ما، گیاهان دارویی به‌عنوان قابل قبولترین روش درمان غیرشیمیایی توسط عامه مردم پذیرفته شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نقش گیاهان غیر زراعی بومی در حفظ جمعیت و تاب‌آوری گرده‌افشان‌ها و عوامل کنترل بیولوژیک

از دیدگاه اکولوژیکی، گرده‌افشان‌ها و عوامل کنترل بیولوژیک ماکرو و میکرو، در افزایش بقاء و تاب‌آوری زیست‌بوم‌های زراعی و غیرزراعی نقش بسیار موثری دارند. انواع گرده‌افشانها که به‌عنوان ثروت باارزش یک اکوسیستم مطرح و عامل انتشار گرده و بذر گیاهان مختلف هستند، نقش بی‌بدیلی در پایداری و بقائ اکوسیستم‌ها داشته و به نوعی دوام و انتشار و بقاء آنها وابسته به گیاهان مختلف بومی غیرزراعی (بخصوص گیاهان گلدار) است. گیاهان غیر زراعی گلده در امر تغذیه این موجودات بسیار با ارزش نقش بسیار موثری دارند و خود این حشرات در یک ارتباط تکاملی نقش بسیار موثری در گرده افشانی گیاهان میزبان خود دارند (Fontaine et al., 2006). تنوع گیاهان (ایزوله‌های مختلف) به واسطه دگرگشنی، راز بقاء، سازگاری و ماندگاری گیاهان و حتی جانوران مختلف یک زیست بوم است. انواع حشرات شکارگر و پارازیتوئید آفات نیز به نوعی وابسته به این گیاهان هستند. کشت زراعی و باغی مصنوعی قادر به تامین نیازهای اولیه غذایی این عوامل کنترل بیولوژیک به‌صورت مستمر نیست. انسان با کشت و کار محصولات کشاورزی مختلف تغییر ژنتیکی یافته (اصلاح شده) که به‌دلیل یکنواختی بسیار بالای در زمان مشخصی رشد و نمو کرده و برداشت می‌شوند، عملا دسترسی حشرات مفید را به منابع غذایی با ارزش محدود کرده است. حفظ جمعیت و تنوع گیاهان بومی و غیر زراعی علاوه بر مزایای متعدد اکولوژیکی و محیط زیستی در حفظ جمعیت انواع گرده افشان‌ها و عوامل کنترل بیولوژیک نقش مهمی دارد. حفظ جمعیت حشرات مختلف در زیست بوم‌های طبیعی و اهتمام در راستای جلوگیری از کاهش تنوع زیستی در حفظ جمعیت و پایداری و تاب‌آوری عوامل کنترل بیولوژیک میکروبی نیز نقش دارد. معرفی جدایه‌های مختلف عوامل کنترل میکروبی از زیست بوم‌های مختلف و کارایی بسیار بالای آنها در کنترل آفات نشان از اهمیت بسیار زیاد حمایت از تنوع زیستی غیر زراعی برای حمایت و حفاظت از گنج‌های با ارزش و پنهان ملی دارد. اگر هزینه بسیار بالای سموم دفع آفات و صدمات مستقیم و غیر مستقیم آنرا به سلامت نوع بشر در نظر بگیریم متوجه اهمیت بالای گیاهان غیر زراعی خواهیم شد. استفاده از گرده‌افشان‌های غیر بومی در گلخانه‌ها، استفاده از عوامل کنترل بیولوژیک ماکرو و میکروی غیربومی ضمن ارزبری بالا، افزایش وابستگی، در ورود جمعیت‌های

مهاجم و غلبه بر جمعیت‌های بومی این عوامل با ارزش تاثیر دارد. این موضوع در حوزه پدافند غیر عامل نقش بسزایی دارد و باید به‌صورت مستمر پایش‌های لازم صورت پذیرد.

تولید اگروکمیکال‌های مختلف از گیاهان برای نیل به امنیت و ایمنی غذایی پایدار

ترکیبات شیمیایی متعددی در صنعت تولید محصولات کشاورزی در پروسه‌های مختلف کاشت، داشت و برداشت و انبارداری مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ترکیبات اغلب پایه شیمیایی مصنوعی داشته و هر چند برخی از این ترکیبات پایه زیستی دارند ولی در عمل اغلب آنها با روش‌های شیمیایی مصنوعی سنتز و فرموله شده و در سطح و مقادیر بسیار بالایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. قیمت تمام شده مناسب، قیمت بالای محصولات کشاورزی، افزایش تنوع و جمعیت آفات و بیماری‌های مختلف، افزایش مقاومت در سطوح مختلف و افزایش نیاز بشر به مواد غذایی موجب شده است که استقبال از این ترکیبات در جوامع کشاورزی بسیار بالا برود. خود این موضوع به‌عنوان یک معضل و هنجار در سلامت جوامع انسانی، کاهش تنوع زیستی، افزایش ضریب مقاومت بالا به سموم شیمیایی و مهمتر از همه افزایش وابستگی (لزوم واردات مکرر و انواع مواد شیمیایی) به این ترکیبات برای مدیریت آفات مختلف و رشد و نمو گیاهان شده است. در بحث امنیت و ایمنی غذایی این ترکیبات در راس مواردی قرار دارند که تصمیم‌گیری در خصوص استفاده یا میزان استفاده و حتی قوانین و مقررات مربوطه را بسیار دشوار کرده است. در این میان ترکیبات گیاهی منبع متابولیت‌های مختلفی هستند که می‌توانند حداقل جایگزین بخشی از این ترکیبات شیمیایی باشند. مطالعات بسیار زیادی در خصوص تاثیر متابولیت‌های گیاهی بر آفات مختلف اعم از حشرات، کنه‌ها، قارچ‌ها، باکتری‌ها و حتی علف‌های هرز صورت گرفته است (Mohammadi et al., 2024). متابولیت‌های گیاهی مزایای متعددی دارند که نشان از پتانسیل بسیار بالای آنها در مدیریت موثر و کارآمد آفات مختلف است. امنیت نسبی بالا نسبت به انسان و موجودات غیر هدف، زیست تخریب پذیری بالا، سازگاری با محیط زیست و پتانسیل تلفیق با سایر روش‌های کنترل از مهمترین مزایای متابولیت‌های گیاهی به‌شمار می‌روند. با افزایش سهم این ترکیبات در کنترل آفات و بیماری‌های مختلف می‌توان ضمن کنترل موثر آفات از معایب و مضرات روش کنترل شیمیایی مصنوعی نیز جلوگیری کرد. گردش مالی ترکیبات شیمیایی مصنوعی نشان از کاربرد بسیار وسیع و لجام گسیخته این ترکیبات در صنعت کشاورزی و فرآوری محصولات کشاورزی دارد. ترویج استفاده از ترکیبات شیمیایی مشتق شده از گیاهان، هزینه‌کرد در راستای تحقیقات بیشتر و فرمولاسیون موثر این ترکیبات و قوانین بازدارنده در راستای افزایش مصرف بی‌رویه ترکیبات شیمیایی مصنوعی در نیل به کشاورزی پایدار و امنیت و ایمنی غذایی بسیار موثر خواهد بود. در واقع این پتانسیل گیاهان دارویی، ارتباط مستقیمی در افزایش ضریب موفقیت در تحقق پدافند غیر عامل زیستی دارد.

خطر ورود گیاهان و جانوران مهاجم در سرکوب گونه‌های بومی و کاهش تنوع زیستی

در تاریخچه توسعه و گسترش آفات مختلف، موضوع ورود آفات به کشور موضوعی بسیار تاثیرگذار در بحث مدیریت آفات است. گونه‌های مهاجم ضمن قدرت سازگاری بسیار بالا، نبود دشمان طبیعی و سرعت رشد و نمو بالا، به سرعت تبدیل به یک معضل شده و در مدت زمان کوتاهی تبدیل به یک مساله امنیتی می‌شوند. گیاهان، عوامل کنترل زیستی، عوامل میکروبی همزیست ریشه و یا بیوکنترل آفات به‌صورت خواسته و یا ناخواسته وقتی وارد یک منطقه جدید می‌شوند، ضمن احتمال بالای تبدیل شدن به یک آفت جدی، نقش بسزایی در تسخیر زیست‌گاه‌ها با قدرت رقابت بالا و نبود عوامل سرکوب کننده طبیعی بومی دارند و به مرور زمان تنوع زیستی در منطقه کاهش یافته، گونه‌ها و یا حتی جدایه‌های مختلف جانوری و گیاهی به شدت کاهش پیدا می‌کند (Burgiel and Muir 2010). قرنطینه

داخلی و خارجی نقش بسزایی در کاهش احتمال ورود عوامل ناخواسته دارد. با وجود سختگیری در این حوزه، سالانه علف‌های هرز و آفات مختلف توسط بذر، گل‌های شاخه بریده، نشاء و نهال وارد کشور می‌شوند. سابقه تاریخی جنگ‌های بیولوژیکی نشان داده است که این عوامل در صورت عدم مدیریت ورود و خروج، تهدیدی جدی بر امنیت غذایی و محیط زیست پایدار هستند.

نقش همزیست‌های گیاهان در افزایش مقاومت به استرس‌های زیست محیطی و کم آبی

در گیاهان مختلف با توجه به اقلیمی که در آن رشد و نمو می‌کنند ویژگی‌هایی برای غلبه بر استرس‌های زنده و غیرزنده تکامل یافته است. مسیرهای بیوشیمیایی مختلف، تغییر در بافت گیاهی (ضخامت و رشد خار و کرک)، تولید متابولیت‌های ضد استرس و همزیست‌های مختلف گیاهی مواردی هستند که در تاب‌آوری محیطی گیاهان نقش عمده‌ای دارند. همزیست‌های قارچی، مخمر و یا باکتریایی بخصوص در ناحیه ریزوسفر گیاهان میزان، مقاومت گیاهان را نسبت به تنش‌های مختلف افزایش می‌دهند. استفاده از جدایه‌های مختلف این همزیست‌ها در گیاهان زراعی و باغی به‌صورت فرموله شده در سال‌های اخیر تبدیل به موضوعی کاربردی در کشاورزی مدرن شده است. این ترکیبات بخصوص در کاهش نیاز آبی محصولات کشاورزی نقش مهمی دارند. در این بین معرفی میکروبیوم همزیست سازگار با گیاهان مختلف، در شرایط رشدی متفاوت (گلخانه، باغ و یا زمین زراعی) و بافت متفاوت خاک، در حصول نتیجه نهایی مورد نظر (افزایش تاب‌آوری در مقابل تنش‌های محیطی و نشو و نمای بیشتر) نقش کلیدی دارد (Devi et al., 2023). با توجه به غنای بسیار بالای فلور گیاهی، باکتریایی و تنوع بسیار بالای اقلیم‌های کشاورزی و مراتع، کشور ما پتانسیل بسیار بالایی در این حوزه دارد. در مواردی ارزش یک جدایه باکتری همزیست به قدری بالاست که ارزش سرمایه‌گذاری و صادرات پیدا کرده و به عنوان محصولی استراتژیک شناخته میشود. لزوم حفاظت و حمایت از این گنج پنهان کشور و شناسایی و مطالعه خواص و فرمولاسیون آنها می‌تواند در نیل به کشاورزی پایدار با وجود انواع استرس‌های زنده و غیر زنده اعم از خشکسالی، شوری خاک و آفات و بیماری‌های مختلف، نقش بسزایی داشته باشد.

نقش گیاهان در زیست پالایی هوا و خاک

گیاهان مختلف بخصوص گیاهان تیره چغندر، گل مرکبیان، پوآسه و سرخس‌ها نقش بسیار موثری در پالایش خاک با روش‌های مختلف مانند؛ Phytoextraction، Phytodegradation، Phytostabilization، Phytovolatilization و Rhizofiltration دارند. فلزات سنگین، مواد نفتی، ترکیبات حاوی نیتروژن، کربن و سایر مواد شیمیایی آلوده کننده بافت خاک با استفاده از گیاهان مختلف قابلیت حذف و یا تثبیت را دارند (Ali et al., 2013). همچنین گیاهان بیشترین سهم را در کاهش کربن جو و تثبیت آن با تولید مواد قندی مختلف دارند. اصولا هر فعالیت افزاینده کربن و یا آلوده کننده خاک و هوا باید با کشت گیاهان با توان زیست‌پالایی مناسب جبران شود. همچنین گیاهان در کاهش گرد و خاک و دود حاصل از فعالیت‌های کارخانجات و ماشین‌آلات نقش بسیار ارزنده‌ای دارند (Chandni et al. 2024).

نقش گیاهان در تامین ذخایر ژنتیکی با ارزش برای تولید گیاهان مقاوم با ژن بومی

موفقیت در تولید گیاهان تراریخت، مستلزم برآیند فاکتورهای مختلفی است که ژن عامل مقاومت مهمترین عنصر به‌شمار می‌رود. ژرم پلاسم‌های مختلف که در کشورهای مختلف به‌عنوان بانک ژن نگهداری می‌شوند ارزش مادی بسیار بالایی دارند. گیاهان بومی بهترین منبع ژنتیکی جهت تولید گیاهان مقاوم هستند (Narango et al., 2017). ارزش این ذخایر به قدری بالاست که در کشوری مثل ایالات متحده آمریکا نمونه‌هایی از ژرم پلاسم‌های بیش از ۱۲

هزار گونه گیاهی فقط از ایران نگهداری می‌شود. موارد ناشناخته بسیار زیادی نیز وجود دارد. این موضوع بخصوص در مورد گیاهان زراعی و باغی بومی کشور اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. ارقام بومی درختان و حتی محصولات سبزی و صیفی، بهترین پایه از نظر مقاومت به استرس‌های مختلف به‌شمار می‌روند. ژن‌های مختلف کد کننده متابولیت‌های موثر بر رفتار و بیولوژی آفات، جلب دشمنان طبیعی، غلبه بر رشد قارچ و باکتری‌های پاتوژن گیاهی در گیاهان مختلف شناسایی و در بانک ژن نگهداری می‌گردد. لزوم حمایت از محققین این حوزه و مطالعات هدفمند کشور را در این حوزه بی‌نیازخواهد کرد.

اهمیت گیاهان در جلوگیری از گسترش گرد و خاک و شکل‌گیری سیلاب‌ها و تخریب مراتع

نقش گیاهان مرتعی در مهار سیلاب و برخواستن گرد و خاک مشخص بر کسی پوشیده نیست. پوشش گیاهی مانعی در مقابل تولید ریزگردها بوده و انسجام بافت خاک برای شکل‌گیری سیلاب را افزایش می‌دهند. گیاهانی مانند یوشان، گون، چمن، کاکوتی و چندیدن و چند گیاه چندساله که ریشه‌های عمیقی دارند عامل بسیار موثری در کاهش احتمال تشکیل کانون‌های سیل و گرد و خاک و حتی بهمن هستند. با توجه به پتانسیل گیاهان بومی برای رشد و نمو در شرایط های کلیمایی مختلف کشور، ترویج و کشت و کار این گیاهان ضمن افزایش اشتغال و درآمدزایی در حفاظت از خاک و زمین در مقابل فرسایش ناشی از سیل و ریزگرد نیز موثر است. از آفندهای محیط زیستی کشور بحث فرسایش خاک، گرد و غبار و طوفان شن و نمک است که با استفاده از گیاهان بومی به راحتی قابل کنترل است (Ogle and Jame, 2004).

اقتصاد گیاهان دارویی، اشتغال و ارزآوری

گیاهان دارویی با فرآیندهای، تولید، فرآوری، فروش، درمان و صادرات گیاهان مختلف به‌عنوان بخش موثری در اقتصاد و اشتغال مطرح هستند. استفاده درصد معنی‌داری از مردم از گیاهان دارویی، تنوع بسیار بالای گیاهان دارویی در کشور، کارخانجات تولید عرقیات گیاهی، اسانس و رنگ‌های طبیعی و موارد متعدد اقتصادی دیگر، مبین تاثیرگذاری قابل قبول گیاهان دارویی بر اقتصاد کشور و بحث اشتغال است. برخی گیاهان دارویی که به‌عنوان ادویه، رنگ و یا داروهای خاص کاربرد دارند از نظر کشت و کار نیز درصد قابل توجهی از سطح زیر کشت زمین‌های زراعی را به خود اختصاص داده‌اند. این امر از نظر تاب‌آوری اقتصادی و رفع نیازهای دارویی خاص در شرایط خاص بحرانی می‌تواند نقش مثبتی داشته باشد. ارزآوری بالای صادرات محصولات دارویی گیاهی و فرآورده‌های آن نیز در ادامه بحث اشتغال اهمیت زیادی برای تولیدکنندگان و صنایع فرآوری وابسته به گیاهان دارویی دارد.

با در نظر گرفتن مجموعه عوامل بررسی شده به نظر می‌رسد نباید از جایگاه و ارزش گیاهان و بخصوص گیاهان دارویی به‌عنوان یک پدافند غیرعامل در بحران‌های مختلف غافل بود. و اینکه اهمیت این حوزه و بخصوص ارزش مطالعات علمی در این خصوص را نباید دست کم گرفت، قرنطینه به‌عنوان فاکتوری موثر در کاهش واردات و قاچاق مواد گیاهی و یا ترکیبات آنها نیز اهمیت زیادی دارد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به مطالب مندرج در مقاله حاضر، نقش بسیار مهم گیاهان و بخصوص گیاهان بومی در تاب‌آوری در حوزه‌های مختلف پدافند غیر عامل زیستی مشخص می‌گردد. گیاهان بومی دارویی پتانسیل بسیار بالایی در حوزه درمان و دارو به‌صورت سنتی و مدرن دارند. تنوع بسیار بالای گیاهان بومی با توجه به تنوع اقلیم در کشور، می‌تواند

ضمن حل مشکلات مختلف موجود، در اشتغالزایی و حتی تغییر الگوی کشت با توجه به بحران آب و تغییرات اقلیمی نقش موثری داشته باشد. حفظ ذخایر ژنتیکی کشور و کنترل موثر بر واردات محصولات کشاورزی مختلف امری بسیار حیاتی در دستیابی به امنیت غذایی پایدار می‌باشد. نقش گیاهان بومی در جلوگیری از شکل‌گیری گرد و خاک و سیل، پالایش خاک و کاهش آلودگی هوا و تثبیت کربن نیز بسیار مهم است که با بحران‌های کنونی می‌توان با سرمایه‌گذاری مناسب از این پتانسیل استفاده کرد. موضوع بسیار مهمتر دیگر در حوزه گیاهان، استفاده از متابولیت‌های گیاهی در مدیریت آفات است که متاسفانه در سال‌های گذشته تمرکز بر واردات و فرمولاسیون‌های شیمیایی مصنوعی بوده است که سلامت انسان و محیط زیست را به شدت تهدید کرده و در بحث صادرات محصولات کشاورزی بسیار با ارزش تاثیر منفی داشته است. در حالت کلی شناسایی، آنالیز شیمیایی ترکیبات، بررسی اثرات دارویی و بیولوژیکی، اهتمام در حفظ گیاهان بومی و مقررات سختگیرانه‌تر در ورود و خروج گیاهان، می‌تواند در حفظ و تداوم پتانسیل گیاهان بومی در حوزه‌های مختلف پدافند زیستی موثر باشد.

منابع

Ali, H. Khan, E. and Muhammad, AS. (2013). Phytoremediation of heavy metals-concepts and applications. Chemosphere. 91. 10.1016/j.chemosphere.2013.01.075.

Burgiel, S. and Muir, A. (2010). Invasive species, climate change and ecosystem-based adaptation: addressing multiple drivers of global change global invasive species programme. 10.13140/2.1.1460.8161.

Chandni, AS. Arvind, G. Sayantan, D. (2024). Phytoremediation: An eco-friendly solution for environmental contamination. International Journal of Advanced Research in Science Communication and Technology. 4. 2581-9429. 10.48175/IJARSCT-18774.

Devi, N., Debbarma, M. Hajong, M. Satyanarayana, M. Thokchom, S. and Majumder, D. (2023). Rhizosphere microbiome: Interactions with plant and influence in triggering plant disease resistance. In: Detection, diagnosis and management of soil-borne phytopathogens (pp.329-369) 10.1007/978-981-19-8307-8_13.

Fontaine, C. Dajoz, I., Mériguet, J. and Loreau, M. (2006). Functional diversity of plant–pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. *PLoS biology*. 4. e1. 10.1371/journal.pbio.0040001.

Ghaleh, HEG. Farajzadeh, MA. Jafari, M. and Shadbad, NN. (2019). The safety of genetic reserves in bioterrorism from the passive defense perspective. Romanian Journal of Military Medicine 3:120-127.

Mohammadi, D. Rashki Hervan, F. and Farshbaf Pourabad, R. (2024). Effect of formulated essential oil of Ajwain, *Trachyspermum ammi* (L.) on some biological and physiological parameters of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. *Biological Control of Pests and Plant Diseases*, 11 (2), 95-113. DOI: https://doi.org/10.22059/jbioc.2024.370937.328

Narango, D. Tallamy, D. and Marra, P. (2017). Native plants improve breeding and foraging habitat for an insectivorous bird. *Biological Conservation*. 213. 10.1016/j.biocon.2017.06.029.

Ogle, K. and James R. (2004). Plant responses to precipitation in desert ecosystems: Integrating functional types, pulses, thresholds, and delays. Oecologia. 141. 282-94. 10.1007/s00442-004-1507-5.

Smruti S. (2021). “Role of medicinal plant in human health perspective”. *Acta Scientific Agriculture* 5.6, 65-68.

Yue, Y. and Chatalic, M. (2022). Herbs and the evolution of human societies. Cambridge Scholars Publishing, pp 315

Function and Importance of Native Plants in Passive Defense Achievement

Davoud mohammadi*
Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: mohamadi@azaruniv.ac.ir

Abstract

Plants are the most important factor of life and the basis of all food chains and webs. The growth and development of plants and their high diversity indicate their adaptation to different climatic conditions and their close relationship with different species of herbivorous animals. Native plants, as the basis of studies on plant resistance, have always been of interest to researchers in the field of plant breeding. The present study addresses the role and importance of native plants in environmental sustainability and resilience and human health. The presented material has been collected and discussed from reliable articles and references. The importance of medicinal plants, which grow and develop freely and with great diversity in all the diverse climates of the country, is more important than simply vegetation cover and their medicinal role. There is a very complex relationship between various insects, insect pest predators, plant diseases and various plants. Native plants contain metabolites that are effective on fungi, bacteria and insect pests. They play a significant role in maintaining the population of pollinators and prevent the creation of dust caused by drought and the destruction of pastures. From the perspective of medicine and health, medicinal plants are a very rich and valuable wealth with a variety of species and different geographical types that play a significant role in the production and introduction of medicinal plants and the manufacture of various medicines. Invasive plant species that enter the country's plant flora naturally or intentionally and unintentionally with higher growth, adaptation and reproductive potential are considered serious threats to the country. Overall, the role of native and medicinal plants is very high considering the risks of plant imports and their role in suppressing native isolates. The importance of native plants in various areas of passive biological defense is quite significant. This article discusses the role and importance of various plants, especially indigenous medicinal plants, in resilience in various economic, health and food security areas.

Keywords: Biological passive defense, Diversity, Invasive species, Medicinal plants, Sustainable agriculture

بررسی ریزریخت‌شناسی جنس *Melilotus* (تیره نخود) در ایران

زهرا ناظم بکایی[۱]، مریم کشاورزی[۱*]، راحله طبری‌پور[۱]، سمانه پورعلی[۱]
۱- گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران)
*نویسنده مسئول: m.keshavarzi@alzahra.ac.ir

چکیده

جنس یونجه باغی (*Melilotus* (L.) Mill.) از تیره نخود (Fabaceae) با سه گونه شناخته‌شده در ایران (*M. indicus, M. albus, M. officinalis*)، حاوی ترکیبات ارزشمند دارویی چون کومارین، ملیلوتین، اسیدهای فنلی، فلاونوئیدها، استروئیدها، ساپونین‌ها روغن‌های فرّار، تری‌ترپن‌ها، قندها، گلیکوزیدهای آنتراکوئینونی، موسیلاژ و تانن است. این مواد در مجموع دارای خواص آنتی اکسیدانی، ضد التهابی، محافظ، شل کننده عضلات صاف، ضد سرطان و بسیاری خواص دیگر هستند. در مطالعات پیشین، ارزش صفات تشریحی، خصوصیات دانه‌های گرده و برخی خصوصیات ریز ریختی سطح برگ در سایر جنس‌های این تیره ارزیابی شده و در شناسایی گونه‌ها ارزشمند شناخته شده است. در تحقیقات بسیاری از محققین در باره اعضای تیره نخود به ارزش بررسی ریزریخت شناسی سطح دانه و میوه اشاره شده است. با توجه به تنوع زیستگاهی این گیاهان دارویی، در پژوهش حاضر به قصد یافتن صفات دارای ارزش تشخیصی، به ارزیابی تنوع ریز ریخت‌شناختی سطح برگ، سطح گلبرگ، سطح میوه و دانه‌های گرده سه گونه این جنس در ایران، پرداخته شده است. بررسی ویژگی‌های سطح بخش‌های مختلف توسط میکروسکوپ الکترونی صورت گرفت. داده‌های حاصل با روش‌های آماری چندمتغیره تجزیه و تحلیل شد. یافته‌ها نشان داد با مجموعه صفات ارزیابی شده گونه‌های این جنس به خوبی از یکدیگر تفکیک می‌شوند. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان می‌دهد که صفات دو عامل اول بیشترین همبستگی را با تنوع مشاهده شده دارند. در عامل اول صفت طول آپوکلپوریوم دانه‌های گرده و وضعیت سطح پشت برگچه به تنهایی بیشترین نقش را در تنوع مشاهده شده دارا هستند. نوع الگوی مشبک سطح دانه گرده و شکل دیواره‌های آنتی‌کلاینال و کرک‌پوش سطح پشتی برگچه در عامل دوم واجد اهمیت‌اند. نتایج مشخص ساخت که صفات انتخابی در شناسایی و تفکیک گونه‌های *Melilotus* کارآمدند.

واژه‌های کلیدی: ایران، دانه گرده، ریز ریخت‌شناسی، کرک‌پوش، یونجه باغی.

Micromorphological Study of the Genus *Melilotus* (Fabaceae) in Iran

Zahra Nazem Bokaee[1], Maryam Keshavarzi[1]*, Raheleh Tabaripour[1], Samaneh Pourali[1]
1. Department of Plant Sciences, Faculty of Biological Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran
*Corresponding Author: m.keshavarzi@alzahra.ac.ir

Abstract

The genus *Melilotus* (L.) Mill. (Fabaceae) with three identified species in Iran (*M. albus*, *M. indicus*, *M. officinalis*) contain valuable medicinal compounds such as coumarin, melilotin, phenolic acids, flavonoids, steroids, saponins, volatile oils, triterpenes, sugars, anthraquinone glycosides, mucilage, and tannins. These substances collectively exhibit antioxidant, anti-inflammatory, protective, smooth muscle-relaxing, and anticancer properties, among other effects. In previous studies, the value of anatomical traits, pollen grain characteristics, and some micromorphological characteristics of the leaf surface in other genera of the family have been evaluated and are considered valuable in species identification. In many studies on members of the Fabaceae, the value of studying the micromorphology of the seed and fruit surface has been pointed out. Considering the habitat diversity of these medicinal plants, in the present study, to find diagnostic value, the evaluation of the micromorphological diversity of the leaf, petal and fruit surface, and pollen grains of three species of this genus in Iran was carried out. The surface characteristics of different parts were examined by electron microscopy. The resulting data were analyzed using multivariate statistical methods. The findings showed that the species studied are separated by a selected set of characters. Principal component analysis shows that the traits of the first two factors have the highest correlation with the observed diversity. In the first factor, the length of the pollen grain apocolporium and the condition of the leaflet dorsal surface alone play the largest role in the observed diversity. The type of reticulation pattern of the pollen grain ornamentation, the shape of the anticlinal walls and the dorsal surface of leaflet indumentum are important in the second factor. The results showed that the selected traits are effective in identifying and distinguishing *Melilotus* species.

Keywords: Indumentum, Iran, *Melilotus*, Micromorphology, Pollen grain.

کاربرد مریم‌گلی و مازو در فرمولاسیون‌های ضد تعریق طبیعی

عارفه ابراهیمی*

گروه کشاورزی، دانشگاه جامع علمی کاربردی مرکز آموزش علمی کاربردی کشاورزی بهارآوران نسترن، قم

*نویسنده مسئول: Arefeheb69@gmail.com

چکیده

دئودورانت‌ها از جمله محصولات پرکاربرد مراقبت شخصی هستند؛ اما نگرانی‌هایی در مورد احتمال سمیت آنها و نقششان در آلودگی هوا و آب و همچنین تأثیرات بالقوه بر سلامت انسان مطرح شده است. میزان سمیت ترکیبات دئودورانت، از جمله مواد معطر، ترکیبات ضدباکتری، ترکیبات آلومینیومی و نگهدارنده‌ها، وابسته به ساختار شیمیایی آنها است. بسیاری از این مواد شیمیایی با بروز عوارض ناخوشایندی نظیر التهاب‌های پوستی، واکنش‌های آلرژیک، اختلالات هورمونی و مشکلات تنفسی مرتبط شناخته شده‌اند. در طب ایرانی از گیاهانی دارویی به‌عنوان ضد تعریق استفاده شده است. ماده موثر در این گیاهان ترکیبات پلی‌فنل مخصوصاً تانن‌ها است که دارای خاصیت قابض می‌باشند. گیاهان دارویی به دلیل داشتن ترکیبات فعال زیستی، نقش مؤثری در بهبود سلامت پوست و کنترل عوامل متعددی که موجب ناراحتی‌های پوستی می‌شوند، ایفا می‌کنند. خاصیت آنتی‌اکسیدانی موجود در این گیاهان با کاهش فرآیندهای اکسیداتیو در پوست، از آسیب‌های سلولی جلوگیری کرده و به حفظ سلامت بافت‌های پوستی کمک می‌کند. همچنین، فعالیت آنتی‌باکتریال این گیاهان موجب مهار رشد میکروارگانیسم‌های مولد بوی نامطبوع در نواحی تعریق‌دار می‌شود که از عوامل اصلی عدم‌رضایت مصرف‌کنندگان محصولات ضدتعریق است. گیاهان مازو و مریم‌گلی با برخورداری از این ویژگی‌ها، پتانسیل بالایی برای کاربرد در فرمولاسیون‌های ضد تعریق گیاهی دارند. استفاده از این گیاهان ضمن کنترل تعریق و بوی ناخوشایند، می‌تواند ضمن بهبود عملکرد، خواص محافظتی و تغذیه‌ای پوست را نیز تامین نماید.

واژه‌های کلیدی: گیاهان دارویی، ضد تعریق، طبیعی، مازو، مریم‌گلی

مقدمه

از آنجایی که آلومینیوم (Al) در محیط زیست ما نفوذ می‌کند، جامعه علمی سال‌هاست که نگرانی‌هایی را در مورد ایمنی آن در انسان مطرح کرده است. آلومینیوم در لوازم آرایشی متعددی مانند ضد تعریق‌ها، رژ لب‌ها و کرم‌های ضد آفتاب وجود دارد. کلروهیدرات آلومینیوم عامل ضد تعریق فعال در لوازم آرایشی زیر بغل است و ممکن است برای آلومینیوم یک مسیر کلیدی برای ورود به بدن انسان و یک منبع بالقوه آسیب باشد (عبادی و همکاران، ۱۴۰۲). یک مطالعه آزمایشگاهی نشان داده است که آلومینیوم حاصل از ضد تعریق می‌تواند از طریق پوست بدون پوشش زنده انسان جذب شود. سمیت بالقوه آلومینیوم به وضوح نشان داده شده است و کارهای اخیر به طور قانع‌کننده‌ای استدلال می‌کنند که آلومینیوم می‌تواند در فرآیندهای سرطان‌زا نقش داشته باشد. به عنوان مثال، امروزه، آلومینیوم مظنون به دخالت در سرطان سینه است. کارهای اخیر در کشت سلولی به این فرضیه اعتبار بخشیده است که این فلز می‌تواند در غده پستانی تجمع یابد و به طور انتخابی در خواص بیولوژیکی سلول‌های اپیتلیال سینه اختلال ایجاد کند و در نتیجه

آبشاری از تغییرات را ایجاد کند که یادآور مراحل اولیه تبدیل بدخیم است. علاوه بر این، چندین مطالعه نشان می‌دهد که وجود آلومینیوم در سینه انسان می‌تواند بر فرآیند متاستاتیک تأثیر بگذارد. در نتیجه، با توجه به اینکه سمیت آلومینیوم به طور گسترده شناخته شده است و این فلز یک جزء فیزیولوژیکی در بافت‌های انسان نیست، کاهش غلظت این فلز در ضد تعریق‌ها امری فوری است (Pineau et al., 2014 ،Kakara et al., 2023).

از زمان‌های بسیار قدیم مردمان تمدن‌های مختلف از گیاهان دارویی برای پیشگیری و درمان گستره‌ی زیادی از بیماری‌ها استفاده می‌کردند که یادمان‌های به جا مانده از آنها مؤید این مطلب است. قدیمی‌ترین اشکال درمان پزشکی در تاریخ بشر، گیاهان دارویی بوده‌اند که امروزه نیز و با وجود تمامی پیشرفت‌های طب مدرن بیش از ۷۰ درصد مردمان کشورهای در حال توسعه برای برآورد نیازهای مراقبتی اولیه خود از این نوع داروها استفاده می‌کنند که این آمارها حاکی از اهمیت بالای این داروها می‌باشد همچنین گیاهان دارویی به دلیل تولید ارزان سازگاری با محیط زیست و آثار جانبی محدود به عنوان یکی از مهمترین منابع برای گسترش گزینه‌های جدید درمانی در نظر گرفته می‌شود. یکی از این گیاهان دارویی، مازو می‌باشد. مازو، میوه‌ی کروی شکلی است که از تخم‌گذاری نوعی حشره بر روی شاخه‌های تازه، درختان به ویژه درخت بلوط بوجود می‌آید. این گیاه عمدتاً در یونان آسیای صغیر، سوریه و ایران یافت می‌شود. مازو، در آسیای مرکزی یکی از محبوب‌ترین گیاهان در طب سنتی بوده است و بیشتر برای درمان اختلال حرکت روده، اسهال خونی و پوسیدگی دندان از آن استفاده می‌شود. امروزه نیز در طب مدرن این دارو را دارای خواص ضد باکتری، ضد ویروسی ضد قارچی و دارای آنتی اکسیدان و خواص ضد التهابی می‌دانند (زرگری، ۱۳۶۹).

مواد و روش

این مطالعه به صورت مروری سیستماتیک با هدف بررسی و جمع‌بندی مطالعات علمی مرتبط با خواص ضد تعریق، ضد میکروبی و قابض گیاهان مریم‌گلی (*Salvia officinalis*) و مازو (*Galla chinensis*) انجام شد.

گیاه مازو که به نام‌های دیگری مانند «بلوط مازو» یا «گال بلوط» شناخته می‌شود، در واقع گال‌هایی هستند که روی برگ‌ها، شاخه‌ها یا میوه درخت بلوط (*Quercus infectoria*) شکل می‌گیرند. این گیاه دارویی ارزشمند در طب سنتی کاربردهای فراوانی دارد و خواص زیر را داراست: خاصیت قابض: باعث تنگ شدن بافت‌ها و کاهش ترشحات بدن می‌شود که این خاصیت در کاهش تعریق بیش از حد، درمان اسهال و خونریزی‌های داخلی و خارجی موثر است.

بر اساس پژوهشی توسط رضاقلی و پاکنژاد (۱۳۹۶)، گیاه مازو به دلیل دارا بودن ترکیبات قدرتمند آنتی‌باکتریال توانسته است باکتری‌های عامل پوسیدگی دندان را مهار کند. این خاصیت ضدباکتریایی نشان‌دهنده پتانسیل بالای مازو در کنترل و کاهش میکروارگانیسم‌های مضر است که در دسته خاصی از مشکلات بهداشتی دهان و دندان نقش دارند.

از سوی دیگر، استفاده از روغن مازو در قالب نانوامولسیون سنتزشده که علاوه بر ویژگی ضدباکتری، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی است، می‌تواند به عنوان یک ماده سازگار و موثر در محصولات ضد تعریق طبیعی مطرح شود. خاصیت آنتی‌اکسیدانی این نانوامولسیون باعث کاهش اثرات اکسیداتیو پوست و محافظت از سلول‌ها می‌شود و خاصیت ضدباکتری آن نیز می‌تواند در کاهش فعالیت باکتری‌های مولد بوی نامطبوع در پوست موثر باشد (عبادی و همکاران، ۱۴۰۲). در نتیجه، ویژگی‌های مشترک آنتی‌باکتریال قوی در مازو، اعم از توانایی از بین بردن باکتری‌های عامل پوسیدگی دندان و مهار باکتری‌های مولد بوی عرق، نشان می‌دهد که این گیاه می‌تواند به عنوان یک ماده طبیعی چندکاره در زمینه سلامت دهان و پوست مورد استفاده قرار گیرد. مطالعات سنتز نانوامولسیون از روغن مازو نیز این امکان را فراهم می‌آورد که به دلیل افزایش پایداری و جذب بهتر ترکیبات مؤثر، محصولات گیاهی با اثربخشی بالاتر و دوام بیشتر تولید گردد (عبادی و همکاران، ۱۴۰۲).

مریم‌گلی به عنوان یکی از گیاهان شناخته‌شده، به دلیل توانایی قوی در مهار باکتری‌های مولد بوی تعریق و کاهش فعالیت غدد عرق، جایگاه ویژه‌ای دارد. همچنین، گیاه مازو که دارای ترکیبات فعال زیستی مشابه است، می‌تواند به عنوان یک ماده موثر در فرمولاسیون‌های ضد تعریق طبیعی مورد استفاده قرار گیرد. ترکیب این دو گیاه می‌تواند تأثیرگذاری و ایمنی محصولات را بهبود بخشد و راهکاری طبیعی و کم‌ضرر را برای کنترل بوی نامطبوع و تعریق فراهم کند.

گیاه مریم گلی با نام علمی*Salvia officinalis* یک گیاه علفی، چند ساله و معطر از خانواده نعناییان است. ارتفاع آن ۳۰ تا ۴۵ سانتی‌متر با ساقه مستقیم و گل‌های بنفش رنگ بوده و بر روی تپه ها، شیب سنگ‌های آهکی و کنار جاده‌ها در نواحی غرب و شمال غرب ایران می‌روید. زمان گلدهی آن از اوایل فروردین تا اوایل مرداد است. این گیاه در ایران در استان‌های خراسان، مازندران، آذربایجان، تهران و سمنان به صورت خودرو می‌روید. گونه‌های مختلف مریم گلی دارای اثرات آنتی اکسیدانی، ضدتعریق، ضد تب، ضد نفخ، ضد اسپاسم، بهبود زخم‌های پوستی و اثرات ضدباکتری هستند که به عنوان ضدعفونی کننده و دهانشویه استفاده می‌شوند (رضاقلی و پاکنژاد، ۱۳۹۶).

همچنین روغن‌های اسانسی یکی از مهم ترین مواد موثر گیاهان دارویی می‌باشند، این مواد در قسمتهای مختلف بسیاری از گیاهان دارویی وجود دارند. بسیاری از فرآورده‌های خام گیاهان دارویی بعلت داشتن اسانس بطور مستقیم مصرف می‌شوند ولی در بیشتر موارد، روغن‌های اسانس را از مواد خام جدا نموده و بعنوان دارو بکار می‌برند. گیاه مریم گلی با ارزش ترین نوع دارویی تیره نعناع و دارای اختصاصات درمانی مهمی است (خسروی و همکاران، ۱۳۹۴).

ترکیبات فنلی مانند بنزوات‌ها، هیدروکسی سینامات‌ها و فلاونوئیدها، تانن‌ها و اسانس‌ها مانند توجون از مهمترین ترکیباتی بوده که از این گیاه جداسازی شده‌اند. با توجه به ترکیبات موثره بالقوه دارای اثرات فارماکولوژیک مناسب با توجه به خواص گیاه مریم گلی در پژوهشی که توسط جعفری انارلوئی و همکاران انجام شده از این گیاه برای تهیه ژل ضد تعریق استفاده شد که حتی در بیماری هایپرهیدروزیس یا تعریق بیش غدد تعریق نتیجه بخش بوده است (جعفری انارکولی و همکاران، ۱۳۹۹).

نتیجه‌گیری

با گسترش استفاده از فرآورده‌های طبیعی و افزایش نگرانی‌ها نسبت به عوارض جانبی محصولات ضد تعریق شیمیایی، توجه به گیاهان سنتی مانند مریم‌گلی و مازو اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. بررسی‌های علمی و منابع طب سنتی نشان می‌دهد که این دو گیاه در تولید فرآورده‌های موضعی نقش قابل توجهی دارند و می‌توانند جایگزین مناسبی برای مواد شیمیایی پرخطر باشند .مریم‌گلی به دلیل دارا بودن پلی فنول‌ها و ترکیبات مؤثر ضد میکروبی، قادر است رشد میکروب‌های مسئول ایجاد بوی نامطبوع بدن را مهار کند. اثرات مثبت این گیاه بر کاهش بوی ناخوشایند عرق و ارتقای بهداشت فردی در منابع مختلف گزارش شده است. مازو نیز که از دیرباز با خاصیت قابض خود شناخته می‌شود، بخش عمده‌ای از تأثیر خود را به وجود تانن‌های گیاهی مدیون است. استفاده از عصاره مازو در محصولات پوستی ضمن اثرات ضد میکروبی، موجب جمع‌شدن منافذ پوستی و کاهش تعریق می‌شود که آن را به یکی از گزینه‌های ممتاز برای فرآورده‌های ضد تعریق بدل می‌کند. ترکیب عصاره‌های این دو گیاه در فرمولاسیون ژل‌ها یا کرم‌های گیاهی می‌تواند محصولی قابل اعتماد و ایمن مهیا سازد که بدون ایجاد عوارض معمول ضدتعریق‌های سنتتیک، همزمان تعریق بدن و بوی ناخوشایند آن را کنترل کند. چنین رویکردی، همسو با نیاز روزافزون به سلامت پوست و زندگی باکیفیت‌تر، می‌تواند مورد استقبال مصرف‌کنندگان قرار گیرد .طبق مستندات موجود، اثربخشی ضد میکروبی برگ مریم‌گلی چندین بار در پژوهش‌ها مورد بررسی قرار گرفته و خواص ضدعفونی‌کنندگی آن به‌روشنی

دیده شده است. همچنین، گزارش‌ها حاکی از آن است که تانن‌های موجود در مازو موجب جمع‌تر شدن منافذ پوست و تأثیر مستقیم بر کاهش میزان عرق می‌شوند. در نهایت، بهره‌گیری از این گیاهان، علاوه بر سودمندی‌های بالینی، با ارزش‌های طب اصیل ایرانی نیز هماهنگ است و زمینه کاهش نگرانی‌های موجود درباره اثرات منفی مواد شیمیایی را فراهم می‌کند.

منابع

جعفری انارکولی، م.، آزادبخت، م.، عسگری راد، ح.، رحمت‌پوررکنی، ق.، داوودی، ع.، و فرموده، ع. (۱۳۹۹). بررسی اثرات درمانی ترکیب گیاهی بر بیماری‌های التهابی. *مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران*، ۲۹(۱۹۲)، ۴۳–۳۵.

خسروی، م.، خاکپور، ش.، جعفری مرندی، س.، و احدی عالی، م. (۱۳۹۴). اثر ضد التهابی اسانس مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) در موش کوچک آزمایشگاهی نر. *مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران)*، ۲۸(۲)، ۱۶۰–۱۵۴.

زرگری، ع.، ۱۳۶۹ .گیاهان دارویی .چاپ چهارم، جلد چهارم، صفحات ۶۴ تا ۵۹. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

عبادی، م. م.، همایونی تبریزی، م.، و اسحاقی، ع. (۱۴۰۲). خصوصیات آنتی‌اکسیدانی، آنتی‌باکتریال و ضد سرطانی نانومولسیون سنتز شده از روغن مازو. *مجله دانشکده پزشکی اصفهان*.

رضا قلی، م.، و پاکنژاد، م. (۱۳۹۲). اثر گیاه مازو در از بین بردن باکتری‌های عامل پوسیدگی دندان. در *اولین همایش ملی گیاهان دارویی و کشاورزی پایدار*، همدان

Kakara, M.; Dasari, S.; Gundupalli, M. P.; Kangsadan, T.; Katam, K. (2023). *Understanding the environmental distribution and potential health risks of pollutants from deodorant products: A review*. E3S Web of Conferences, 65, 02015.

Pineau, A.; Fauconneau, B.; Sappino, A. P.; Deloncle, R.; Guillard, O. (2014). *If exposure to aluminium in antiperspirants presents health risks, its content should be reduced*. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 28(2), 147–150

Application of Salvia officinalis and Quercus infectoria in natural antiperspirant formulations

Arefeh Ebrahimi*
Baharavaran Nastaran Agricultural Applied Scientific Training Center, Applied Scientific University, Qom, Iran.
*Corresponding Author: Arefeheb69@gmail.com

Abstract

Deodorants are among the most widely used personal care products; however, concerns have been raised regarding their potential toxicity, their role in air and water pollution, and their possible impacts on human health. The toxicity of deodorant compounds—including fragrances, antibacterial agents, aluminum-based compounds, and preservatives—depends on their chemical structure. Many of these substances are known to cause adverse effects such as skin inflammation, allergic reactions, hormonal disruptions, and respiratory issues. In Iranian traditional medicine, certain medicinal plants have been employed as natural antiperspirants. The active ingredients in these plants are polyphenolic compounds, particularly tannins, which exhibit astringent properties. Due to the presence of bioactive compounds, medicinal plants play an important role in improving skin health and managing factors that contribute to dermatological discomfort. Their antioxidant properties reduce oxidative stress in the skin, preventing cellular damage and supporting the integrity of skin tissues. Moreover, their antibacterial activity inhibits the growth of odor-causing microorganisms in perspiration-prone areas—a key factor in user dissatisfaction with antiperspirant products. Plants such as Quercus infectoria (Aleppo oak) and Salvia officinalis (sage), owing to these characteristics, offer strong potential for use in natural antiperspirant formulations. Incorporating these plants into such products can not only regulate perspiration and unpleasant odor but also enhance product performance by providing protective and nourishing effects for the skin.

Keywords: Medicinal plants, Natural, Quercus infectoria, Salvia officinalis, Antiperspirant

فرصت‌ها و چالش‌های تجاری‌سازی در استارتاپ‌های گیاهان دارویی در ایران

زهرا صادقی*

گروه تولید و بهره‌برداری از گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه سراوان، سراوان سیستان و بلوچستان، ایران.

*نویسنده مسئول: Sadeghi.phytochem@gmail.com

چکیده

گیاهان دارویی، نقشی کلیدی در طب سنتی دارند، و منبعی ارزشمند برای تولید محصولات متنوعی مانند داروها و مکمل‌های سلامت محسوب می‌شوند. با وجود رواج خام‌فروشی، پیشرفت فناوری‌های استخراج و افزایش تقاضای جهانی، این صنعت پتانسیل اقتصادی بالایی برای توسعه کسب‌وکارهای نوآورانه و استارتاپ‌ها دارد. این مقاله از نوع مروری-تحلیلی با استفاده از روش تحلیل سوات (SWOT) می‌باشد که با جمع آوری داده‌ها از پایگاههای علمی مختلف (Google, Magiran, SID) و با استفاده از ماتریکس سوات به بررسی فرصت‌ها، قوتها، چالش‌ها و تهدیدها در توسعه کارآفرینی و تجاری سازی در صنعت گیاهان دارویی، و ارائه راهکارهایی در رفع مشکلات این حوزه می‌پردازد.

تنوع شرایط اقلیمی و جغرافیایی و اکولوژیک، وجود مواردی از قبیل فرهنگ مصرف گیاهان دارویی در کشور، ظرفیت‌های اشتغالزایی، بسترهای مناسب صادرات (حدود ۴۸۰ تا ۵۵۰ میلیون دلار صادرات انواع گیاهان دارویی در سال ۴۰۲)، متخصصین طب سنتی، مراکز آموزش عالی و رشته‌های تخصصی دانشگاهی در رابطه با گیاهان دارویی، عطاری‌ها و مراکز درمانی طب سنتی، دانش مردمی و بومی در رابطه با گیاهان دارویی، رویش گیاهان دارویی در دشت‌ها، مراتع و جنگل‌ها و تنوع زیستی بالا، جایگاه جهانی مناسب (کشت برخی محصولات دارویی مانند گل محمدی، زیره سیاه و موسیر رتبه اول تا سوم در جهان) و همچنین عوارض داروهای شیمیایی و ارجحیت به داروهای گیاهی از جمله استراتژی‌های فرصت‌ها و قوت‌های (SO) موجود در استارتاپ‌های گیاهان دارویی هستند. بنا بر استراتژی نقاط ضعف و تهدیدها (WT)، مواردی از قبیل دانش محدود از قوانین ایمنی محصولات طبیعی، دشواری در جذب سرمایه‌گذاری‌های تخصصی، موانع در برندینگ، رقابت با محصولات شیمیایی، عدم دسترسی به تجهیزات آزمایشگاهی و فرآوری، خام فروشی و ضعف در زنجیره ارزش گیاهان دارویی، در این خصوص نقش عمده‌ای دارند. به منظور رفع موانع و مشکلات افزایش حمایت از سوی دولت‌ها، دانشگاه‌ها و بخش خصوصی، و دسترسی به سرمایه‌گذاری برای توانمندسازی استارتاپ‌های صنایع گیاهان دارویی ضروری به نظر می‌رسد و باعث توسعه آنها می‌شود. آموزش فنی (فرمولاسیون، کسب مجوزها از نهادهای غذا و دارو) و مشاوره توسط کارشناسان صنعت داروهای گیاهی و علوم گیاهی، تمرکز بر روی استحصال فرآورده‌های گیاه دارویی علاوه بر بسته‌بندی شکیل در فروش نهایی، استراتژی‌های دسترسی به بازار داخلی و جهانی و کمک به امر صادرات، کمک به مالکیت معنوی و توسعه برند، ریسک این استارتاپ‌ها را کاهش می‌دهند و احتمال موفقیت تجاری را بهبود می‌بخشد. با تقویت نوآوری و حمایت از کارآفرینان سبز، راه برای پیشرفت، افزایش بهداشت عمومی و تأمین سلامت همگانی، حفاظت از محیط زیست، و ایجاد پایداری اقتصادی باز می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سرمایه‌گذاری، کارافرینی، گیاهان دارویی روش تحلیل سوات، فراورده‌های گیاهی

The Opportunities and Challenges of Commercializing Medicinal Plant Startups in Iran

Zahra Sadeghi*
Department of Production and Utilization of Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, University of Saravan, Saravan, Sistan and Baluchestan, Iran
*Corresponding Author: Sadeghi.phytochem@gmail.com

Abstract

Medicinal plants are vital in both traditional and modern medicine, serving as sources for pharmaceuticals, cosmetics, and health supplements. Despite their value, many are still sold or exported without processing. As extraction and purification technologies improve and global demand grows, the industry presents strong opportunities for startups and innovative ventures. This is a review-analytical study that uses the SWOT analysis method. By collecting data from various scientific databases and using the SWOT matrix, it examines the opportunities, challenges, and threats in the development of entrepreneurship and commercialization in the medicinal plant industry. It also provides solutions to address the problems in this field. According the Strengths-Opportunities (SO) strategies, medicinal plant startups benefit from rich geographic and ecological diversity, strong cultural acceptance, existing educational institutions, export potential (exports of various medicinal plants reached an estimated $480-$550 million in 1402), and public preference for herbal medicine due to chemical drug side effects, significant global market position, ranking among the top three producers worldwide for medicinal plants like damask rose, black cumin, and wild garlic. These advantages position the industry for growth and innovation. However, based on the Weaknesses-Threats (WT) strategy, key challenges include navigating safety regulations, securing specialized investment, effective branding and marketing, and limited access to lab and processing facilities, and selling raw materials and weaknesses in the value chain.. Supporting medicinal plant startups through collaboration among governments, universities, and the private sector is crucial for sustainable growth. Key strategies include providing technical training, regulatory guidance, expert consultation, modern product packaging, and market access (domestic and international). Additional support in brand development and intellectual property rights helps minimize risks and boost commercial viability. Fostering innovation and green entrepreneurship promotes long-term benefits such as public health, environmental preservation, equity in healthcare, and stronger economies.

Keywords: Entrepreneurship, investment, medicinal plants, , plant products, SWOT analysis method

تاثیر اسموپرایمینگ با پلی‌اتیلن‌گلیکول بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی ماریتیغال توده بومی آمل

مهرانگیز جوکار تنگ کرمی*

استادیار، گروه مهندسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: mjowkar@nus.ac.ir

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی اثر اسموپرایمینگ با پلی‌اتیلن‌گلیکول بر شاخص‌های جوانه زنی بذر ماریتیغال توده بومی آمل در پژوهشکده زیست فناوری دانشگاه زابل به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در 3 تکرار اجرا شد. فاکتور اول، غلظت‌های مختلف پتانسیل اسمزی ۲-، ۴-، ۶-، ۸- و ۱۰- بار و فاکتور دوم، مدت زمان‌های ۶، ۱۲ و ۱۸ ساعت بود. نتایج نشان داد پرایمینگ با پلی‌اتیلن‌گلایکول(PEG6000) تأثیر معنی‌داری بر صفات طول گیاهچه و ریشه‌چه نداشت اما درصد جوانه زنی، شاخص ویگور، سرعت جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی به طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای سطوح پتانسیل و مدت زمان پرایمینگ قرار گرفت. همچنین اثر متقابل این تیمارها فقط بر شاخص ویگور تاثیر معنی‌داری داشت (سطح احتمال ۵ درصد). درصد جوانه زنی در مدت زمان ۱۲ساعت پرایمینگ (۷۳ درصد) نسبت به ۶ و ۱۸ ساعت به ترتیب به میزان ۷/۳ و ۱۰/۶ درصد افزایش یافت. درصد جوانه‌زنی با افزایش پتانسیل اسمزی روند یکسانی نداشته و با افزایش از ۲- به ۸- بار افزایش و مجدداً در ۱۰- بار کاهش یافت. مدت زمان ۱۲ ساعت پرایمینگ، سرعت جوانه‌زنی را نسبت تیمارهای ۶ و ۱۸ ساعت به طور معنی‌دار و به میزان ۵/۲ و ۱۳/۶ درصد افزایش داد. بیشترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار ۸- بار اتفاق افتاده که نسبت به تیمارهای ۲-، ۴-، ۶-و ۱۰- بار سرعت جوانه زنی را به میزان ۹/۷، ۱۹، ۱/۲ و ۱۰/۷ درصد افزایش داده است. بیشترین میزان متوسط زمان جوانه زنی در تیمار ۱۸ ساعت (۴/۵۰ روز) به دست آمد. کمترین میزان متوسط زمان جوانه‌زنی در سطح ۸- بار به مقدار ۴/۲۳ روز و بیشترین میزان آن در تیمار ۴- بار به مقدار ۴/۵۶ روز مشاهده گردید مدت زمان ۱۲ ساعت با پتانسیل اسمزی ۸- بار (۱۵/۳۰) ترکیب تیماری مناسبی را برای بهبود شاخص‌ویگور ایجاد کرد. با توجه به نتایج به دست آمده، پرایمینگ بذرهای مجارستان با محلول ۴- بار به مدت ۱۲ ساعت باعث بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و کیفیت بذر شد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل اسمزی، سرعت جوانه زنی، شاخص ویگور، کیفیت بذر

مقدمه

جوانه‌زنی بذر یکی از مهم‌ترین مراحل در چرخه زندگی گیاهان است که تعیین‌کننده موفقیت استقرار و توسعه گیاهان در محیط‌های طبیعی و کشاورزی می‌باشد (Bewley, *et al*., 2013). عملکرد جوانه‌زنی بذر به عوامل متعددی از جمله کیفیت بذور، شرایط محیطی و تکنیک‌های پیش‌تیمار بستگی دارد (Finch-Savage & Bassel, 2016). بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی نظیر درصد جوانه‌زنی، سرعت و انرژی جوانه‌زنی، نقش مهمی در افزایش کارایی تولید گیاهان دارویی ایفا می‌کند که به دلیل خواص فارماکولوژیکی و اقتصادی خود مورد توجه قرار گرفته‌اند(Khan, Ahmad, & Anwar, 2019) .

اسموپرایمینگ به عنوان یکی از روش‌های پیش‌تیمار بذر، شامل تیمار بذور با محلول‌های اسمزی غیرسمی مانند پلی اتیلن گلیکول (PEG) است که به منظور تنظیم میزان جذب آب و فعال‌سازی فرایندهای متابولیکی بدون شروع کامل جوانه‌زنی به کار می‌رود. این روش منجر به کاهش دوره خواب بذر، ارتقاء فعالیت آنزیم‌های مرتبط با متابولیسم انرژی و بهبود مقاومت به تنش‌های محیطی مانند شوری و خشکی می‌شود (Chen & Arora, 2013).

گیاه دارویی ماریتیغال (*Silybum marianum*) گیاهی علفی، یکساله و متعلق به تیره گل ستاره‌ای‌ها[1] است که به دلیل داشتن ترکیبات موثره سیلیمارین و کاربردهای دارویی، اهمیت اقتصادی و اکولوژیکی فراوانی دارد. اما محدودیت‌هایی مانند شرایط نامساعد محیطی باعث کاهش نرخ جوانه‌زنی و استقرار نامناسب آن شده است (Mohammadi *et al.*, 2019). بنابراین به‌کارگیری روش‌های پیشرفته‌ای مانند اسموپرایمینگ با PEG می‌تواند به عنوان راهبردی موثر برای بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و استقرار مناسب گیاهچه در شرایط نامساعد گردد. در این مطالعه، تأثیر اسموپرایمینگ با پلی اتیلن گلیکول بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی ماریتیغال توده بومی آمل بررسی می‌شود تا با شناسایی شرایط بهینه تیمار، زمینه‌ای برای بهبود فرآیند کشت و حفاظت از این گونه ارزشمند فراهم گردد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در پژوهشکده زیست فناوری دانشگاه زابل اجرا گردید. برای پرایم کردن بذرهای گیاه ماریتیغال از محلول PEG6000 با پتانسیل‌های اسمزی ۲-، ۴-، ۶-، ۸- و ۱۰- بار به عنوان فاکتور اول و با استفاده از معادله میشل-کوفمان (Michel and Kaufmann, 1973) و فاکتور دوم مدت زمان‌های مختلف ۶، ۱۲ و ۱۸ ساعت انجام گردید.

$$\Psi_s = -(1.18*10^{-2})C - (1.18*10^{-4})C^2 + (2.6*10^{-4})CT + (8.39*10^{-7})C^2T$$ (رابطه ۱)

T = درجه حرارت (کالوین)، Ψ_s = پتانسیل اسمزی (بار)، C = غلظت (گرم در کیلو گرم آب)

پس از آماده سازی محلول، تعداد ۵۰ عدد بذر سالم در درون پتری‌دیش‌های شیشه‌ای ۹ سانتی متری که حاوی ۵ میلی لیتر از محلول قرار داده شد و درون ژرمیناتور ساخت شرکت فن آوران زیستی امید در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و پس از اتمام مدت زمان ۶، ۱۲ و ۱۸ ساعت ، سه بار با آب مقطرآبشویی شدند (Eqbal and Ashraf, 2006). بذرها پس از شسته شدن در شرایط تاریکی قرار داده شدند تا به رطوبت اولیه خود (۱۳-۱۴ درصد) برسند (Wang, 2003). پس از آن بذرهای پرایم شده مربوط به هر تیمار به طور جداگانه در یک پاکت پلاستیکی ریخته شد و بعد از برچسب گذاری برای جوانه زنی و تعیین بهترین ترکیب تیماری پرایمینگ آماده گردید. آزمون جوانه زنی استاندارد با استفاده از روش فیلتر کاغذی انجام شد. بدین ترتیب که بذرها پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم ۳۰ درصد به مدت ۱۰ دقیقه و قارچ‌کش بنومیل ۲ در هزار به مدت ۵ دقیقه روی فیلترهای کاغذی ۴۵×۳۰ سانتی‌متر مربع که قبلاً با آب مقطر استریل مرطوب شده بودند قرار گرفتند و سپس به ژرمیناتور با دمای ثابت ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۴۵ درصد با ۱۶ ساعت تاریکی و ۸ ساعت روشنایی، منتقل شدند (ISTA, 1996). تعداد بذرهای جوانه زده به صورت روزانه یادداشت و بذرهایی که طول ریشه‌چه آنها حدود ۲ تا ۳ میلی متر بود، به عنوان بذر جوانه زده محسوب شدند (AOSA, 1990). در نهایت درصد و سرعت جوانه زنی، طول ریشه چه و گیاهچه، متوسط زمان جوانه زنی و شاخص بنیه بذر محاسبه گردید و بهترین تیمار پرایمینگ انتخاب گردید.

1. Asteraceae

رابطه (۱) درصد جوانه زنی (Germination percentage) $GP= (N_i/N) \times 100$

که در آن GP= درصد جوانه زنی؛ N_i = تعداد بذرهای جوانه زده تا روز i ام و N= تعداد کل بذر می‌باشد.

رابطه (۲) سرعت جوانه زنی (Germination rate)

$GR= \sum n_i/d_i$ در این فرمول GR: سرعت جوانه زنی؛ n_i: تعداد بذرهای جوانه زده و d_i: تعداد روز پس از شروع آزمایش می‌باشد.

متوسط زمان جوانه زنی (MGT)(Mean germination time) : این شاخص با استفاده از رابطه زیر به دست آمد (Wang, 2003):

رابطه (۳)
$$MGT = \frac{A_1D_1 + A_2D_2 + \cdots A_nD_n}{A_1 + A_2 + \cdots A_n}$$

که در آن A تعداد بذرهای جوانه‌زده در زمان D و n کل تعداد روزها تا آخرین روز شمارش می‌باشد.

شاخص بنیه بذر (Seed vigor index) (SVI) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Wang, 2003):

رابطه(۴) میانگین طول گیاهچه(cm) × درصد جوانه زنی = SVI

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های این آزمایش نشان داد (جدول ۱) پرایمینگ با پلی‌اتیلن گلایکول (PEG6000) تاثیر معنی‌داری بر صفات طول گیاهچه و ریشه چه نداشته است اما درصد جوانه‌زنی، شاخص ویگور، سرعت جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی به طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای سطوح پتانسیل و مدت زمان پرایمینگ قرار گرفت. همچنین اثر متقابل این تیمارها فقط بر شاخص ویگور تاثیر معنی‌داری داشته است (سطح اختمال ۵ درصد).

جدول ۱. میانگین مربعات اثر اسموپرایمینگ با PEG بر صفات مورد مطالعه توده بومی آمل

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول گیاهچه	شاخص ویگور
مدت زمان پرایم	۲	۰/۰۲۶**	۱/۱۹*	۰/۲۲۴*	۵/۹۶	۶/۸	۱۵/۴**
پتانسیل پرایمینگ	۴	۰/۰۵۴**	۰/۸۸۱*	۰/۱۶۶*	۴/۴	۵/۹	۲۳/۷**
مدت زمان × پتانسیل پرایمینگ	۸	۰/۰۰۵۴	۰/۴۹۶	۰/۰۹۴	۳/۰۷	۳/۱	۳/۶*
خطای آزمایش	۳۰	۰/۰۰۲۴	۰/۲۴۷	۰/۰۴۶۹	۲/۶	۲/۶	۱/۳
درصد ضریب تغییرات	-	۴/۹	۱۱/۲۴	۴/۹۴	۱۲/۹	۱۰/۸	۱۰/۹

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵درصد و۱ درصد.

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۱)، درصد جوانه زنی در سطح احتمال ۱ درصد تحت تاثیر مدت زمان پرایمینگ و سطوح مختلف پتانسیل اسمزی قرار گرفته است اما اثر متقابل تیمارها فاقد تفاوت معنی دار است. نتایج حاصل از اثر مدت زمان پرایمینگ بر درصد جوانه زنی نشان داد (جدول ۲)، درصد جوانه زنی در مدت زمان ۱۲ساعت پرایمینگ (۷۳ درصد) نسبت به ۶ و ۱۸ ساعت به ترتیب به میزان ۷/۳ و ۱۰/۶ درصد افزایش یافته

است. درصد جوانه زنی با افزایش پتانسیل اسمزی روند یکسانی نداشته و با افزایش از ۲- به ۸- بار افزایش و مجدداً در ۱۰- بار کاهش یافته است.

جدول ۲. اثر اسموپرایمینگ PEG6000 بر درصد جوانه زنی توده بومی آمل

		سطوح پتانسیل (بر حسب بار)					
		-۲	-۴	-۶	-۸	-۱۰	میانگین
زمان(ساعت)	۶	۶۴ abc	۶۲ bc	۷۸ a	۷۳ a	۶۵ abc	۶۸ b
	۱۲	۷۳ a	۶۶ ab	۷۶ a	۸۶ a	۶۶ ab	۷۳ a
	۱۸	۶۸ ab	۵۷ c	۷۳ a	۷۴ a	۶۱ bc	۶۶ b
میانگین		۶۸ b	۶۲c	۷۶ a	۷۸ a	۶۴ bc	Se=۰/۰۴۸
							CV=۴/۹۲

شاخص سرعت جوانه زنی نیز تحت تاثیر مدت زمان پرایمینگ و سطوح مختلف پتانسیل اسمزی در سطح احتمال۵ درصد قرار گرفت، اما اثر متقابل تیمارها فاقد تفاوت معنی دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها (جدول۳) نشان داد مدت زمان ۱۲ ساعت پرایمینگ، سرعت جوانه زنی را نسبت تیمارهای ۶ و ۱۸ ساعت به میزان ۵/۲ و ۱۳/۶ درصد افزایش داده است و این اختلاف از لحاظ آماری معنی دار است.

مقایسه اثر سطوح پتانسیل اسمزی بر سرعت جوانه زنی نشان داد که بیشترین سرعت جوانه زنی در تیمار ۸- بار اتفاق افتاده که نسبت به تیمارهای ۲-، ۴-، ۶-و ۱۰- بار سرعت جوانه زنی را به میزان ۹/۷، ۱۹، ۱/۲ و ۱۰/۷ درصد افزایش داده است (جدول ۳).

جدول ۳. اثر اسموپرایمینگ PEG_{6000} بر سرعت جوانه زنی (تعاد بذر جوانه زده در روز) توده بومی آمل

		سطوح پتانسیل (بر حسب بار)					
		-۲	-۴	-۶	-۸	-۱۰	میانگین
زمان(ساعت)	۶	۴/۴۳ bcd	۴/۲ bcde	۴/۸۴ abc	۴/۴۱ bcd	۴/۳۵ bcd	۴/۴۵ ab
	۱۲	۴/۹۹ ab	۴/۲۸ bcde	۴/۳۴ bcd	۵/۳۳ a	۴/۴۸ bc	۴/۶۸ a
	۱۸	۳/۶۱ de	۳/۴۸ e	۴/۹۰ abc	۴/۵۴ abc	۴/۰۹ cde	۴/۱۲ b
میانگین		۴/۳۴ ab	۴/۰ b	۴/۷ a	۴/۷۶ a	۴/۳ ab	Se=۰/۴۹۷
							CV= ۱۱/۲۴

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول ۱) شاخص متوسط زمان جوانه زنی در سطح احتمال ۵ درصد تحت تاثیر مدت زمان پرایمینگ و سطوح مختلف پتانسیل اسمزی قرار گرفته است اما اثر متقابل تیمارها فاقد تفاوت معنی دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد کمترین میزان متوسط زمان جوانه زنی در تیمار۱۲ ساعت (۴/۲۶ روز) به دست آمد که به استثنای تیمار ۶ ساعت تفاوت معنی‌داری را با تیمار ۱۸ ساعت نشان می‌دهد (جدول۴). بیشترین میزان متوسط زمان جوانه زنی در تیمار ۱۸ ساعت (۴/۵۰ روز) به دست آمد. مقایسه سطوح مختلف پتانسیل اسمزی نشان داد کمترین میزان متوسط زمان جوانه زنی در سطح ۸- بار به مقدار ۴/۲۳ روز و بیشترین میزان آن در تیمار ۴- بار به مقدار ۴/۵۶ روز مشاهده گردید (جدول۴).

جدول ۴. اثر اسموپرایمینگ PEG6000 بر متوسط زمان جوانه زنی (روز) توده بومی آمل

		سطوح پتانسیل (بر حسب بار)					میانگین
		-۲	-۴	-۶	-۸	-۱۰	
زمان (ساعت)	۶	۴/۴۴ bcd	۴/۴۷ abcd	۴/۱۹ cde	۴/۳۸ bcd	۴/۴۱ bcd	۴/۳۶ ab
	۱۲	۴/۱۳ de	۴/۴۴ abcd	۴/۴۱ bcd	۳/۹۸ e	۴/۳۵ cd	۴/۲۶ b
	۱۸	۴/۷۳ ab	۴/۷۸ a	۴/۱۷ cde	۴/۳۳ cde	۴/۵۲ abc	۴/۵۰ a
میانگین		۴/۴۱ ab	۴/۵۶ a	۴/۲۵ b	۴/۲۳ b	۴/۴۲ ab	Se=۰/۲۱۶
							CV=۴/۹۴

به عبارت دیگر نتایج حاصل از تاثیر پرایمینگ بر سرعت جوانه زنی (جدول ۳) و متوسط زمان جوانه زنی (جدول ۴) نشان داد که در سطح پتانسیل ۸- بار و مدت زمان ۱۲ ساعت، جوانه زنی در مدت کوتاه تر و با سرعت بیشتری اتفاق افتاده است. در این آزمایش شاخص ویگور بذر در سطح احتمال ۱ درصد تحت تاثیر مدت زمان پرایمینگ، سطوح مختلف پتانسیل اسمزی و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر مدت زمان پرایمینگ بر شاخص ویگور بذر نشان داد (جدول۵)، مدت زمان ۱۲ ساعت (۱۱/۵۹) پرایمینگ با پلی‌اتیلن گلایکول، باعث افزایش این شاخص به میزان ۱۲/۶ و ۲۰/۸درصد نسبت به تیمارهای ۱۸ و ۶ ساعت شده است. همچنین بررسی اثر سطوح پتانسیل اسمزی روی شاخص ویگور نشان داد پرایمینگ در سطح پتانسیل ۸- بار (۱۲/۷) شاخص ویگور را نسبت به سطوح ۲-، ۴-، ۶- و ۱۰ بار، به ترتیب به میزان ۲۸/۳، ۴۲/۷، ۱۰/۴ و ۳۶/۱ درصد افزایش داده است، به طوری که اختلاف سطح پتانسیل ۸- بار با سایر تیمارها از لحاظ آماری معنی‌دار است.

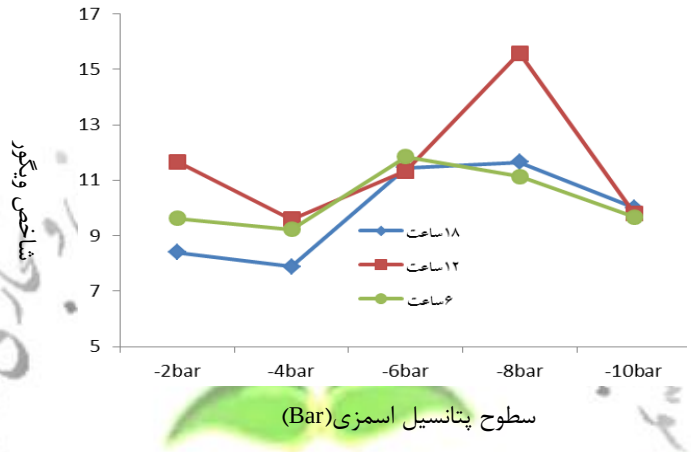
جدول ۵. اثر اسموپرایمینگ PEG6000 بر شاخص ویگور توده بومی آمل

		سطوح پتانسیل (بر حسب بار)					میانگین
		-۲	-۴	-۶	-۸	-۱۰	
زمان (ساعت)	۶	۹/۶۰ def	۹/۲۰ ef	۱۱/۹۰ b	۱۱/۱۰ bcde	۹/۶۰ def	۱۰/۲۹ b
	۱۲	۱۱/۷۰ bc	۹/۶۰ def	۱۱/۳۰ bcd	۱۵/۳۰ a	۹/۸۰ cdef	۱۱/۵۹ a
	۱۸	۸/۴۰ f	۷/۹۰ f	۱۱/۴۰ bcd	۱۱/۶۰ bc	۸/۶۰ f	۹/۶۰ b
میانگین		۹/۹ c	۸/۹ c	۱۱/۵ b	۱۲/۷ a	۹/۳۳ c	Se=۱/۱۴۳
							CV=۱۰/۸۸

بررسی اثر متقابل مدت زمان پرایمینگ و سطوح پتانسیل اسمزی پرایمینگ بر شاخص ویگور نشان داد (شکل۱)، میزان تاثیر سطوح غلظت روی شاخص ویگور به مدت زمان پرایمینگ بستگی دارد به طوری که زمان ۱۲ ساعت با پتانسیل اسمزی ۸- بار (۱۵/۳۰) و زمان ۶ ساعت با پتانسیل ۶- بار (۱۱/۹۰) ترکیبات تیماری مناسبی را برای بهبود شاخص ویگور ایجاد می‌کنند.

به نظر می‌رسد ادامه مدت زمان پرایمینگ بیش از مدت ۱۲ساعت در تیمار ۸- بار باعث ورود بذر به فاز سوم جوانه زنی شده است، همچنین افزایش سطح پتانسیل اسمزی (کاهش غلظت) نیز از طریق تسریع فرآیند جذب آب باعث تکمیل سریعتر فاز دوم جوانه زنی و ورود بذر به فاز سوم می‌گردد. تیمار ۶- بار در مدت ۶ ساعت پرایمینگ نیز

تاثیری مشابه با تیمار ۸-بار و ۱۲ساعت پرایمینگ داشته است. در واقع افزایش سرعت جذب آب در سطح پتانسیل اسمزی بالاتر، کاهش مدت زمان پرایمینگ را جبران نموده و جوانه زنی بذر را تا مرحله قبل از فاز سوم جوانه زنی یا ظهور ریشه چه متوقف کرده است. افزایش سطح پتانسیل اسمزی بیش از ۶- بار یا افزایش مدت زمان پرایمینگ در این سطح از غلظت باعث رسیدن بذر به مرحله ظهور ریشه چه می‌گردد، به طوری که توقف جوانه زنی در این مرحله باعث آسیب رسیدن به جنین و کاهش کیفیت بذر از لحاظ جوانه زنی خواهد شد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده، انتخاب این تیمار پرایمینگ و اعمال آن بر توده بومی آمل می‌تواند باعث بهبود جوانه زنی و استقرار بهتر و مناسب این گیاه در شرایط نامساعد محیطی کشور بخصوص تنشهای شوری و خشکی که کاهش نرخ جوانه زنی آن را به دنبال دارد، گردد.



شکل ۱. اثر غلظت‌های مختلف پلی اتیلن گلایکول(PEG6000) درمدت زمان‌های مختلف بر شاخص ویگور بذر

نتیجه‌گیری نهایی

به طور کلی نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که پرایمینگ بذرهای توده بومی آمل با محلول ۸- بار به مدت ۱۲ ساعت باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص‌ویگور بذر و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی و در کل بهبود جوانه‌زنی و استقرار توده بومی آمل شده و به عنوان بهترین ترکیب تیماری انتخاب می‌شود.

منابع

Bewley, J. D., Bradford, K., Hilhorst, H., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy* (3rd ed.). Springer.

Chen, K., & Arora, R. (2013). Priming memory invokes seed stress-tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, *94*, 33–45.

Finch-Savage, W. E., & Bassel, G. W. (2016). Seed vigour and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. *Journal of Experimental Botany*, *67*(3), 567–591.

Khan, M. A., Ahmad, R., & Anwar, M. R. (2019). Seed germination and seedling growth enhancement through priming in medicinal plants: A review. *Medicinal Plants - International Journal of Phytomedicines and Related Industries*, *11*(2), 110–123.

Michel, B. E. and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology. 51: 914-916.

Mohammadi, A., et al. (2019). Investigating dormancy and germination characteristics of native medicinal plants in northern Iran. *Journal of Medicinal Plant Research*, *13*(10), 451–459.

The effect of osmopriming with polyethylene glycol on seed germination indices of Milkthistle, native Amol

Mehrangiz Jowkar Tang-Karami*
Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran
*Corresponding Author: mjowkar@nus.ac.ir

Abstract

This experiment was conducted to investigate the effect of osmopriming with polyethylene glycol on the germination indices of milk thistle, Amol native seeds at the Biotechnology Research Institute of Zabol University as a factorial in a completely randomized design with 3 replications. The first factor was different concentrations of osmotic potential of -2, -4, -6, -8 and -10 bar and the second factor was duration of 6, 12 and 18 hours. The results showed that priming with polyethylene glycol (PEG6000) had no significant effect on the traits of seedling length and root length, but the germination percentage, vigor index, germination rate and average germination time were significantly affected by the treatments of potential levels and priming duration. Also, the interaction effect of these treatments had a significant effect only on the vigor index (5% probability level). The germination percentage increased by 7.3% and 10.6% in 12-hour priming compared to 6 and 18 hours, respectively. The germination percentage did not follow the same trend with increasing osmotic potential, and increased from -2 to -8 bar and decreased again at -10 bar. The 12-hour priming significantly increased the germination rate compared to the 6 and 18-hour treatments by 5.2% and 13.6%. The highest germination rate occurred in the -8 bar treatment, which increased the germination rate by 9.7%, 19%, 1.2% and 10.7% compared to the -2, -4, -6 and -10 bar treatments. The highest average germination time was obtained in the 18-hour treatment (4.50 days). The lowest average germination time was observed at -8 bar level at 4.23 days and the highest at -4 bar treatment at 4.56 days. A duration of 12 hours with an osmotic potential of -8 bar (15.30) created a suitable treatment combination for improving the vigor index. According to the results obtained, priming milk thistle seeds with -4 bar solution for 12 hours improved germination indices and seed quality.

Keywords: Germination rate, Osmotic potential, Seed quality, Vigor index

ارزیابی مصارف سنتی گیاهان دارویی پر مصرف موثر بر پوست در شهرستان بهبهان (استان خوزستان)

راهله احمدپور*[۱]، فیروزه بدره[۲]، حکیمه بخرد[۳] و سعیدرضا حسین زاده[۴]

۱- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران

۲- دانشکده علوم پزشکی بهبهان، بهبهان، ایران

۳- دبیرستان فرزانگان دکتر عادلی، آموزش و پرورش شهرستان بهبهان، خوزستان، ایران

۴- دکتری زیست شناسی، آموزش و پرورش شهرستان بهبهان، خوزستان، ایران

*نویسنده مسئول: Ahmadpour@bkatu.ac.ir

چکیده

پوست، سدی بین بدن انسان و محیط خارجی است و بدن را در برابر عوامل شیمیایی و فیزیکی بیرونی محافظت می‌کند و اولین خط دفاع در برابر میکروارگانیسم‌های بیماری زا است. تحقیقات نشان داده است که فراورده‌های حاصل از گیاهان نسبت به فراورده‌های حاصل از مواد شیمیایی عوارض بسیار کمتری بر پوست دارند. در این راستا علم پزشکی در جهت تولید کرم‌ها، لوسیون‌ها و پمادها از گیاهان قدم برداشته است. سازگار بودن گیاهان دارویی به صورت طبیعی با بدن انسان و تأکید سازمان بهداشت جهانی بر جایگزینی داروهای شیمیایی به وسیله داروهای طبیعی، موجب شده است تا تجویز و مصرف گیاهان دارویی افزایش یابد. در این مطالعه از اطلاعات فروشندگان گیاهان دارویی در سطح شهرستان بهبهان و منابع علمی معتبر استفاده شد. ۱۰ گونه گیاه دارویی موثر بر پوست به همراه خواص درمانی آنها ارائه شد. تاکید اصلی در این پژوهش بر روی گیاهان دارویی پر مصرف در شهرستان بهبهان واقع در استان خوزستان بود. برخی از این گیاهان خودرو بودند و برخی دیگر در الگوی کشت سالیانه استان قرار داشتند. گیاهان مورد بررسی شامل اکالیپتوس (Eucalyptus)، آویشن (Thymus)، بومادران (Achillea)، بابونه (Matricaria)، گندم (Triticum)، چای (Camellia)، زیتون (Olea)، گل همیشه بهار (Calendula) و کنگرفرنگی (Cynara) بودند. با توجه به اطلاعات فروشندگان بومی بیشترین میزان استفاده از گیاهان معرفی شده برای پوست به روغن زیتون و بابونه اختصاص داشت. سایر گیاهان دارویی معرفی شده بر مبنای مصاحبه با فروشندگان گیاهان دارویی خریدار زیادی نداشت که دلیل اصلی آن به نظر می‌رسد عدم آگاهی مردم و نبود اطلاعات کافی از خواص این گیاهان بر روی پوست است. بر اساس نتایج بدست آمده کم تقاضاترین گیاه دارویی به کنگرفرنگی اختصاص داشت. دلیل اصلی آن مربوط به عدم شناخت صحیح فروشندگان گیاه دارویی در خواص درمانی این گیاه بر روی پوست بود. این گیاه توسط فروشندگان بیشتر به صورت خوراکی معرفی می‌گردید، در حالی که عصاره این گیاه نقش مهمی در تقویت پوست، جلوگیری از چروک، حفظ لطافت پوست و ویژگی آنتی‌اکسیدانی (ضدسرطانی) دارد.

واژه‌های کلیدی: طب سنتی، مراقبت ازپوست، استان خوزستان، خواص دارویی

مقدمه

پوست اولین سد دفاعی بدن در برابر عوامل پاتوژن و بیماری زا می‌باشد. انسان همیشه برای زیبایی پوست و چهره خود و هم چنین برای درمان بیماری‌های پوستی به دنبال بهترین راه‌ها و درمان‌های ممکن بوده و روش‌های مختلف را به کار برده است (بختیاری و رادان، ۱۳۹۲). در گذشته از روش‌های متنوعی برای زیبایی پوست و درمان زخم‌های پوستی استفاده می‌شد که قدیمی‌ترین آن استفاده از صمغ درختان و عسل توسط مصریان باستان یا عصاره برگ چای توسط چینی‌ها و امروزه استفاده از کرم‌های شیمیایی و گیاهی می‌باشد (بختیاری و رادان، ۱۳۹۲). از سوی دیگر برخی گزارش‌های علمی نشان می‌دهد مردم باستان و بویژه زنان مصری، برای لطافت پوست خود از وان شیر ترش و شیره بعضی میوه‌جات استفاده می‌کردند (Sormaghi, 2009). در ایران، زنان روستایی برای جلوگیری از زبرشدن دست‌ها در آب و هوای سرد و خشک، به دست‌هایشان حنا زده و برای جلوگیری از زخم و ترک کف‌پا، پاها را نیز حنا می‌زنند (Bakhtiyari, 2008). امروزه گیاهان دارویی در عرصه پزشکی جایگزینی شایسته برای داروهای شیمیایی به شمار می‌روند. یکی از علل مهم این جایگزینی حداقل عوارض جانبی نسبت به داروهای شیمیایی است. استفاده از گیاهان دارویی در ایران از زمان‌های دور تاکنون رایج بوده و ایرانیان برخی از این گیاهان را به واسطه شفابخش بودن مقدس می‌شمردند (هوشیدری، ۱۳۸۸).

در زمان‌های قدیم (یک قرن پیش) گیاهان نقش تعیین‌کننده‌ای در درمان بیماری‌ها از جمله بیماری‌های پوستی ایفا می‌کردند اما با پیدایش داروهای شیمیایی و صنعتی به تدریج نقش آنها کمرنگ شد. در سال‌های اخیر به خاطر رویکرد مجدد مردم به مصرف داروهای گیاهی و عوارض جانبی کمتر آنها، تعادل مصرف به نفع داروهای گیاهی در حال رقم خوردن است (بختیاری و رادان، ۱۳۹۲). مطالعات نشان می‌دهد که طب سنتی و گیاهان دارویی در تسهیل درمان بیماری‌های مزمن و مشکلات مرتبط با آن حرف‌های زیادی برای گفتن دارد. گاهی در برخی از مناطق از گونه‌های گیاهی خاصی به عنوان گیاهان دارویی استفاده می‌شود که هنوز علوم جدید به آنها دست نیافته است و با استفاده از تجربه اهالی بومی می‌توان به این مهم دست یافت. بنابراین انجام پژوهش‌هایی که به معرفی گیاهان دارویی منطقه بر اساس اطلاعات مردمی و اهالی بومی انجام گیرد، بسیار اهمیت دارد. شناخت و نحوه استفاده از گیاهان دارویی در رواج مصرف آنها نقش مهمی دارد و از سوی دیگر می‌تواند موجب کاهش هزینه‌های خانواده گردد (امیدبیگی، ۱۳۷۶). در این مقاله تلاش داریم به معرفی گیاهان دارویی موثر بر پوست انسان بپردازیم و اطلاعات جامعی نظیر معرفی، شناسایی و نحوه مصرف این گیاهان ارائه نماییم. اهمیت و ضرورت انجام چنین پژوهش‌هایی این است که شناخت و معرفی گیاهان دارویی در هر منطقه و شهرستان یکی از گام‌های بنیادی و ضروری در زمینه توسعه پایدار گیاهان دارویی بوده و می‌تواند اطلاعات پایه‌ای مهمی را در اختیار هم محققان این رشته و هم مردم منطقه قرار دهد (سلطانی‌پور، ۱۳۸۴). در یک مطالعه مشاهده شد که مردم در سطح کشور علاقه فراوانی به استفاده از گیاهان دارویی نسبت به مواد شیمیایی برای مراقبت از پوست دارند اما به دلیل عدم آگاهی از نوع گیاه دارویی و چگونگی نحوه استفاده از آن مصرف این گیاهان در مقایسه با ترکیبات شیمیایی کاهش معنی‌داری یافته است (امین، ۱۳۸۴). اطلاعاتی نظیر معرفی خواص درمانی، اندام مورد استفاده از گیاه و چگونگی استفاده از آن نقش مهمی در علاقه‌مندی مردم به استفاده از گیاهان دارویی برای مراقبت از پوست دارد. هدف اصلی از انجام این پژوهش، ارائه اطلاعات جامع (معرفی گیاه دارویی موثر بر پوست، چگونگی استفاده از آن و خواص درمانی) از گیاهان دارویی رایج در شهرستان بهبهان جهت مراقبت از پوست می‌باشد.

در این پژوهش مشاهده شد که فروشندگان گیاهان دارویی در سطح شهرستان اطلاعات بعضاً ناقص و اشتباهی از گیاهان دارویی مورد مطالعه در این پژوهش دارند. چنین عواملی موجب موجب کاهش اعتماد افراد جامعه به مصرف گیاهان دارویی می‌شود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از دو منبع برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده کردیم. ابتدا تحقیقات میدانی انجام شد به طوری که از طریق مراجعه حضوری به فروشندگان گیاهان دارویی (عطاری‌ها) شهرستان بهبهان و افراد مطلع محلی (به صورت سنتی از گیاهان دارویی برای مراقبت از پوست استفاده می‌کردند) اطلاعات جمع‌آوری شد. دومین منبع مورد استفاده، تحقیقات تئوری و کتابخانه‌ای با استفاده از منابع معتبر علمی نظیر برخی مقالات و اطلاعات ارائه شده در سایت‌های معتبر در حوزه گیاهان دارویی، جمع‌آوری شد. در انتها اطلاعات جمع آوری شده با یکدیگر مقایسه شدند و در برخی موارد مغایرت‌های وجود داشت که اطلاعات منابع علمی معتبر و منتشر شده در مجلات با نمایه ISC به عنوان اطلاعات صحیح در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

در نتایج مربوط به مطالعات میدانی مشاهده شد که اطلاعات فروشندگان گیاهان دارویی (عطاری ها) و افراد مطلع (آگاه به مصارف سنتی گیاهان دارویی) در ارتباط با گیاهان دارویی موثر بر پوست با یکدیگر تا حدود ۹۵ درصد مشابهت داشت. در مقایسه بین اطلاعات منبع اول (مطالعات حضوری و مصاحبه با افراد آگاه به گیاهان دارویی) و اطلاعات منبع دوم (مقالات علمی منتشر شده در مجلات داخلی) حدود ۷۰ درصد همپوشانی و مشابهت وجود دارد. در مواردی که مغایرت در اطلاعات مشاهده شد، اطلاعات مربوط به مقالات علمی معتبر منتشر شده به عنوان اطلاعات مرجع و صحیح در نظر گرفته شد. گیاهان دارویی موثر بر پوست با تاکید بر نام علمی، نحوه مصرف و خواص درمانی به شرح زیر است:

۱- **اکالیپتوس** (Eucalyptus sp.): این گیاه در الگوی کشت سالیانه گیاهان دارویی استان خوزستان قرار دارد. در شهرستان شوش به صورت تخصصی این گیاه کشت می‌شود (سالیانه ۱۰۰ هزار اصله درخت با هدف توسعه زراعت چوب در استان). بیشترین مورد استفاده این گیاه در تولید چوب فشرده یا ام دی اف می‌باشد. از این گیاه افراد محلی با عنوان درخت صمغ نام می‌برند. مهمترین ترکیبات آن تانن‌ها می‌باشد (Kraft, 2004). به عنوان ضدعفونی کننده، تسکین دهنده درد و خارش مورد استفاده قرار می‌گیرد. اسانس اکالیپتوس یک ترکیب ضد قارچ و ضد باکتری است (بختیاری و رادان، ۱۳۹۲).

۲- **آویشن** (Thymes): این گیاه از خانواده نعناعیان می‌باشد و ۱۴ گونه دارد. جزو گیاهان چندساله محسوب شده و در مناطق کوهستانی می‌روید. در استان خوزستان (شوشتر، کارون و باغملک) و بویژه در شهرستان بهبهان رویش دارد. از آویشن به عنوان تقویت کننده و ضدعفونی کننده در تولید پمادهای موضعی مناسب برای پوست‌های چرب استفاده می‌شود. از عصاره این گیاه به همراه گیاه بومادران در جهت مبارزه با بیماری سالک و بهبود آسیب‌های پوستی در اثر سالک استفاده می‌شود (Hejazi, 2009).

۳- **بومادران** (Achillea millefolium): گیاهی است که به وفور در جنوب کشور مشاهده می‌شود. این گیاه در شهرستان‌های دزفول، اندیمشک، باغملک، ایذه و شوشتر کشت می‌شود. از تمام قسمت‌های این گیاه جهت مصرف

دارویی استفاده می‌شود. به صورت دم کرده، جوشانده و خام مورد مصرف افراد قرار می‌گیرد. ضد نفخ، اشتهاآور، درمان بواسیر، مقوی معده و قلب از مهمترین خواص درمانی آن به شمار می‌رود. از این گیاه برای درمان التهابات پوستی، زخم‌ها و سوختگی‌ها استفاده می‌شود. بومادران برای تهیه کرم یا لوسیون‌های محافظ آفتاب به کار رفته و در ترکیب لوسیون‌های مخصوص رفع شوره سر از آن استفاده می‌شود (بختیاری و رادان، ۱۳۹۲).

۴- **بابونه** (Chamomile): گیاهی علفی و چند ساله است. در شهرستان دزپارت استان خوزستان این گیاه به صورت تخصصی و سالیانه کشت می‌شود. تمام قسمت‌های گیاه می‌تواند مورد مصرف دارویی قرار گیرد. به صورت دم کرده و جوشانده استفاده می‌شود. خواص دارویی آن شامل آرامبخش، قرقره کردن آن جهت برطرف کردن التهاب لثه، گلو و دهان، تقویت معده، دردهای عصبی، میگرن، سردرد و بی خوابی، برای درمان کم خونی و یرقان می‌باشد. بابونه گونه‌های مختلفی دارد که در تهیه انواع کرم، لوسیون، شامپو، صابون‌های مخصوص و فرآورده‌های ویژه حمام استفاده می‌شود. روغن بابونه را می‌توان برای تهیه کرم‌های مرطوب کننده و نرم کننده صورت به کار برد. این گیاه در برطرف نمودن جوش صورت، چربی و شوره سر کاربرد فراوان دارد. از عصاره بابونه جهت بهبود زخم نیز استفاده می‌شود. بیشترین کاربرد پوستی این گیاه، از بین بردن خارش، التهاب و ضایعات پوستی است (بختیاری و رادان، ۱۳۹۲).

۵- **گندم** (Wheat): از مهمترین غلات و قوت غالب مردم در کشور محسوب می‌شود. کشت این گیاه در خوزستان به وفور انجام می‌شود و مطالعات نشان داده است که این گیاه برای پوست خواص دارویی نیز دارد. جوانه و گل گندم حاوی ویتامین و آنتی اکسیدان بوده که خاصیت نرم کنندگی و مرطوب کنندگی به پوست می‌دهد و ترکیب کاروتن موجود در این گیاه خاصیت ضد چروک طبیعی را دارد (Kapoor and Saraf ., 2010).

۶- **چای:** کشت گیاه چای ترش در برنامه ۵ ساله توسعه کشت گیاهان دارویی در استان خوزستان بوده و در حال حاضر در شهرهای رامهرمز، شادگان، باوی و حمیدیه جزو الگوی کشت سالیانه می‌باشد. از روغن این درخت در زمان‌های قدیم به عنوان داروی التیام بخش و ترمیم کننده‌ی زخم استفاده می‌شد. امروزه نیز از این روغن به دلیل خاصیت ضدقارچ و ضدعفونی کننده جهت ماساژ پوست‌های معمولی و خشک استفاده می‌شود. عصاره چای سبز دارای اثرات آنتی‌اکسیدان (ضدسرطان)، مرطوب کننده، نرم کننده و ضدچروک است. چای سبز پوست را در مقابل اشعه ماوراء بنفش محافظت کرده و ضدپیری پوست است. تحقیقات نشان داده است که چای سبز و چای سفید نقش حفاظتی و مؤثری برای پوست در مقابل آفتاب دارند (بختیاری و رادان، ۱۳۹۲).

۷- **زیتون** (Olive): از گیاهانی است که کشت آن در خوزستان و بویژه در شهرستان‌های بهبهان، رامهرمز و روستاهای اطراف آن‌ها به وفور مشاهده می‌شود. میوه آن دارای ویتامین‌های A و E بوده و روغن حاصل از آن نیز دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهاب، التیام بخش، مرطوب کننده و ضد خارش است و تاثیر معنی‌داری بر آسیب‌های ناشی از سوختگی‌های پوستی دارد. از دیگر مزایای روغن زیتون این است که پوست را در برابر نور آفتاب و اشعه ماوراء بنفش محافظت می‌کند (Sumiyoshi and Kimura, 2010).

۸- **گل همیشه بهار** (Calendula): این گیاه در خوزستان در شهرستان‌های دزفول، ایذه، باغملک، شوش، شوشتر و کارون به صورت تخصصی و بر مبنای الگوی کشت سالیانه کشت می‌شود. این گیاه به صورت خود رو نیز در استان خوزستان مشاهده می‌شود. نقش مهم آن برای پوست ضدالتهاب بودن آن به شمار می‌رود و جهت درمان زخم‌ها و التیام پوست به ویژه در سوختگی‌ها تأثیر زیادی دارد. در استحکام پوست نقش داشته و پوست را در برابر آفتاب و اشعه ماوراء بنفش محافظت می‌کند. مرطوب کننده است و در تهیه لوازم آرایشی نیز استفاده می‌شود (بختیاری و رادان، ۱۳۹۲).

۹- **کنگر فرنگی** (Cynara): در رشته کوه زاگرس و در دامنه‌های آنها به وفور این گیاه در فصل بهار مشاهده می‌شود. در برخی از شهرستان‌های استان نظیر دزفول و رامهرمز کشت این گیاه مشاهده شده است اما بیشتر این گیاه به صورت خود رو در دامنه کوه‌ها مشاهده می‌شود. عصاره این گیاه منبع آنتی اکسیدان است. در تهیه انواع لوسیون، کرم و ماسک برای تقویت پوست، جلوگیری از بروز چروک و حفظ زیبایی و لطافت پوست به کارمی رود.یکی از اثرات مهم این گیاه بر پوست اثرات ضددرد و ضدالتهابی است. با توجه به ویژگی مهم آنتی‌اکسیدانی عصاره این گیاه، از تشکیل تومورهای پوستی سرطانی نیز جلوگیری می‌کند (بختیاری و رادان، ۱۳۹۲).

استفاده از گیاهان دارویی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه بستر مناسبی برای حفاظت از سلامت ایجاد می‌کند (صمصام شریعت، ۱۳۸۳). وجود اقلیم‌های متنوع سبب شده که ایران به یکی از زیستگاه‌های غنی گیاهان دارویی تبدیل شود. دارا بودن اقوام، آداب و رسوم مختلف استفاده از گیاهان دارویی فرهنگ غنی را سبب شده که حراست و ثبت آن به عنوان میراثی گران بها ضروری به نظر رسد (سفیدکن، ۱۳۸۷). در این تحقیق بر اساس اطلاعات از افراد بومی بویژه فروشندگان گیاهان دارویی در سطح شهرستان بهبهان و منابع علمی معتبر استفاده شد و ۱۰ نوع از پرکاربردترین این گیاهان که نقش مثبتی بر پوست دارند، معرفی شد. با توجه به اطلاعات فروشندگان بومی بیشترین میزان استفاده از گیاهان معرفی شده برای پوست به روغن زیتون و بابونه اختصاص داشت. سایر گیاهان دارویی معرفی شده بر مبنای مصاحبه با فروشندگان گیاهان دارویی خریدار زیادی نداشت که دلیل اصلی آن به نظر می‌رسد عدم آگاهی مردم و نبود اطلاعات کافی از خواص این گیاهان بر روی پوست است. دلیل اصلی برای استقبال مردم از این ۲ گیاه دارویی در جهت مراقبت از پوست را می‌توان به قدمت استفاده از این گیاهان و اعتماد کافی مردم از خواص درمانی و نحوه استفاده از این گیاهان مرتبط دانست. بر اساس نتایج بدست آمده کم تقاضا ترین گیاه دارویی به کنگرفرنگی اختصاص داشت. دلیل اصلی آن مربوط به عدم شناخت صحیح از فروشندگان گیاه دارویی در خواص درمانی این گیاه بر روی پوست بود. این گیاه توسط فروشندگان بیشتر به صورت خوراکی معرفی می‌گردید، در حالی که عصاره این گیاه نقش مهمی در تقویت پوست، جلوگیری از چروک، حفظ لطافت پوست و ویژگی آنتی اکسیدانی (ضدسرطانی) دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

فعالیت‌های پژوهشی که با معرفی و نحوه استفاده از گیاهان دارویی همراه باشد، موجب آگاهی بیشتر عموم و رواج مصرف این گیاهان در سطح عموم شده و در نتیجه مصرف داروهای شیمیایی کاهش می‌یابد. اثرات میوه‌ها و سبزیجات و گیاهان مختلف بر پوست غیرقابل انکار است و استفاده از آنها چه به صورت سنتی و چه در تهیه فرآورده‌های آرایشی و ترکیب با مواد شیمیایی برای نگهداری از پوست و پیشگیری و درمان بیماری‌های پوستی امری متداول است. هدف اصلی این پژوهش معرفی گیاهان دارویی موثر بر پوست که در استان خوزستان به صورت خود رو و یا در الگوی کشت سالیانه استان قرار دارد، بود. بسیاری از مردم در اوقات فراغت به طبیعت می‌روند که در صورت اطلاعات صحیح و جامع از گیاهان دارویی می‌توانند از این گیاهان خود رو و طبیعی در جهت مراقبت از پوست یا سایر موارد استفاده کنند.

منابع

هوشیدری، ف. (۱۳۸۸). گیاهان دارویی استان کردستان، فصلنامهٔ علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲۵، شمارهٔ ۱، صفحه ۹۲-۱۰۳.

امیدبیگی، ر.، (۱۳۷۶)، رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی، جلد دوم، انتشارات طراحان نشر، تهران، صفحات ۴۲۴.

سلطانی پور، م. ا. (۱۳۸۴). گیاهان دارویی منطقه حفاظت شده گنو، فصلنامه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۶۸، صفحه ۲۷-۳۷.

امین، غلامرضا. (۱۳۸۴). متداول‌ترین گیاهان دارویی سنتی ایران، تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران، مرکز تحقیقات اخلاق و تاریخ پزشکی، صفحات ۹۲.

صمصام شریعت، س. ه. (۱۳۸۳). گزیده گیاهان دارویی، انتشارات مانی، ۱۰۴۰ صفحه.

سفیدکن، ف. (۱۳۸۷). برنامه راهبردی تحقیقات گیاهان دارویی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ۴۰ صفحه

Sormaghi S. (2009). Medicinal plants and herbal therapy. Tehran: Feeding the world.

Bakhtiyari Z. (2008). Common homemade traditional therapies in a rural area in Isfahan. First Congress of the Iranian Folk Medicine, Iran; Tehran; Congress Abstract Book.

Kraft K, Hobbs C. (2004). Pocket guide to herbal medicine. 1st Ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 61-62.

Hejazi SH. (2009). Comparision effectivness of extracts of thyme, yarrow, henna and garlic on *cutaneous leishmaniasis* caused by L. major in animal model (Balb/c). Journal of Medicinal Plants; 8: 129-36.

Kapoor S, Saraf S. (2010). Assessment of viscoelasticity and hydration effect of herbal moisturizers using bioengineering techniques. Phcog Mag; 6: 298-304.

Sumiyoshi M, Kimura Y. (2010). Effects of olive leaf extract and its main component oleuropin on acute ultraviolet B irradiation-induced skin changes in C57BL/6J mice. Phytother Res; 24: 995-1003.

Evaluation of medicinal plants effective on the skin in Khuzestan Province

Raheleh Ahmadpour[1]*, Firuzeh Badreh[2], Hakimeh Bekhrad[3], Saeed Reza Hosseinzadeh[4]
1. Depatment of Biology, Faculty of Basic Sciences, Behbahan KhatamAlanbia Technology, Behbahan, Iran
2. Behbahan Faculty of Medical Sciences, Behbahan, Iran
3. Farzangan Dr. Adeli School, Department of Education, Khuzestan, Behbahan, Iran
4. PhD of Biology, Education Research Institute, Department of Education, Khuzestan, Behbahan, Iran
Corresponding Author: Ahmadpour@bkatu.ac.ir

Abstract

The skin is a barrier between the human body and the external environment and protects the body against external chemical and physical factors and is the first line of defense against pathogenic microorganisms. Research has shown that products derived from plants have much fewer side effects on the skin than products derived from chemicals. In this regard, medical science has taken steps to produce creams, lotions, and ointments from plants. The natural compatibility of medicinal plants with the human body and the World Health Organization's emphasis on replacing chemical drugs with natural drugs have led to an increase in the prescription and consumption of medicinal plants. In this study, information from medicinal plant sellers in Behbahan County and reliable scientific sources was used. 10 types of medicinal plants effective on the skin were presented along with their therapeutic properties. The main emphasis in this study was on medicinal plants available in Khuzestan Province. Some of these plants were self-sufficient and others were in the annual cultivation pattern of the province. The plants studied included Eucalyptus, Thymes, Achillea, Chamomile, Wheat, Tea, Olive, Calendula and Cynara. According to the information of local sellers, the highest use of the introduced plants for the skin was olive oil and chamomile. Other introduced medicinal plants, based on interviews with medicinal plant sellers, did not have many buyers, the main reason for which seems to be the lack of awareness of the people and the lack of sufficient information about the properties of these plants on the skin. According to the results obtained, the least demanded medicinal plant was Cynara. The main reason for this was the lack of proper knowledge of the medicinal plant sellers about the therapeutic properties of this plant on the skin. This plant was mostly introduced by sellers in the form of food, while the extract of this plant plays an important role in strengthening the skin, preventing wrinkles, maintaining skin softness and properties.

Keywords: Traditional medicine, skin care, Khuzestan province, medicinal properties

بررسی قرابت ژنتیکی هفت ژنوتیپ منتخب گل‌محمدی دیم با نشانگرهای مولکولی

یوسف محمدی*

استادیار، گروه تحقیقات زیست فناوری منابع طبیعی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: mohammadi.yousef63@gmail.com

چکیده

گل‌محمدی یکی از مهمترین گیاهان تجاری می‌باشد که در صنایع غذایی، دارویی، عطرسازی و آرایشی استفاده می‌شود و تولید ارقام گل‌محمدی دیم سازگار به اقلیم‌های مختلف، اهمیت به سزایی در تولید این گیاه ارزشمند دارد. این تحقیق با هدف بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های برتر گل‌محمدی دیم طراحی شده است. پس از جمع‌آوری نمونه‌های برگی هفت ژنوتیپ منتخب، استخراج DNA با روش CTAB تغییر یافته صورت و واکنش زنجیره‌ای پلیمراز با استفاده از نشانگرهای SCoT برای تولید باندهای DNA انجام گرفت. باندهای تکثیر شده بر روی ژل پلی‌آکریلامید ۵ درصد تفکیک گردید. بر اساس نتایج به دست آمده از الکتروفورز عمودی محصولات PCR، از ۲۹ نشانگر SCoT، در ۱۳ نشانگر تکثیر قطعه صورت گرفت. در مجموع برای ۱۳ نشانگر SCoT، ۲۳ آلل چند شکل در هفت ژنوتیپ منتخب گل‌محمدی دیم شناسایی گردید. به‌طور میانگین ۱/۷۶ آلل چند شکل برای هر نشانگر SCoT شناسایی گردید. پس از تشکیل ماتریس تشابه بین ژنوتیپ‌های منتخب، تجزیه و تحلیل داده‌های مولکولی با استفاده از نرم افزار GenALEx صورت گرفت. خوشه‌بندی ژنوتیپ‌های مختلف بر اساس روش UPGMA نشان داد که هفت ژنوتیپ منتخب با در نظر گرفتن ضریب تشابه ۰/۸۰، در دو کلاد اصلی قرار گرفتند. به‌طوریکه در کلاد I، ژنوتیپ‌های G40، G28، G8، G35، G29 و G6 و در کلاد II، ژنوتیپ G21 قرار گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی: تنوع ژنتیکی، گل‌محمدی دیم، نشانگرهای مولکولی، GenALEx، SCoT

مقدمه

گل‌محمدی (*Rosa damascena* Mill.) یکی از مهمترین گونه‌های معطر و اسانس‌دار بوده که در صنایع غذایی، دارویی، عطرسازی و آرایشی و بهداشتی کاربرد داشته و در ایران، ترکیه، بلغارستان، هندوستان، ایتالیا و اسپانیا کشت می‌شود (Beheshti et al., 2022). گل ارزشمندترین بخش قابل مصرف این گیاه می‌باشد که فرآورده‌های آن به صورت‌های مختلف از قبیل گلاب، اسانس و گل خشک مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین عصاره‌های اتانولی، آبی و کلروفرمی از گل‌ها، گلبرگ‌ها و ساقه‌های گل‌محمدی نیز کاربرد تحقیقاتی دارند (Kurkcuoglu, 2003). عصاره گل‌محمدی حاوی گلیکوزیدها، ترپن‌ها، فلاونوئیدها و آنتوسیانین می‌باشد. تحقیقات دارویی متعددی روی گل‌محمدی انجام شده است و تاثیرات آن بر سیستم عصبی مرکزی مورد ارزیابی قرار گرفته است. ترکیبات فنلی گل‌محمدی دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی، ضدالتهابی، ضدجهش‌زایی و ضدافسردگی هستند.

در خصوص منشاء گل‌محمدی در بین گیاهشناسان اختلاف نظر وجود دارد. اگرچه نام علمی گونه (*damascena*) و نام انگلیسی آن رز دمشقی اشاره به شهر دمشق در کشور سوریه دارد، لیکن اکثر گیاهشناسان منشاء

آن را سوریه نمی‌دانند. برخی از گیاهشناسان منشاء گل‌محمدی را جنوب اروپا و ایتالیا می‌دانند و عده‌ای از آنها در این مورد به‌طور مستقیم به ایران اشاره نموده‌اند (Venkatesha et al., 2022).

یکی از اهداف اساسی اصلاح نژاد گل‌محمدی تولید و معرفی ارقام با عملکرد گل و اسانس بالا می‌باشد. عملکرد گل، میوه و یا دانه از مهمترین صفات گونه‌های داروئی و معطر، باغی و یا زراعی بشمار می‌آید. از طرفی ارزیابی این خصوصیت مستلزم صرف زمان و شرایط خاص می‌باشد. بنابراین، خصوصیاتی که با آن همبستگی بالایی دارند و در گستره زمانی بیشتری قابل انجام است، به‌عنوان معیار گزینش جهت بررسی تنوع ژنتیکی دارای اهمیت می‌باشند. لیکن با توجه به متنوع بودن شرایط اکولوژیکی مناطق مورد کشت گل‌محمدی در کشور و تاثیر عوامل محیطی بر عملکرد مسئله سازگاری و ثبات عملکرد یا پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها نیز به اندازه خود عملکرد ژنوتیپ‌ها اهمیت دارد؛ زیرا از دیدگاه اصلاح نباتات ژنوتیپ موفق، ژنوتیپی با عملکرد بالا است که برتری عملکرد آن در شرایط محیطی مختلف قابل اعتماد یعنی پایدار باشد.

طی دهه گذشته از نشانگرهای مولکولی با موفقیت در مطالعات تنوع ژنتیکی و شناسایی ارقام مختلف گل‌محمدی استفاده شده است. Agaoglu و همکاران (۲۰۰۰) و همچنین Baydar و همکاران (۲۰۰۴) با مطالعه بر روی ارقام موجود در ترکیه با استفاده از نشانگرهای مولکولی RAPD، AFLP و SSR به این نتیجه رسیدند که بین ارقام مختلف تنوع ژنتیکی کافی وجود ندارد و این ارقام در واقع از یک یا چند ژنوتیپ اولیه مشترک حاصل شده‌اند. Rusanov و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که تنوع ژنتیکی بین ارقام گل‌محمدی موجود در بلغارستان وجود ندارد و در این مطالعه از نشانگرهای SSR برای بررسی تنوع ژنتیکی استفاده کرده بودند. محققین مزبور همچنین از تجزیه و تحلیل ارقام موجود در ایران، ترکیه و هند به این نتیجه رسیدند که این ارقام همان ارقام موجود در بلغارستان می‌باشند (Rusanov, 2005).

با توجه به اهمیت روزافزون گل‌محمدی به‌عنوان مهمترین گونه معطر و ارزش بالای اقتصادی فرآورده‌های مختلف آن از یک طرف و پتانسیل‌های ارزشمند باغی و زراعی این گونه از جمله کم توقع بودن، توان رشد در طیفی از شرایط مختلف محیطی، سهولت کاشت و دائمی بودن، فاصله کوتاه زمانی تا رسیدن به تولید و داشتن تولید اقتصادی از طرف دیگر و همچنین قابلیت حفاظت آب و خاک، این گونه اخیرا در ردیف اولویت‌های تحقیقاتی کشاورزی و منابع طبیعی کشور قرار گرفته است. با توجه به وجود زمین‌های مستعد کشت دیم گل‌محمدی، ثبت ارقام گل‌محمدی دیم برای کشت در این مناطق حائز اهمیت است. این پروژه با هدف بررسی قرابت ژنتیکی بین هفت ژنوتیپ منتخب گل‌محمدی با نشانگرهای SCoT صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از هفت ژنوتیپ گل‌محمدی دیم که طی تحقیقات وسیع و با استفاده از صفات مورفولوژیکی و عملکردی به وسیله موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور به عنوان ژنوتیپ‌های منتخب دیم معرفی شده‌اند استفاده گردید (جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات هفت ژنوتیپ منتخب گل‌محمدی دیم

ژنوتیپ	منطقه	میانگین عملکرد (کیلوگرم گل در هکتار)
G40	اصفهان ۸	۲۵۳۳
G28	مرکزی	۲۲۵۰
G8	چهارمحال بختیاری	۲۱۸۵
G35	اصفهان ۳	۲۱۹۲
G6	ایلام	۲۳۸۸
G29	هرمزگان	۲۳۳۱
G21	کرمانشاه	۲۱۲۵

استخراج DNA ژنومی و واکنش زنجیره‌ای پلیمراز

نمونه‌های برگی از گیاهان مادری هفت ژنوتیپ گل‌محمدی دیم جدا و استخراج DNA به روش CTAB انجام و کمیت و کیفیت DNA استخراجی با روش اسپکتروفتومتری صورت گرفت. پس از اطمینان از خلوص DNA استخراجی، واکنش زنجیره‌ای پلیمراز با حجم نهایی ۱۰ میکرولیتر و با استفاده از آغازگرهای جدول ۲ و با شرایط زیر انجام شد.

چرخه‌های حرارتی شامل یک چرخه واسرشته‌سازی اولیه در دمای ۹۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه، ۴۰ چرخه با واسرشته‌سازی در دمای ۹۴ درجه سانتی‌گراد به مدت یک دقیقه، اتصال آغازگر در دمای ۶۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد بسته به آغازگر به مدت یک دقیقه، بسط در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت یک دقیقه و نهایتاً یک چرخه بسط نهایی در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه بود. پس از انجام واکنش PCR، تفکیک قطعات تکثیری با استفاده از ژل پلی‌آکریلامید ۵ درصد انجام شد.

جدول ۲. اسامی، توالی آغازگرهای SCoT

آغازگر	توالی آغازگر (5'–3')
SCoT-2	CAACAATGGCTACCACCC
SCoT-3	CAACAATGGCTACCACCG
SCoT-4	CAACAATGGCTACCACCT
SCoT 5	CAACAATGGCTACCACGA
SCoT 7	CAACAATGGCTACCACGG
SCoT-8	CAACAATGGCTACCACGT
SCoT 9	CAACAATGGCTACCAGCA
SCoT 10	CAACAATGGCTACCAGCC
SCoT-11	AAGCAATGGCTACCACCA
SCoT-12	ACGACATGGCGACCAACG
SCoT-14	ACGACATGGCGACCACCG
SCoT-15	ACGACATGGCGACCGCGA
SCoT-21	CACCATGGCTACCACCAT
SCoT 23	CACCATGGCTACCACCAG

جدول ۲. اسامی، توالی آغازگرهای SCoT

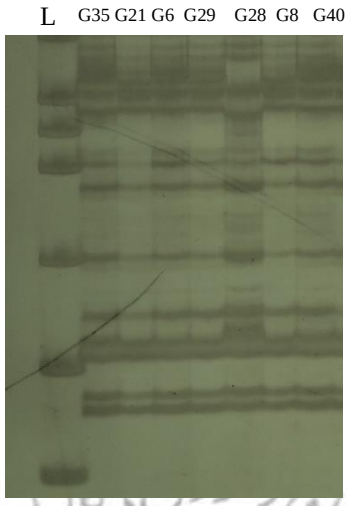
آغازگر	توالی آغازگر (5'–3')
SCOT 24	CCATGGCTACCACCGCAG
SCoT 26	ACCATGGCTACCACCGTC
SCOT 28	CAACAATGGCTACCACCA
SCoT 30	CCATGGCTACCACCGGCG
SCOT 32	CAACAATGGCTACCACGC
SCoT 35	CATGGCTACCACCGGCCC
SCoT 41	CAATGGCTACCACTGACA
SCoT 42	CAATGGCTACCATTAGCG
SCoT 44	CAATGGCTACCATTAGCC
SCoT 45	ACAATGGCTACCACTGAC
SCOT 46	ACCATGGCTACCACCGC
SCoT 54	ACAATGGCTACCACCAGC
SCoT 60	ACAATGGCTACCACCACA
SCoT 61	CAACAATGGCTACCACCG
SCoT 62	ACCATGGCTACCACGGAG

تجزیه و تحلیل‌های آماری

محتوای اطلاعات چندشکلی (PIC) نشانگرها با استفاده از نرم‌افزار Excel برای هر آغازگر محاسبه شد. در این مطالعه تعداد آلل موثر (Ne)، شاخص شانون (I)، شاخص هترویگوزیسیتی (He) و شاخص هتروزیگوسیتی تصحیح شده (uHe) با استفاده از نرم‌افزارGenAlex در ژنوتیپ‌های مختلف گل‌محمدی محاسبه شدند. دسته‌بندی خوشه‌ها با استفاده از نرم‌افزار NTSYS و به روش UPGMA انجام گرفت. روش UPGMA یکی از روش‌های ساده‌ای است که بر مبنای گروه‌بندی داده‌ها یا خوشه‌بندی سلسله مراتبی مخصوصاً برای ساخت درخت فیلوژنتیک در بیوانفورماتیک به کار می‌رود.

نتایج و بحث

پس از اطمینان از کمیت DNA استخراجی، واکنش زنجیره‌ای پلیمراز با ۲۹ نشانگر SCoT صورت گرفت. با توجه به غربال اولیه، ۶ آغازگر به دلیل داشتن باندهای شفاف برای بررسی تنوع ژنتیک هفت ژنوتیپ مورد استفاده قرار گرفت. الکتروفورز عمودی با ژل پلی‌آکریلامید ۵ درصد انجام شد. نمونه‌ای از عکس باندهای تکثیر شده در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱. آلل‌های حاصل از تکثیر DNA ژنوتیپ‌های مختلف گل‌محمدی با 12 SCoT

برای نشانگرها در مجموع ۱۰۷ آلل مشاهده شد که ۲۳ آلل یا به عبارت دیگر ۲۱ درصد آلل‌ها به‌عنوان آلل چندشکل تشخیص داده شد. تعداد آلل‌ها برای آغازگر در این مطالعه از ۵ تا ۱۴ متغیر بود که آغازگر ۶۱ SCoT و ۲۱ SCoT با ۵ آلل کمترین و ۱۲ SCoT با ۱۷ آلل بیشترین آلل را در بین آلل‌های تولیدی توسط هر یک از آغازگرها داشتند (جدول ۳). در نشانگرهای غالب شاخص PIC از صفر تا نیم متغیر بوده و هرچه این عدد بزرگ‌تر باشد بیانگر فراوانی بیشتر چندشکلی برای آن جایگاه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و توانایی بالای آن در تعیین فاصله ژنتیکی ژنوتیپ‌ها است. در این مطالعه بالاترین میزان شاخص PIC با مقدار ۰/۲۰۴ مربوط به SCoT۲ و پایین‌ترین میزان با مقدار صفر مربوط به SCoT۳۵، SCoT۴۴، SCoT۴۵، SCoT۴۶، SCoT۵۴، SCoT۶۰ و SCoT۶۱ بود. بدین ترتیب ۲ SCoT دارای بیشترین توانایی در تعیین فاصله ژنتیکی پایه‌ها بود.

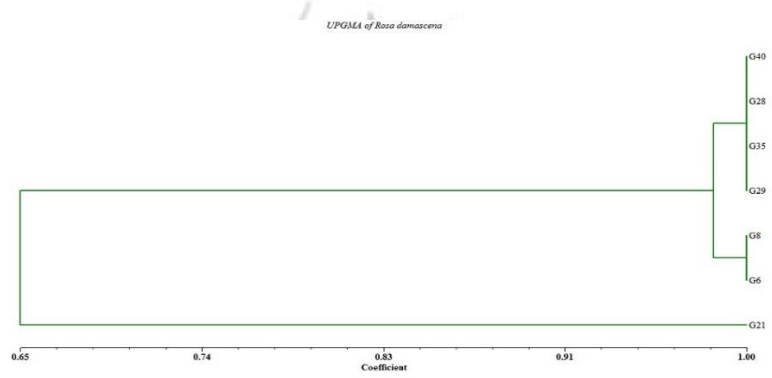
جدول ۳. مشخصات و درصد چندشکلی آغازگرهای مورد استفاده

Primer name	Primer sequence	AT(°C)	PIC Value	Total band	PB
SCoT2	5' CAACAATGGCTACCACCC 3'	55	0.204	6	5
SCoT5	5' CAACAATGGCTACCACGA 3'	55	0.112	8	3
SCoT12	5' ACGACATGGCGACCAACG 3'	53	0.122	17	7
SCoT21	5' CACCATGGCTACCACCAT 3'	53	0.048	5	1
SCoT28	5' CAACAATGGCTACCACCA 3'	54	0.122	10	5
SCoT35	5' CATGGCTACCACCGGCCC 3'	54	0	9	0
SCoT41	5' CAATGGCTACCACTGACA 3'	54	0.061	8	2
SCoT44	5' CAATGGCTACCATTAGCC 3'	52	0	14	0
SCoT45	5' ACAATGGCTACCACTGAC 3'	52	0	6	0
SCoT46	5' ACCATGGCTACCACCGC 3'	52	0	7	0
SCoT54	5' ACAATGGCTACCACCAGC 3'	51	0	6	0
SCoT60	5' ACAATGGCTACCACCACA 3'	55	0	6	0
SCoT61	5' CAACAATGGCTACCACCG 3'	55	0	5	0

AT Annealing Temperature, *PB* polymorphic bands

با استفاده از نرم‌افزار GenAlex و آنالیز داده‌ها تعداد آلل، تعداد آلل موثر، شاخص شانون، شاخص‌های هتروزیگوسیتی مورد انتظار و هتروزیگوسیتی تصحیح شده در نشانگرهای تکثیر شده بررسی گردید. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین تعداد آلل با ۱/۸۳، بیشترین تعداد آلل موثر با ۱/۷۴، بیشترین شاخص شانون با مقدار ۰/۵۵۳، بیشترین هتروزیگوسیتی و هتروزیگوسیتی تصحیح شده به ترتیب با مقادیر ۰/۳۹۲ و ۰/۴۲۲ به آغازگر SCoT۲ تعلق دارد.

برای بررسی میزان شباهت بین ژنوتیپ‌های مختلف گل‌محمدی و دسته‌بندی کردن آن‌ها با استفاده از الگوریتم UPGMA و داده‌های حاصل از ماتریس تشابه ژاکارد، دندروگرام ژنوتیپ‌های مختلف گل‌محمدی بر اساس ۱۰۴ آلل نمره‌دهی شده از ۱۳ آغازگر SCoT برای هفت ژنوتیپ گل‌محمدی با استفاده از نرم‌افزار NTSYS رسم شد (شکل ۲). با در نظر گرفتن ضریب ۰/۸۰، دو کلاد اصلی تشکیل شده است؛ به‌طوریکه در کلاد I، ژنوتیپ‌های G40، G28، G8، G35، G29 و G6 و در کلاد II، ژنوتیپ G21 قرار گرفته‌اند.



شکل ۲. خوشه‌بندی حاصل از الگوریتم UPGMA

Pirseyedi و همکاران (۲۰۰۵) تنوع ژنتیکی بالایی در بین ۱۲ ژنوتیپ مختلف جمع‌آوری شده از مناطق مختلف ایران را با استفاده از نشانگرهای AFLP گزارش کردند که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت ندارد. علت این امر می‌تواند به قدرت تمایز نشانگرهای مولکولی SCoT و AFLP و همچنین وجود تفاوت ژنتیکی ذاتی در بین ژنوتیپ‌ها باشد. مطالعات Kiani و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که نشانگرهای RAPD توانایی تمایز بین ۴۱ ژنوتیپ موجود در ایران را دارند. در این مطالعه ارقام موجود در ۱۰ گروه مختلف طبقه‌بندی گردید که ارقام موجود در ترکیه و بلغارستان نیز در بزرگترین گروه قرار داشتند. نتایج نشان می‌دهد که کشور ایران به دلیل داشتن تنوع آب و هوایی و همچنین وجود ژنوتیپ‌های مختلف، می‌تواند به‌عنوان مخزن ژنی مهم در ایجاد دورگ‌های گل‌محمدی پر بازده عمل کند. با توجه به مطالعه حاضر و مطالعات صورت گرفته، منشاء بودن ایران برای گل‌محمدی محتمل به نظر می‌رسد و بایستی اقدامات لازم برای ثبت ژنوتیپ‌های موجود به‌عنوان ارقام جدید صورت گرفته و بر اساس ویژگی‌های اقلیمی هر منطقه، رقم مناسب آن منطقه توصیه و کشت شود. همچنین بایستی کلکسیون کامل گل‌محمدی برای حفظ ذخیره ارزشمند این گیاه اقتصادی مهم صورت پذیرد.

نتیجه‌گیری

با عنایت به نتایج بدست‌آمده، قرابت ژنتیکی بالایی در بین ژنوتیپ‌های گل‌محمدی دیم مورد استفاده در این پژوهش وجود دارد که نشان دهنده این است که اغلب ژنوتیپ‌ها دارای منشا یکسانی می‌باشند یا نشانگرهای مورد

استفاده توانایی تفکیک ژنوتیپ‌های مذکور را ندارند. بنابراین پشنهاد می‌شود که بقیه ژنوتیپ‌های گل محمدی که در شرایط دیم عملکرد بالایی دارند نیز در تحقیقات بعدی مورد استفاده قرار بگیرند و همچنین از نشانگرهای مولکولی دیگر مانند SSR نیز برای بررسی قرابت ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های گل‌محمدی دیم استفاده گردد.

منابع

Agaoglu, Y., et al. (2000). Molecular analysis of genetic diversity oil rose (*Rosa damascena* Mill.) grown Isparta (Turkey) region. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 14(2): 16-18.

Baydar, N. G., et al. (2004). Analysis of genetic relationships among *Rosa damascena* plants grown in Turkey by using AFLP and microsatellite markers. *Journal of biotechnology*, 111(3): 263-267.

Beheshti, F., Ahmadabady, S., Baghcheghi, Y., Anaeigoudari, A., & Hosseini, M. (2021). A mini review of neuropharmacological effects of *Rosa damascena* Herrm. *Pharmaceutical Sciences*, 28(2), 232-238.

Kiani, M., et al. (2008). Wide genetic diversity of *Rosa damascena* Mill. germplasm in Iran as revealed by RAPD analysis. *Scientia Horticulturae*, 115(4): 386-392.

Kurkcuoglu, M., & Baser, K. H. C. (2003). Studies on Turkish rose concrete, absolute, and hydrosol. *Chemistry of natural compounds*, 39, 457-464.

Pirseyedi, S. M., et al. (2005). Analysis of the genetic diversity 12 Iranian Damask rose (*Rosa damascena* Mill.) genotypes using amplified fragment length polymorphism markers.

Rusanov, K., et al. (2005). Microsatellite analysis of *Rosa damascena* Mill. accessions reveals genetic similarity between genotypes used for rose oil production and old Damask rose varieties. *Theoretical and Applied Genetics*, 111(4): 804-809.

Venkatesha, K. T., Gupta, A., Rai, A. N., Jambhulkar, S. J., Bisht, R., & Padalia, R. C. (2022). Recent developments, challenges, and opportunities in genetic improvement of essential oil-bearing rose (*Rosa damascena*): A review. *Industrial Crops and Products*, 184, 114984.

Investigating the genetic affinity of seven selected genotypes of rain-fed *Rosa damascena* using molecular markers

Yousef Mohammadi*
Research institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
*Corresponding Author: mohammadi.yousef63@gmail.com

Abstract

Rosa damascena is one of the most important commercial plants that is used in food, pharmaceutical, perfumery and cosmetic industries and the production of cultivars adapted to different climates is of great importance in the production of this valuable plant. This project was designed to investigate the genetic diversity of the selective genotypes. After collecting leaf samples of seven selected genotypes, DNA extraction was performed by modified CTAB method and polymerase chain reaction was performed using SCoT markers to produce DNA bands. Amplified bands on 5% Polyacrylamide gel were separated. Based on the results obtained from vertical electrophoresis of PCR products, from 29 SCoT markers, fragment amplification was performed in 13 SCoT markers. In total, for 13 SCoT markers, 23 polymorphic alleles were identified in 7 selected *Rosa damascena* genotypes. On average, 1.76 polymorphic alleles were identified for each SCoT marker. After forming the similarity matrix between the selected genotypes, molecular data analysis was performed using GenALEx software. Clustering of seven different genotypes based on UPGMA method showed that 7 selected genotypes were placed in two main clades with a similarity coefficient of 0.80. As in clade I, genotypes G40, G28, G8, G35, G29 and G6, in clade II, genotype G21.

Keywords: Damask rose, Genetic diversity, molecular markers, GenALEx, SCoT.

ارزیابی اثربخشی گیاهان دارویی پرکاربرد در استان خوزستان جهت درمان استرس و اضطراب

مرضیه جامعی[۱]، راهله احمدپور*[۲]، فاطمه عابدیان[۱]، فاطمه شبان[۱]، زهرا مرامی[۱] و بهار گله‌دارزاده[۱]

۱- دبیرستان استعدادهای درخشان فرزانگان مهندس دادپور، آموزش و پرورش شهرستان بهبهان، خوزستان، ایران

۲- عضو هیات علمی گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، خوزستان، ایران

*نویسنده مسئول: Ahmadpour@bkatu.ac.ir

چکیده

استرس و اضطراب بیش از حد معمول همراه با پاسخ‌های فیزیولوژیک از جمله افزایش متابولیسم بدن، کاهش سیستم ایمنی بدن و افزایش کار دستگاه قلب وعروق می‌باشد. از سوی دیگر مطالعات نشان داده است که رابطه مهمی بین اضطراب و مرگ و میرهای بعد از آن وجود دارد که حاکی از اهمیت این موضوع در سلامت و بهداشت عمومی جامعه است. در این پژوهش تلاش داریم با کمک طب سنتی مهمترین گیاهان دارویی برای درمان استرس و اضطراب را معرفی نماییم. در این مطالعه از دو منبع برای جمع آوری اطلاعات استفاده شد. اولین منبع تحقیقات میدانی و مصاحبه با فروشندگان گیاهان دارویی و برخی افراد مطلع محلی بود و دومین روش استفاده از مقالات معتبر در این زمینه بود. مقالات از طریق جستجوی الکترونیکی با وارد کردن کلید واژه‌های مورد نظر در بانک‌های اطلاعاتی بویژه ISC و SID بررسی شدند. مرور مقالات موجود نشان داد که در طب سنتی از گیاهان بسیاری که دارای خواص ضد اضطرابی و آرامبخشی هستند نام برده شده است. مطالعات انجام شده بر روی سنبل الطیب، اسطوخودوس، خارمریم، گل سرخ، زیرفون، رازیانه، بابونه، اسفناج و بهارنارنج نشان می‌دهد که این گیاهان دارای اثرات ضد اضطرابی و ضد استرس بوده و می‌توان از آنها به عنوان گیاهانی با خواص آرامبخشی و ضد اضطرابی استفاده کرد. با توجه به اثرات مضر و عوارض مشاهده شده در داروهای شیمیایی، توصیه می‌شود به جای مصرف داروهای شیمیایی جهت کنترل استرس و اضطراب ابتدا از داروهای گیاهی و طب سنتی استفاده شود و در صورت عدم بهبود و با تجویز پزشک متخصص از داروهای شیمیایی استفاده گردد.

واژه‌های کلیدی: طب سنتی، درمان استرس، استان خوزستان، خواص دارویی

مقدمه

به علت علاقه وافر مردم به مصرف روز افزون داروهای گیاهی، این بخش از منابع طبیعی ایران از نظر اقتصادی و درمانی اهمیت بالایی یافته است (سفیدکن، ۱۳۸۷). بنابراین ضرورت تحقیق در زمینه اثرات درمانی گیاهان دارویی آشکار است. بر طبق اعلام سازمان بهداشت جهانی ۳/۴ درصد از مردم دنیا برای حفظ سلامتی خود از درمان‌های سنتی به ویژه گیاهان بهره می‌برند (یعقوبی و همکاران، ۱۳۹۴). استرس و اضطراب یک واکنش طبیعی به فشار روانی است و دارای بخش‌های رفتاری، بدنی و ذهنی است و به نوعی تصوری است که وجود خارجی و عینی ندارد اما در آماده سازی بدن در شرایط مختلف بسیار مفید است. عقیده بر این است که اضطراب کم برای حیات و زندگی روزمره لازم است، اما اضطراب زیاد نیز زیان‌های جدی بر جسم، روان، روابط اجتماعی، حرفه و تحصیلات وارد می‌آورد و فرد را

از دارا بودن یک سلامت کیفی قابل قبول در زندگی محروم می‌نماید. اضطراب زیاد و طولانی مدت معمولا همراه با پاسخ‌های فیزیولوژیک از جمله افزایش متابولیسم، کاهش ایمنی بدن و افزایش کار دستگاه قلب و عروق بوده، همچنین رابطه مهمی بین اضطراب و مرگ و میرهای بعد از آن وجود دارد که حاکی از اهمیت این اختلال به عنوان مساله‌ای در بهداشت و تندرستی عمومی است. امروزه اختلالات اضطرابی یکی از شایع ترین بیماری‌های روانپزشکی در کل جامعه محسوب می‌شود، سهم بسزایی (۱۵ تا ۲۰ درصد) از مراجعین به درمانگاه‌های داخلی را نیز شامل می‌گردد. در بعضی از موارد اضطراب بدون نیاز به درگیری پزشک می‌تواند درمان گردد. این موارد اضطراب طبیعی نام دارند که طی آن اضطراب به خوبی توسط بیمار کنترل شده و برطرف می‌شود مثل ترس ناشی از امتحان نهایی و یا ترس ناشی از مصاحبه. در چنین شرایطی استرس می‌تواند توسط روش‌هایی از جمله صحبت با شخص مورد اعتماد، ایجاد تمرکز، حمام گرفتن طولانی، استراحت در یک اتاق تاریک و ورزش های تنفس عمیق تحت کنترل درآید. در درمان دارویی در گذشته داروهایی از خانواده بنزودیازپین‌ها مانند دیازپام، آلپرازولام، لورازپام و باسپیرون در درمان اختلالات اضطرابی مورد استفاده قرار می‌گرفت و در حال حاضر استفاده از داروهای ضد افسردگی نظیر سرتالین، پاروکسیتین و فلوکسیتین استفاده می‌شود. مقایسه مصرف داروهای شیمیایی و گیاهی نشان میدهد که داروهای شیمیایی ضمن ایجاد اثرات خوب دارای عوارض جانبی بوده‌اند که بعضی از عوارض آنها تا آخر عمر باقی می‌ماند و حتی در بعضی موارد به نسل بعدی منتقل می‌شوند، در صورتی که عوارض داروهای گیاهی کمتر است و در خیلی موارد بسیار کم و بدون عارضه می‌باشند (هوشیدری، ۱۳۸۸). در یک دهه گذشته با توجه به مشکلاتی که داروهای شیمیایی برای بسیاری از افراد در سال‌های اخیر ایجاد کرده اند، گرایش و توجه به داروها با منشاء گیاهی افزایش روز افزونی یافته است (صمصام شریعت، ۱۳۸۳). مساله مهم دیگر اینکه در بعضی بیماری‌ها داروهای گیاهی دارای اثرات بهتری هستند و برای برخی از بیماری‌ها در حال حاضر فقط داروهای گیاهی وجود دارند. مطالعات نشان می‌دهد که طب سنتی و گیاهان دارویی در تسهیل درمان بیماری‌های مزمن و مشکلات مرتبط با آن حرف‌های زیادی برای گفتن دارد. گاهی در برخی از مناطق از گونه‌های گیاهی خاصی به عنوان گیاهان دارویی استفاده می‌شود که هنوز علوم جدید به آنها دست نیافته است و با استفاده از تجربه اهالی بومی می‌توان به این مهم دست یافت (امین، ۱۳۸۴). بنابراین انجام پژوهش‌هایی که به معرفی گیاهان دارویی منطقه بر اساس اطلاعات مردمی و اهالی بومی انجام گیرد، بسیار اهمیت دارد. شناخت و نحوه استفاده از گیاهان دارویی در رواج مصرف آنها نقش مهمی دارد و از سوی دیگر می‌تواند موجب کاهش هزینه‌های خانواده گردد (امیدبیگی، ۱۳۷۶).

در این مقاله تلاش داریم به معرفی گیاهان دارویی بومی استان خوزستان که تاثیر مثبتی بر کنترل استرس و اضطراب دارند، بپردازیم و اطلاعات جامعی نظیر شناخت و نحوه مصرف این گیاهان را ارائه نماییم. اهمیت و ضرورت انجام چنین پژوهش‌هایی این است که شناخت و معرفی گیاهان دارویی در هر منطقه و شهرستان یکی از گام‌های بنیادی و ضروری در زمینه توسعه پایدار گیاهان دارویی بوده و می‌تواند اطلاعات پایه‌ای مهمی را در اختیار هم محققان این رشته و هم مردم منطقه قرار دهد (سلطانی پور، ۱۳۸۴). هدف اصلی از انجام این پژوهش، ارائه اطلاعات جامع (معرفی گیاه دارویی موثر بر استرس و اضطراب، چگونگی استفاده از آن و خواص درمانی) از گیاهان دارویی رایج (با اولویت کاشت در استان خوزستان) جهت کنترل استرس و اضطراب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از دو منبع برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده کردیم. ابتدا تحقیقات میدانی انجام شد به طوری که از طریق مراجعه حضوری به فروشندگان گیاهان دارویی (عطاری‌ها) و افراد مطلع محلی (به صورت سنتی از گیاهان

دارویی برای کنترل اترس و اضطراب استفاده می‌کردند) اطلاعات جمع‌آوری شد. دومین منبع مورد استفاده، تحقیقات تئوری و کتابخانه‌ای با استفاده از منابع معتبر علمی نظیر برخی مقالات و اطلاعات ارائه شده در سایت‌های معتبر در حوزه گیاهان دارویی، جمع‌آوری شد. در انتها اطلاعات جمع‌آوری شده با یکدیگر مقایسه شدند و در برخی موارد مغایرت‌های وجود داشت که اطلاعات منابع علمی معتبر و منتشر شده در مجلات با نمایه ISC به عنوان اطلاعات صحیح در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

با بررسی منابع شرح داده شده مهمترین گیاهان دارویی موثر بر کنترل استرس و اضطراب که در خوزستان نیز کشت می‌شوند، عبارتند از:

سنبل الطیب

این گیاه محدوه کشت وسیعی دارد و به صورت گلخانه‌ای نیز پرورش می‌دهند. گیاهی علفی است دارای ساقه قوی، که به حالت خودرو مخصوصاً حاشیه آب‌های جاری یا گودال‌ها و در اغلب نواحی اروپا، آسیا و ایران می‌روید و قسمت مورد استفاده آن ریشه و ریزوم است. در استان خوزستان نیز این گیاه از طریق بذر کشت می‌شود که در شهرستان رامهرمز و منطقه ابولفارس در این شهرستان به صورت تخصصی کشت می‌شود. ریشه سنبل الطیب دارای اثر ضدتشنج قوی بوده و نیز در طب سنتی از آن در ناراحتی‌هایی با منشاء عصبی، هیستری، به عنوان کاهش دهنده مقدار دفع ادرار در مبتلایان به بیماری دیابت، رفع بی‌خوابی، دفع گاز معده، ضد اسپاسم و آرام بخش نیز استفاده می‌شود. همچنین ریشه در درمان اختلالات عصبی به ویژه سرگیجه، دردهای عصبی، سردرد، میگرن و اضطراب و اختلالات زمان یائسگی، سکسکه‌های مداوم و درد معده کاربرد دارد. آنچه قسمت اعظم استفاده از این گیاه را در طب امروز شامل می‌شود مصرف آن به عنوان آرام بخش است. امروزه مطالعات بالینی انجام شده نشان داده است که استفاده از عصاره این گیاه هیچ گونه عارضه، اثرات ناخواسته و یا حساسیت نداشته حتی در بارداری و شیردهی نیز بی‌خطر گزارش شده است. رضایی و همکاران در پژوهش خود با موضوع مطالعه اثرات تسکینی و ضداضطرابی عصاره سنبل الطیب در مقایسه با دیازپام‌گزارش کردند که عصاره سنبل الطیب دارای اثرات تسکینی و ضداضطرابی معنی داری در مقایسه با دیازپام می‌باشد (رضایی و همکاران، ۱۳۸۹). صولتی و همکاران نیز گزارش کردند که گیاه سنبل الطیب دارای ترکیبی طبیعی به نام والپوتریات است که اثرات ضد استرس و اضطراب دارند (صولتی و همکاران، ۱۳۸۷).

اسطوخودوس

در مناطق گرم و خشک بویژه در غرب و جنوب غربی کشور کشت می‌شود. به صورت خودرو نمی‌باشد و از طریق کشت می‌توان در بسیاری از مناطق آن را تولید کرد (در استان خوزستان، شهرستان‌های اندیمشک، دزفول، حمیدیه و اهواز کشت شده است). گیاهی چندساله و همیشه سبز از تیره نعناعیان است. روش مرسوم تکثیر این گیاه از طریق قلمه زدن است. ابتدا قلمه‌ها در محل مناسبی مانند گلخانه‌ها، برگدار و ریشه‌دار می‌شوند، سپس به زمین اصلی منتقل می‌گردند. از طریق بذر و خوابانیدن نیز این گیاه قابل تکثیر است. اسطوخودوس به عنوان یک داروی آرام بخش و برطرف کننده دردهای معده مصرف سنتی دارد و از دیگر خواص درمانی آن می‌توان به اثرات ضد افسردگی، ضد صرع و ضد سردردهای عصبی آن اشاره کرد. رضایی و همکاران در مطالعه خود با عنوان (مطالعه اثرات تسکینی، پیش بیهوشی و ضداضطرابی عصاره گیاه اسطوخودوس در مقایسه با دیازپام در موش صحرایی) بر روی ۳۶ موش صحرایی

نشان دادند که عصاره اسطوخودوس دارای اثرات تسکینی، پیش بیهوشی و ضد اضطرابی است (رضایی و همکاران، ۱۳۸۹). یکی از ترکیبات مهم موجود در عصاره اسطوخودوس، استرها می‌باشند که موجب جلوگیری از اسپاسم عضلات، کاهش تنش، اضطراب و افسردگی می‌شود.

زیرفون

این گیاه بیشتر در مناطق ساحلی و مرطوب مشاهده می‌شود اما به دلیل خواص دارویی فراوان در بسیاری از مناطق به صورت گلخانه‌ای و با مهیا کردن شرایط رطوبتی مناسب کشت می‌شود (درخوزستان با فراهم نمودن شرایط مناسب گلخانه‌ای در بیشتر شهرستان‌ها کشت شده است). گل‌های این گیاه اثرات دارویی با اهمیتی دارد. گل‌های زیرفون دارای اسانسی است که بر اثر تقطیر به دست می‌آید و دارای موادی به نام فارنسول، تانن، موسیلاژ و قند می‌باشد. مطالعات گزارش کردند که نوشیدنی چای برگ زیرفون موجب کاهش استرس و اضطراب، آرامبخش، رفع بی‌خوابی، کاهش فشار خون و درمان سرماخوردگی نقش دارد. برخی دیگر از مواد مؤثره این گیاه می‌توان به فلاونوئیدهای مختلف مانند تیلیروزید، کورستین، ایزوکورستین، هایپروسید، روتین و آمینواسیدهای مختلف شامل آلانین، سیستئین و سیستین اشاره کرد (Toker et al., 2001). در یک مطالعه گزارش شد که عصاره گل زیرفون دارای اثرات تسکینی، پیش بیهوشی و ضداضطرابی است (رضایی و همکاران، ۱۳۹۰).

گل سرخ

این گیاه عمدتاً در بلغارستان، ترکیه و فرانسه به صورت صنعتی کشت می‌شود ولی در اکثر مناطق خاورمیانه، اروپا و روسیه نیز به وفور یافت می‌شود. گل سرخ در بسیاری از مناطق ایران از جمله استان خوزستان نیز به خوبی می‌روید، عصاره آن به رنگ زرد روشن با طعم کمی شیرین می‌باشد. عصاره گل سرخ کاهنده فعالیت سیستم سمپاتیک و تقویت کننده سیستم پاراسمپاتیک می‌باشد. از خواص دیگری که برای آن ذکر گردیده است اثر ضد افسردگی، تنظیم کننده اشتها، آرام بخش، ضد استرس و اضطراب، ترمیم کننده پوست، ضد خشکی و خارش پوست، ضد استفراغ، درمان‌کننده سنگ صفرا، التهاب کبد، آسم، سرفه، سردرد و بی خوابی می‌باشد و به روش خوراکی، استنشاقی و موضعی از راه پوست این دارو می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Tisserand et al., 2010).

خارمریم

این گیاه از خانواده کاسنی است که به طور طبیعی در برخی قسمت‌های اروپا تا آسیا و در برخی قسمت‌های ایالات متحده رشد می‌کند. در ایران نیز این گیاه در مناطق گرم و خشک به صورت بذر کاشته می‌شود، در استان خوزستان نیز کاشت این گیاه به وفور در شهرستان‌های آبادان، حمیدیه، دزفول، رامهرمز و بهبهان مشاهده می‌شود. به طور سنتی از این گیاه برای افزایش ترشح شیر، افسردگی، بیماری‌های کبد، طحال و کلیه‌ها و نظایر آن استفاده می‌شود. اثرات دارویی متعددی از جمله اثرات آنتی اکسیدانت، ضدسرطان و محافظت سلول‌های کبد در برابر بسیاری از سموم کبدی به این گیاه نسبت داده شده است (Osuchowski et al., 2004). مهمترین ترکیبی که در عصاره دانه این گیاه وجود دارد تحت عنوان سیلی مارین نام دارد که نقش اصلی در کاهش استرس و اضطراب دارد. تحقیقات بر روی موش نشان داد که سیلی مارین غلظت نور اپی نفرین، سروتونین و دوپامین را در برخی مناطق مغز موش کوچک، افزایش داده است. افزایش این هورمون‌ها با کاهش استرس و اضطراب رابطه مستقیم دارد (یغمایی و همکاران، ۱۳۸۹).

رازیانه

این گیاه از خانواده چتریان است. در مناطق زیادی از اروپا، مدیترانه و آسیا می‌روید. در استان خوزستان، شهرستان اندیمشک به صورت تخصصی کشت می‌شود. رازیانه گیاهی سرشار از ترکیبی به نام فیتواستروژن است که در درمان دردهای گوارشی، درمان پوکی استخوان، درمان پرمویی و کاهش اضطراب نقش دارد. از میوه این گیاه می‌توان به ماده موثره گیاه رسید. در یک مطالعه بر روی موش صحرایی گزارش شد که رازیانه می‌تواند موجب کاهش اضطراب در موش‌ها گردد و این محققان بیان کردند که عصاره میوه رازیانه اثرات ضداضطرابی داشته و می‌توان از آن به عنوان داروی گیاهی ضد اضطراب استفاده کرد (پورعباس و همکاران، ۱۳۹۰).

بابونه

این گیاه از خانواده کاسنی بوده و با توجه به اهمیت دارویی آن از دیرباز در بیشتر نقاط جهان کشت می‌شود. این گیاه در استان خوزستان در شهرستان‌های دهدز، دزفول، رامهرمز و حمیدیه کشت می‌شود اما در شهرستان دزپارت از توابع دهدز به صورت تخصصی و در کشت وسیع کاشت می‌شود. گیاه بابونه به دلیل داشتن خواص درمانی و مصارف بالینی وسیع جایگاه خاصی دارد. از مزایای کلینیکی آن می‌توان به مواردی چون ضد اضطراب، ضد اسپاسم، تسکین دهندگی، ضد آلرژی، ضد التهاب، تقویت کننده رحم، ضدزخم معده، ضد باکتری، ضد قارچ، ضد ویروس و اثرات مختلف دیگر اشاره کرد. در یک مطالعه بر روی موش گزارش شد که ترکیبات فیتواستروژن موجود در بابونه عامل اصلی در کاهش اضطراب موش‌ها می‌باشد (رادگلی و همکاران، ۱۳۸۸).

اسفناج

این گیاه از خانواده اسفناجیان Chenopodiacae بوده و به علت اهمیت غذایی در اغلب نواحی جهان به طور معمول پرورش داده می‌شود (در استان خوزستان در بیشتر مناطق این گیاه به صورت مزرعه‌ای و گلخانه‌ای کشت می‌شود). در طب سنتی از اسفناج به عنوان تقویت اعصاب برای کسانی که کارهای فکری دارند توصیه شده و همچنین از اسفناج به عنوان اشتهاآور، ملین و تسکین دهنده درد سر و کمر، ضد سرفه، رفع تشنج و همچنین جهت رشد و فعالیت سلول‌ها در اطفال استفاده شده است. ترکیبات مؤثر موجود در اسفناج عبارتند از: املاح کلسیم، سدیم، پتاسیم، مس، آرسنیک، منیزیم و آهن، لیسیتین، سکرتین، ساپونین بخصوص در ریشه، ویتامین‌های آ، ب، سی و دی به وفور مشاهده می‌شود. برگ اسفناج دارای فلاوینوئیدها می‌باشد که از آنتی‌اکسیدان‌های قوی بوده و اعمال وسیع فارماکولوژیکی و بیوشیمیایی شامل ضد التهابی، ضد آلرژیک، ضد ویروسی، محافظت از سیستم اعصاب مرکزی، ضد سرطان و ضد پیری دارد. در یک فعالیت پژوهشی بر روی موش‌های سوری گزارش شد که عصاره برگ‌های اسفناج دارای اثرات ضد اضطرابی است (میلادی گرجی و همکاران، ۱۳۸۹).

بهارنارنج

بهارنارنج از گیاهان دارویی پرمصرف و بومی کشور ایران است. در طب سنتی ایران گل‌های این گیاه در درمان بیماری‌های عصبی نظیر تشنج و ضعف اعصاب استفاده می‌شود. به علاوه این گیاه به عنوان آرام بخش، خواب‌آور، اشتهاآور و برطرف کننده تپش قلب نیز شناخته شده است. از مهمترین مواد موثره دارویی در گل و برگ‌های این گیاه می‌توان به لینالول، لیمونن، فلاونوئیدها اشاره کرد. تحقیقات اثبات کرده است که مواد موثره این گیاه در گل‌ها بیشتر از برگ‌ها است. شبانیان و همکاران در پژوهشی تحت عنوان (مقایسه اثر بهارنارنج و دیازپام در کاهش اضطراب قبل از

عمل جراحی بر روی ۶۰ بیمار کاندید عمل جراحی) نشان دادند که از بهارنارنج می‌توان به عنوان یک پیش داروی موثر جهت کاهش اضطراب بیماران قبل از عمل جراحی استفاده نمود (شبانیان و همکاران، ۱۳۸۹).

این پژوهش معرفی گیاهان دارویی موثر بر استرس و اضطراب که در استان خوزستان به صورت خود رو و یا در الگوی کشت سالیانه استان قرار دارد، بود. در این مطالعه ۹ گیاه دارویی موثر بر استرس و اضطراب مورد بحث و بررسی قرار گرفت. تحقیقات در زمینه گیاهان دارویی نشان می‌دهد که عدم اطلاعات کافی از خواص گیاهان دارویی منطقه دلیل اصلی بر عدم استفاده آنها در مصارف درمان بیماری‌ها می‌باشد. استفاده از گیاهان دارویی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه بستر مناسبی برای حفاظت از سلامت ایجاد می‌کند (صمصام شریعت، ۱۳۸۳). وجود اقلیم‌های متنوع سبب شده که ایران به یکی از زیستگاه‌های غنی گیاهان دارویی تبدیل شود. دارا بودن اقوام، آداب و رسوم مختلف استفاده از گیاهان دارویی فرهنگ غنی را سبب شده که حراست و ثبت آن به عنوان میراثی گران بها ضروری به نظر رسد (سفیدکن، ۱۳۸۷). چنین پژوهش‌هایی کمک شایانی به شناخت و استفاده از گیاهان دارویی بومی منطقه خواهد کرد و از سوی دیگر می‌تواند در کاهش هزینه‌های خانوار (به دلیل هزینه بیشتر داروهای شیمیایی) نقش اساسی ایفا کند.

نتیجه‌گیری نهایی

در طب سنتی از گیاهان بسیاری که دارای خواص ضد اضطرابی و آرامبخشی هستند نام برده شده است. مطالعات انجام شده بر روی سنبل الطیب، اسطوخودوس، خارمریم، گل سرخ، زیرفون، رازیانه، بابونه، اسفناج و بهارنارنج نشان داده که این گیاهان دارای اثرات ضد اضطراب و استرس می‌باشند. با توجه به شیوع بالای انواع اضطراب که حاصل سبک‌های زندگی امروزی می‌باشد شاید گیاهان با خواص آرامبخشی و ضد اضطرابی بعد از انجام مطالعات مورد نیاز در صورت داشتن تاثیرگذاری کافی بتوانند جایگزین مناسبی برای داروهای شیمیایی باشند. فعالیت‌های پژوهشی که با معرفی و نحوه استفاده از گیاهان دارویی همراه باشد، موجب آگاهی بیشتر عموم و رواج مصرف این گیاهان در سطح عموم شده و در نتیجه مصرف داروهای شیمیایی کاهش می‌یابد.

منابع

هوشیدری، ف. (۱۳۸۸). گیاهان دارویی استان کردستان، فصلنامهٔ علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲۵، شمارهٔ ۱، صفحه ۹۲-۱۰۳.

امیدبیگی، ر.، (۱۳۷۶)، رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی، جلد دوم، انتشارات طراحان نشر، تهران، صفحات ۴۲۴.

سلطانی‌پور، م. ا. (۱۳۸۴). گیاهان دارویی منطقه حفاظت شده گنو، فصلنامه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۶۸، صفحه ۲۷-۳۷.

امین، غلامرضا. (۱۳۸۴). متداولترین گیاهان دارویی سنتی ایران، تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران، مرکز تحقیقات اخلاق و تاریخ پزشکی، صفحات ۹۲.

صمصام شریعت، س. ه. (۱۳۸۳). گزیده گیاهان دارویی، انتشارات مانی، ۱۰۴۰ صفحه.

سفیدکن، ف. (۱۳۸۷). برنامه راهبردی تحقیقات گیاهان دارویی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، ۴۰ صفحه

یعقوبی، کیوان؛ کاکا، غلامرضا؛ داودی، شقایق؛ عشایری، حسن، (۱۳۹۴). اثرات درمانی گیاه اسطوخودوس. مجله علمی (دانشگاه علوم پزشکی گرگان). صفحه ۱-۹

رضایی ع، پاشازاده م، احمدی‌زاده چ، جعفری ب، جلیل‌زاده هدایتی م، (۱۳۸۹). مطالعه اثرات تسکینی و ضداضطرابی عصاره سنبل‌الطیب در مقایسه به دیازپام در موش صحرایی، فصلنامه گیاهان دارویی، سال نهم، دوره چهارم، شماره مسلسل سی و ششم، پاییز ۱۳۸۹.

صولتی ج، ثناگوی مطلق ح، (۱۳۸۷). اثرات ضد اضطرابی والپوتریات‌های مشتق از گیاه سنبل الطیب در رت، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی قزوین، سال دوازدهم، شماره ۳. پی در پی ۴۸، پاییز ۱۳۸۷.

رضایی علی، موسوی غفور، احمدی‌زاده چنگیز، جعفری بهبود، (۱۳۹۰). مقایسه اثرات تسکینی، پیش بیهوشی و ضداضطرابی عصاره گل سرخ با دیازپام در موش صحرایی، مجله دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دوره ۶۹، شماره ۳، خرداد ۱۳۹۰

یغمایی پریچهر، عریان شهربانو، صولتی جلال، محمدی خدیجه، سالاری علی‌اکبر، (۱۳۸۹). بررسی اثرات ضداضطرابی سیلی مارین مشتق از گیاه- خارمریم در موش صحرایی، مجله دانشگاه علوم پزشکی کردستان، دوره پانزدهم، زمستان ۱۳۸۹، صص ۵.

پورعباس سارا، کسمتی مهناز، راسخ عبدالرحمن، (۱۳۹۰). بررسی اثرات ضداضطرابی گیاه رازیانه و نقش احتمالی سیستم گاباارژیک و گیرنده‌های استروژن در این اثرات در موش‌های صحرایی ماده، فیزیولوژی و فارماکولوژی، انجمن فیزیولوژی و فارماکولوژی ایران، جلد ۱۵، شماره ۱ بهار ۱۳۹۰.

هدی راد گلی، کسمتی مهناز، (۱۳۸۸). مقایسه اثر ضداضطرابی عصاره هیدروالکلی گل بابونه در موش‌های سوری نر و ماده بالغ در حضور و فقدان غدد جنسی، مجله طبیب شرق، دوره ۱۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۸، ص ۱۹ تا ۲۹.

میلادی گرجی حسین، صفا خواه حسینعلی، حقیقی سپینود، (۱۳۸۹). بررسی اثرات ضد اضطرابی عصاره آبی برگ اسفناج در موش سوری، مجله علمی. ۵۰-۴۳، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، دوره پانزدهم، تابستان ۱۳۸۹.

شبانیان، غلامرضا، پوریامفرد، ابراهیم، اخلاقی، محمود، (۱۳۸۷). مقایسه اثر بهارنارنج و دیازپام در کاهش اضطراب قبل از عمل جراحی، مجله دانشگاه. ۱۸-۱۳، علوم پزشکی شهرکرد، ویژه نامه طب تکمیلی، زمستان ۱۳۸۷

Toker, G., Aslan, M., Yesilada, M.E. and Memisoglu, M. (2001). Comparative evaluation of the flavonoid content if officinal Tilia Flos and Turkish Lime species for quality assessment. J pharm Biomed Anal. 26(1):111-21.

Tisserand R, Balacs T. (1995). Essential Oil Safety: A Guide for Health Care Professionals. Edinburgh: Churchill Livingstone; 210.

Osuchowski MF,Johnson VJ, He Q and Sharma RP. (2004). Alteration in regional brain neur-otransmitters by silymarin, a natural antioxidant flavonoid mixture, in BALB/c mice. Pharm Biol; 42: 384-9.

Investigation and introduction of medicinal plants in Khuzestan province to treat stress and anxiety

Marziyeh Jamei[1], Raheleh Ahmadpour*[2], Fatemeh Abedian[1], Fatemeh Shaban[1], Zahra Marami[1] and Bahar Galedarzadeh[1]

1. Dadpour High School, Department of Education, Khuzestan, Behbahan, Iran
2. Depatment of Biology, Faculty of Basic Sciences, Behbahan KhatamAlanbia Technology, Behbahan, Iran

Corresponding Author: Ahmadpour@bkatu.ac.ir

Abstract

Stress and anxiety are accompanied by physiological responses such as increased body metabolism, decreased immune system, and increased cardiovascular system work. On the other hand, studies have shown that there is a significant relationship between anxiety and subsequent mortality, which indicates the importance of this issue in the public health and hygiene of the community. In this study, we are trying to introduce the most important medicinal plants for treating stress and anxiety with the help of traditional medicine. In this study, two sources were used to collect information. The first source was field research and interviews with medicinal plant sellers and some local knowledgeable people, and the second method was using published articles. Articles were reviewed through electronic search by entering the desired keywords in data banks, especially ISC and SID. A review of the available articles showed that in traditional medicine, many plants that have anti-anxiety and sedative properties have been mentioned. Studies conducted on Valeriana, Lavender, Silybum, Rosa, Tilia, Foeniculum, chamomilla, Spinacia and Citrus aurantium show that these plants have anti-anxiety and anti-stress effects and can be used as plants with sedative and anti-anxiety properties. Considering the harmful effects and side effects observed in chemical drugs, it is recommended to use herbal medicines and traditional medicine first instead of using chemical drugs to control stress and anxiety, and if there is no improvement and with the prescription of a specialist doctor, use chemical drugs.

Keywords: Traditional medicine, Stress treatment, Khuzestan province, Medicinal properties

ارزیابی تاثیر محلول‌پاشی ملاتونین بر محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی میوه توت فرنگی رقم پاروس

فائزه بلوچی*[1]، غلامرضا شریفی[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان

۲- استاد، بخش بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان

*نویسنده مسئول: faezeh.balouchi@agr.uk.ac.ir

چکیده

ملاتونین یک مولکول تنظیم‌کننده رشد با خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی است که با تاثیر بر فرآیندهای رشد و نمو گیاهان باعث افزایش کیفیت و کمیت محصول می‌شوند با توجه به اهمیت گیاهان و متابولیت‌های ثانویه‌ی گیاهی هدف پژوهش حاضر ارزیابی تاثیر محلول پاشی ملاتونین بر محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی میوه توت‌فرنگی بود. این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی بیوتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان در آذرماه۱۴۰۳ آغاز شد. اولین مرحله محلول پاشی ۲۰ روز پس از استقرار کامل بوته، دومین مرحله ۴ روز بعد از مرحله اول و سومین مرحله نیز ۴ روز پس از مرحله دوم ادامه داشت. تیمارهای آزمایش شامل آب مقطر (شاهد)، ملاتونین ۰/۲۵ میلی‌مولار و ملاتونین ۰/۵ میلی‌مولار بود. برای انجام آنالیز آماری از طرح کاملا تصادفی با سه تکرار استفاده شد. نتایج نشان‌دادند که محلول‌پاشی ۰/۲۵ میلی‌مولار و ۰/۵ میلی‌مولار تاثیر معنی‌داری بر افزایش محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی توت‌فرنگی داشتند و بیشترین مقادیر فنل‌کل و فلاونوئیدکل در شرایط محلول‌پاشی ۰/۵میلی مولار ملاتونین به دست‌آمد که به ترتیب به میزان۱/۴۴ و۱/۱۶ برابر بیشتر از محتوای این ترکیبات در نمونه شاهد بودند. براساس نتایج حاصل از این پژوهش محلول پاشی باملاتونین در غلظت ۰/۵میلی‌مولار به علت تاثیر معنی‌دار بر افزایش محتواهای فنل و فلاونوئید کل در گیاه توت‌فرنگی پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: *Fragaria × ananassa Duchesn*، فلاونوئید، فنل، کیفیت میوه، ملاتونین

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa* Duchesn) عضوی از جنس *Fragaria* وخانواده: Rosaceae از مهم‌ترین میوه‌ها با ارزش تغذیه‌ای بالا و خواص آنتی‌اکسیدانی برتر است؛ محتوای پلی‌فنول و فلاونوئید آن نقش چشمگیری در کیفیت و سلامت مصرف‌کننده دارد (Seeram et al. 2006). این ترکیبات ثانویه توانایی کاهش استرس اکسیداتیو و افزایش ماندگاری محصول پس از برداشت را دارند (Zahedi et al. 2020).

ملاتونین یک مولکول تنظیم‌کننده رشد با خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی است که در گیاهان نیز وجود دارد این ماده به طور گسترده در بذرها، میوه‌ها، ساقه‌ها، برگ‌ها و ریشه‌های تمامی گونه‌های گیاهی وجود دارد (Carrillo-Vico et al., 2013 (Reiter et al.2013. و توانایی افزایش میزان فنل‌ها، فلاونوئیدها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در آن وجود دارد. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که استفاده برگی ملاتونین در گیاهان مختلف می‌تواند پاسخ‌های مثبتی را نسبت به تنش‌های محیطی در مواد ثانویه ایجاد نماید. به‌طور خاص، در توت‌فرنگی استفاده از محلول‌پاشی ملاتونین در سطوح

µM ۱۰۰-۲۰۰. منجر به افزایش قابل‌توجه غلظت فنل‌کل، فلاونوئیدکل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کیفیت میوه به‌ویژه تحت شرایط تنش شوری شده است (Zahedi et al.,2020). این تیمارها ضمن کاهش استرس اکسیداتیو در برگ‌ها، موجب ارتقای فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و افزایش فعالیت هورمون ABA شدند. مطالعات دیگر نیز در گیاهان مختلف مثل مرکبات، گیلاس یا انگور، ثابت کرده‌اند که ملاتونین می‌تواند بیان ژن‌های کلیدی مسیر فنولی را تنظیم نماید؛ از جمله آنزیم‌هایی نظیر PAL، CHS، DFR، UFGT و CL4 که نقش مهمی در سنتز فنل‌ها و فلاونوئیدها دارند(Arnao et al.,2022). به‌علاوه، در شرایط تنش خشکی یا شوری، تیمار ملاتونین ضمن تحریک مسیرهای شیکیمات، موجب افزایش تولید ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی و کاهش آسیب اکسیداتیو به سلول‌های گیاهی می‌شود (Jafari and Shahsavar,2021).

با توجه به زمینه تحقیقات موجود، هدف این پژوهش عبارت است از بررسی اثر محلول‌پاشی ملاتونین بر غلظت فنل‌کل، فلاونوئیدکل درمیوه توت‌فرنگی رقم پاروس. این مطالعه بر روی تیمارهای مختلف ملاتونین در شرایط کنترل‌شده انجام می‌شود تا بتوان نقش آن در ارتقای ترکیبات ثانویه و کیفیت میوه در غیاب تنش محیطی بررسی نمود؛ نتایجی که می‌تواند به‌عنوان پایه‌ای برای استفاده کاربردی ملاتونین در کشاورزی و بهبود کیفیت میوه به کار رود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش درآذرماه ۱۴۰۳در گلخانه تحقیقاتی بخش بیوتکنولوژی کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. گلخانه دارای شرایط دمایی ۲۵-۲۳ درجه سلسیوس و۱۶ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی با رطوبت نسبی ۶۲ درصد بود. برای اجرای آزمایش نشاهای توت فرنگی رقم پاروس در آذرماه از یک گلخانه پرورش توت فرنگی از ماهان (استان کرمان) به گلخانه دانشکده منتقل شدند. نشاها در گلدان‌هایی حدود ۴ کیلوگرم خاک باغچه شامل ۱۰درصد شن، ۶۰درصد کود دامی پوسیده ،۱۰درصد ماسه ،۲۰درصد ترکیبی از خاک رس و سیلت اضافه شد. آبیاری گلدان‌ها از زمان کاشت تا پایان آزمایش با آب معمولی صورت گرفت. از الیسیتور ملاتونین (مرک،آلمان) برای محلولپاشی استفاده شد.

این آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت که فاکتور مورد آزمایش ملاتونین با سه سطح (صفر،۰/۲۵ میلی مولار (M1) و۰/۵میلی مولار (M2) بود. نحوه اعمال تیمار به این صورت بود که بعد از استقرار کامل گیاهان ملاتونین در سه مرحله از طریق محلول‌پاشی منتقل شد. مرحله اول پس از استقرار کامل بوته ۲۰ روز بعد از کاشت، مرحله دوم ۴روز بعد از تیمار اول و مرحله سوم ۴ روز بعد از مرحله دوم محلول‌پاشی انجام‌گرفت لازم به ذکر است گیاهان شاهد با استفاده از آب مقطر محلول‌پاشی گردیدند. و در نهایت میوه‌های رسیده‌ی توت فرنگی جهت ارزیابی مورد آزمایش قرار گرفتند.

عصاره‌گیری: برای تهیه عصاره از روش خیساندن استفاده شد به طوری‌که نمونه مورد نظر داخل ازت مایع پودر و با حلال اتانول ٪۷۰ به نسبت ۱به۱۰ عصاره گیری انجام گرفت.

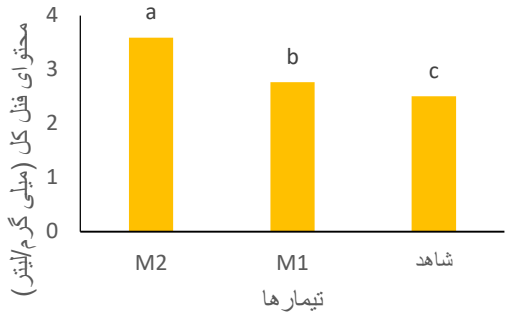
مقدار کل ترکیبات فنولی موجود در عصاره گیاهی براساس روش Slinkard (and Singleton,1997) اندازه‌گیری‌شد.

محتوای فلاونوئیدکل براساس روش رنگ سنجی آلومینیوم کلراید مطابق با روش (Meda et al.,2005) انجام شد.

نتایج و بحث

آنالیز آماری با طرح کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد و میانگین‌های حاصل با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در نرم‌افزار آماری spss مقایسه شدند. براساس نتایج حاصل از این پژوهش مشخص شد که محلول‌پاشی

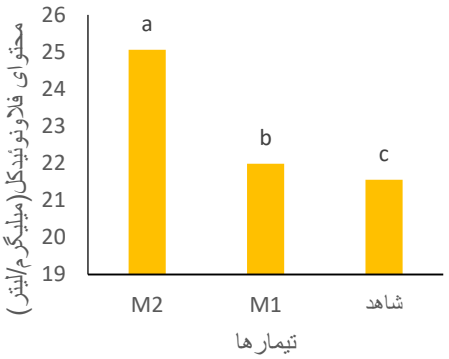
ملاتونین بر مقادیر فنل کل و فلاونوئید کل تاثیر معنی‌داری دارد. به طوری که مقادیر فنل کل در تیمار (M1) ۱/۱۰ برابر و درتیمار (M2) ۱/۴۴ برابر بیشتر از محتوای این ترکیبات در تیمار شاهد بود ($p \leq 0/05$) (شکل).



شکل ۱. محتوای فنل کل نمونه‌های توت فرنگی "پاروس" تیمار شده با محرک ملاتونین (ملانونین ۰/۲۵ میلی‌مولار (M1) و ملاتونین ۰/۵میلی‌مولار (M2)

در شکل ۱ محتوای فنل‌کل نمونه‌های شاهد و تیمار شده با ملاتونین نشان‌داده شده است. بیشترین محتوای ترکیبات فنلی کل مربوط به نمونه‌ی تیمار شده با ملاتونین ۰/۵ میلی‌مولار به میزان ۱/۴۴برابر محتوای این ترکیبات نسبت به شاهد بود. نتایج تجزیه واریانس بیانگر تاثیر معنی‌دار محرک‌ها بر محتوای ترکیبات فنلی کل بود.

همچنین مقادیر فلاونوئید کل در تیمار (M1) ۱/۰۲۰برابر و در تیمار (M2) ۱/۱۶برابر بیشتر از محتوای این ترکیبات در تیمار شاهد بود.



شکل ۴. محتوای فلاونوئیدکل نمونه‌های توت فرنگی "پاروس" تیمار شده با محرک ملاتونین (ملانونین 0/25 میلی‌مولار (M1) و ملاتونین۰/۵ میلی‌مولار (M۲)

در شکل ۲ محتوای فلاونوئیدکل نمونه‌های شاهد و تیمار شده با ملاتونین نشان داده شده‌است. بیشترین محتوای ترکیبات فلاونوئیدی‌کل مربوط به نمونه‌ی تیمار شده با ملاتونین ۰/۵میلی‌مولار به میزان ۱/۱۶برابر محتوای این ترکیبات نسبت به شاهد بود.

نتایج تجزیه واریانس بیانگر تاثیر معنی‌دار محرک ملاتونین بر میزان تولید ترکیبات فنل‌کل و فلاونوئیدی‌کل در میوه‌های توت فرنگی رقم پاروس بود.

مطالعات نشان داده‌اند که گیاهان قابلیت جذب و ذخیره‌سازی ملاتونین را دارند و آن را از محیط خارجی دریافت و در اندام‌های خود ذخیره می‌کنند (Wei et al.,2015). در سال ۲۰۲۱، پژوهشی توسط (Mansouri *et al.*, 2021) انجام شد نشان داد که تیمار با ملاتونین در توت فرنگی منجر به افزایش میزان ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و اسید آسکوربیک، و همچنین ارتقاء ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن شد. همچنین در پژوهشی که توسط (safa et al., 2023) انجام شده است نشان داده شده که در سطح آبیاری کامل و بدون تنش خشکی محلول پاشی ملاتونین باعث افزایش ترکیبات فنل و فلاونوئیدی در توت فرنگی رقم کاماروسا می‌شود. همچنین در پژوهشی نشان داده شده‌است که کاربرد ملاتونین قبل و بعد از برداشت باعث افزایش تجمع ترکیبات فنلی در میوه بلوبری شد (Zheng et al., 2024). همچنین ضیایی‌پور و همکاران نشان دادند که بیشترین مقادیر فنل‌کل و فلاونوئیدکل در شرایط محلول‌پاشی ۰/۵ میلی‌مولار ملاتونین برای گیاه خرفه بدست آمده است (ziaeipour et al., 2024). ملاتونین به‌طور موثری محتوای فنل و فلاونوئیدی را هم در گیاه گل مریم افزایش داده‌است (caser et al., 2019). مطالعه (Srabon et al.,2025) نشان داد که افزودن ملاتونین به کلم در شرایط تنش خشکی باعث افزایش محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی شد. این افزایش با بهبود فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه همراه بود.

با توجه به پژوهش انجام شده می‌توان به طور کلی نتیجه گرفت محرک ملاتونین به عنوان تنظیم کننده‌ی رشد گیاه، با افزایش متابولیت‌های ثانویه و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، در غلظت‌های گوناگون می‌تواند بر میزان ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی توت فرنگی اثر بگذارند. و ملاتونین ۰/۵ میلی‌مولار به عنوان تیمار موثر بر محتوای فنلی و فلاونوئیدی در توت فرنگی پیشنهاد می‌شود.

منابع

Arnao, M. B., Cano, A., & Hernández-Ruiz, J. (2022). Phytomelatonin: an unexpected molecule with amazing performances in plants. *Journal of Experimental Botany*, *73*(17), 5779-5800.

Carrillo-Vico, A., Lardone, P. J., Alvarez-Sanchez, N., Rodriguez-Rodriguez, A., & Guerrero, J. M. (2013). Melatonin: Buffering the immune system. International Journal of Molecular Sciences, 14(4), 8638-8683. https://doi.org/10.3390/ijms14048638

Caser, M., Chitarra, W., D'Angiolillo, F., Perrone, I., Demasi, S., Lovisolo, C., & Scariot, V. (2019). Drought stress adaptation modulates plant secondary metabolite production in Salvia dolomitica Codd. Industrial Crops and Products, 129, 85-96. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.068

Jafari, M., & Shahsavar, A. (2021). The effect of foliar application of melatonin on changes in secondary metabolite contents in two citrus species under drought stress conditions. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 692735.

Neyestani, T.R. and Khalaji, N. (2009). The inhibitory effects of gallic acid on the growth of bacteria, ß-Hemolytic streptococcus and pathogenic Escherichia coli in vitro. *Journal of Microbiology Knowledge*, 1(2): 11–16. (In Persian)

Reiter, R. J., Tan, D. X., Rosales-Corral, S., & Manchester, L. C. (2013). The universal nature, unequal distribution and antioxidant functions of melatonin and its derivatives. Mini Reviews in Medicinal Chemistry, 13(3), 373-384. https://doi.org/10.2174/138955713804999810

Seeram, N. P., Adams, L. S., Zhang, Y., Lee, R., Sand, D., Scheuller, H. S., & Heber, D. (2006). Blackberry, black raspberry, blueberry, cranberry, red raspberry, and strawberry extracts inhibit growth and stimulate apoptosis of human cancer cells in vitro. *Journal of agricultural and food chemistry*, *54*(25), 9329-9339.

Slinkard, K. & Singleton, V. L. (1977). Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. American Journal of Enology and Viticulture, 28(1), 49-55. https://doi.org/10.5344/ajev.1977.28.1.49

Mansouri, S., Sarikhani, H., Sayyari, M., Solimani Aghdam, M., & Askari Sarcheshmeh, M. A. (2021). Effect of preharvest treatment of melatotin on ripening and postharvest qualitative characteristics of

strawberry (Fragaria× anannasa cv. Queen Elisa). Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 34(3), 766-779.

Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., & Nacoulma, O. G. (2005). As well as their scavenging activity. Food Chemistry, 91, 571-577. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.006

Safa Eynaladin, M., Shokouhian, A. A., Rasoulzadeh, A., & Hemati, A. (2023). Evaluation of the effect of folic acid and melatonin on morpho-physiological and biochemical characteristics of Camarosa strawberry cultivar under water stress. *Journal of Plant Process and Function*, *12*(57), 127-142.

Srabon, S. D., Nath, D. D., Hasan, M. M., Akhi, M. Z., Akter, S., Ferdousi, J., ... & Debnath, B. (2025). Exogenous melatonin enhances growth and physiological activities in cabbage (*Brassica oleracea* L.) under drought stress. *Discover Plants*, *2*(1), 194.

Wei, W., Li, Q. T., Chu, Y. N., Reiter, R. J., Yu, X. M., Zhu, D. H., ... & Chen, S. Y. (2015). Melatonin enhances plant growth and abiotic stress tolerance in soybean plants. *Journal of experimental botany*, *66*(3), 695-707.

Zahedi, S. M., Hosseini, M. S., Abadía, J., & Marjani, M. (2020). Melatonin foliar sprays elicit salinity stress tolerance and enhance fruit yield and quality in strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.). *Plant Physiology and Biochemistry*, *149*, 313-323.

Zheng, H., Yang, Y., Wu, S., Jia, F., Jiang, J., Yu, L., ... & Qin, W. (2024). Effects of pre-harvest application of melatonin, 24-epibrassinolide, and methyl jasmonate on flavonoid content in blueberry fruit. *Frontiers in Nutrition*, *11*, 1495655.

Ziaeipour, F., Sharifi, G., Akhavan, H. R., & Hajimohammadi-Farimani, R. (2024). Evaluation of foliar application effect of melatonin and methyl jasmonate on the phenolic and flavonoid compounds of purslane medicinal plant. *Technology of Medicinal and Aromatic Plants of Iran*, *6*(1), 12-1.

Evaluation of the effect of melatonin foliar spraying on phenolic and flavonoid compounds of Paros strawberry fruit

Faezeh Balouchi[1*], Gholamreza Sharifi [2]
1. MSc. student, Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2. Professor, Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
**Corresponding author Email: faezeh.balouchi@agr.uk.ac.ir*

Abstract

Melatonin is a growth regulator molecule with strong antioxidant properties that increases the quality and quantity of the product by affecting the growth and development processes of plants. Considering the importance of plants and plant secondary metabolites, the aim of the present study was to evaluate the effect of foliar spraying of melatonin on the content of phenolic and flavonoid compounds in strawberry fruit. This study began in the Biotechnology Research Greenhouse of the Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman in December 2014. The first stage of foliar spraying continued 20 days after the plant was fully established, the second stage 4 days after the first stage, and the third stage 4 days after the second stage. The experimental treatments included distilled water (control), 0.25 mM melatonin, and 0.5 mM melatonin. A completely randomized design with three replications was used to perform statistical analysis. The results showed that foliar spraying of 0.25 mM and 0.5 mM had a significant effect on increasing the content of phenolic and flavonoid compounds in strawberries, and the highest amounts of total phenols and total flavonoids were obtained under the foliar spraying of 0.5 mM melatonin, which were 1.44 and 1.16 times higher than the content of these compounds in the control sample, respectively. Based on the results of this study, foliar spraying with melatonin at a concentration of 0.5 mM is recommended due to its significant effect on increasing the content of total phenols and flavonoids in strawberry plants.

Keywords: *Fragaria* × *ananassa Duchesne*, Flavonoid, Phenol, Fruit quality, Melatonin

ارزیابی تاثیر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی توت فرنگی رقم پاروس

فائزه بلوچی*[1]، غلامرضا شریفی[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان

۲- استاد، بخش بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان

*نویسنده مسئول: faezeh.balouchi@agr.uk.ac.ir

چکیده

سالیسیلیک‌اسید به عنوان تنظیم کننده‌ی سلولی با تاثیر بر فرآیندهای رشد و نمو گیاهان باعث افزایش کیفیت و کمیت محصول می‌شوند با توجه به اهمیت گیاهان و متابولیت‌های ثانویه‌ی گیاهی هدف پژوهش حاضر ارزیابی تاثیر محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی توت‌فرنگی بود. این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی بیوتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان در آذرماه ۱۴۰۳ آغاز شد. اولین مرحله محلول پاشی ۲۰ روز پس از استقرار کامل بوته، دومین مرحله ۴ روز بعد از مرحله اول و سومین مرحله نیز ۴ روز پس از مرحله دوم ادامه داشت. تیمارهای آزمایش شامل آب مقطر (شاهد)، سالیسیلیک‌اسید۰/۵ میلی‌مولار و سالیسیلیک‌اسید ۱میلی‌مولار بود. برای انجام آنالیز آماری از طرح کاملا تصادفی با سه تکرار استفاده شد. نتایج نشان‌دادند که محلول‌پاشی ۰/۵میلی‌مولار و ۱میلی‌مولار تاثیر معنی‌داری بر افزایش محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی توت‌فرنگی داشتند ($P<۰/۰۰۱$) بیشترین مقادیر فنل‌کل و فلاونوئیدکل در شرایط محلول‌پاشی ۱میلی مولارسالیسیلیک‌اسید به دست‌آمد که به ترتیب به میزان ۱/۷۲۰و ۱/۱۳برابر بیشتر از محتوای این ترکیبات در نمونه شاهد بودند. براساس نتایج حاصل از این پژوهش محلول پاشی باسالیسیلیک‌اسید در غلظت ۱میلی‌مولار به علت تاثیر معنی‌دار بر افزایش محتواهای فنل و فلاونوئید کل در گیاه توت‌فرنگی پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: توت فرنگی، سالیسیلیک‌اسید، فنل، فلاونوئید

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria anannasaDuch*) مهم‌ترین محصول کشت‌شده متعلق به خانواده گل‌سرخیان است. علاوه بر این، به دلیل محتوای بالای ویتامین C و E، مواد معدنی و فیتوشیمیایی، از جمله آنتوسیانین‌ها و ترکیبات فنلی یک غذای بسیار مغذی و مفید برای سلامتی است (El-Mogy et al.,2019). کیفیت میوه‌های نرم، از نظر طعم، ارزش غذایی کاربردی و پذیرش مصرف‌کننده، در درجه اول بر اساس ترکیب بیوشیمیایی آنها است (Reganold et al.,2010). فلاونوئیدها به طور گسترده در قلمرو گیاهان پراکنده شده‌اند و بیش از نیمی از ۸۰۰۰ ترکیب فنولی طبیعی را تشکیل می‌دهند (Harborne et al.,1999). محتوای فنول‌ها در میوه تحت تأثیر درجه بلوغ در زمان برداشت، تفاوت‌های ژنتیکی (رقم)، شرایط محیطی قبل از برداشت و شرایط نگهداری و فرآوری پس از برداشت قرار می‌گیرد (Shahidi and Naczk, 2004)، با این حال، غلظت آنها از گیاهی به گیاه دیگر یا حتی در اندام‌های مختلف یک گیاه در مراحل مختلف رسیدن متفاوت است (Dinelli et al.,2006, Justesen and Knethsen,2001).

در قرن ۲۱، حفاظت از محیط‌زیست به یکی از دغدغه‌های اصلی جوامع بشری تبدیل شده است. توسعه سریع فناوری‌ها و افزایش جمعیت، فشارهای زیادی به منابع طبیعی واردکرده و نگرانی‌های زیست‌محیطی را تشدید کرده‌است. در این میان، استفاده بی‌رویه از مواد شیمیایی در مراحل پس از برداشت محصولات کشاورزی، به‌ویژه در نگهداری و حمل‌ونقل، به‌طور گسترده‌ای شناخته شده و مورد توجه قرار گرفته است(Vicente et al.,2003). همزمان با این روند، تمایل مصرف‌کنندگان به استفاده از محصولات سالم و بدون مواد شیمیایی افزایش یافته‌است. این تغییر در ذائقه بازار، موجب رشد تقاضا برای محصولات ارگانیک شده‌است و لزوم تحقیق و توسعه در زمینه جایگزین‌های ایمن و مؤثر را نمایان می‌سازد (El Ghouth et al., 1991). برای تولید توت‌فرنگی با کیفیت بالا و ماندگاری طولانی بدون استفاده از مواد شیمیایی، توجه به روش‌های تغذیه‌ای و کوددهی ارگانیک ضروری است (Amborabe et al., 2002). یکی از روش‌های مؤثر در تولید توت‌فرنگی ارگانیک با کیفیت بالاو مقاومت در برابر بیماری‌ها، استفاده از مه‌پاشی سالیسیلیک‌اسید است. این ترکیب، به‌عنوان یک هورمون گیاهی، نقش مهمی در تقویت سیستم دفاعی گیاه ایفا می‌کند و می‌تواند با کاهش تولید اتیلن، افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها و اثرات قارچ‌کشی، به حفظ کیفیت و سلامت محصول کمک کند (Dat et al., 1998).

اسیدسالیسیلیک یک هورمون گیاهی طبیعی به عنوان یک مولکول سیگنالینگ مهم عمل می‌کند و تحمل گیاهان تیمار شده را در برابر تنش‌های زیستی افزایش می‌دهد (Khan et al.,2012). همچنین نقش حیاتی در رشد گیاه، جذب یون و انتقال مواد مغذی در گیاه دارد اسیدسالیسیلیک به عنوان یک ترکیب فنلی در بسیاری از گیاهان وجود دارد (Meena et al., 2001). مطالعات نشان داده‌اند که مه‌پاشی سالیسیلیک اسید درتوت‌فرنگی رقم سلوا در مراحل رویشی و میوه‌دهی، به‌ویژه در غلظت‌های ۱ تا ۲ میلی‌مولار، می‌تواند تولید اتیلن را کاهش داده و فساد میوه را محدود کند (Asghari, 2006). همچنین افزایش فنل‌کل تحت تاثیر تیمار سالیسیلیک‌اسید توسط (Guleria et al., 2005) گزارش شده‌است. در مجموع، استفاده از سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک روش طبیعی و مؤثر، می‌تواند در راستای تولید محصولات کشاورزی سالم، پایدار و با کیفیت بالا، نقش کلیدی ایفا کند و باعث افزایش ترکیبات مفیدی چون فنل و فلاونوئید در گیاه شود.

با توجه به اهمیت این موضوع این تحقیق به منظور ارزیابی تاثیر استفاده از محلول اسیدسالیسیلیک بر میزان فنل‌کل و فلاونوئیدکل در میوه‌های توت‌فرنگی رقم پاروس انجام شده‌است. این پژوهش با اعمال تیمارهای گوناگون سالیسیلیک‌اسید در شرایط آزمایشگاهی دقیق، به دنبال درک نقش آن در افزایش ترکیبات خاص و بهبود کیفیت میوه بدون حضور عوامل استرس‌زای محیطی است. نتایج به دست آمده می‌تواند به عنوان مبنایی برای کاربرد عملی ملاتونین در کشاورزی و ارتقای کیفیت محصولات کشاورزی مورد استفاده قرارگیرد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در آذرماه ۱۴۰۳ در گلخانه تحقیقاتی بخش بیوتکنولوژی کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد، شرایط دمایی بین ۲۳ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد با ۱۶ ساعت نوردهی و ۸ ساعت تاریکی و رطوبت نسبی ۶۲ درصد فراهم گردید. نشاهای توت فرنگی رقم پاروس، که از یک گلخانه پرورش توت فرنگی در ماهان (استان کرمان) تأمین شده بودند، به گلخانه دانشگاه منتقل شدند. این نشاها در گلدان‌های حاوی حدود ۴ کیلوگرم خاک باغچه که شامل ۱۰درصدشن، ۶۰ درصد کود دامی‌پوسیده، ۱۰درصد ماسه و ۲۰ درصد ترکیبی از خاک رس و سیلت بود، کاشته شدند. آبیاری از زمان کاشت تا پایان آزمایش با آب معمولی انجام شد.

محلول‌پاشی با سالیسیلیک‌اسید (محصول شرکت مرک آلمان) در سه مرحله انجام گرفت: اولین مرحله ۲۰ روز پس از استقرار کامل بوته، دومین مرحله ۴ روز بعد از مرحله اول و سومین مرحله نیز ۴ روز پس از مرحله دوم. گیاهان شاهد نیز با آب مقطر محلول‌پاشی شدند. آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و سه سطح ملاتونین (صفر،۰/۵ و ۱ میلی مولار) اجرا شد. در نهایت، میوه‌های رسیده توت فرنگی برای ارزیابی‌های بعدی جمع‌آوری شدند.

برای تهیه عصاره، از روش خیساندن استفاده شد. نمونه‌ها در ازت مایع پودر شده و با حلال اتانول ۷۰ درصد به نسبت ۱ به ۱۰ خیسانده شدند. مقدار کل ترکیبات فنولی با استفاده از روش (Slinkard and Singleton,1997) و میزان فلاونوئید کل بر اساس روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلراید مطابق (Meda et al,2005) اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

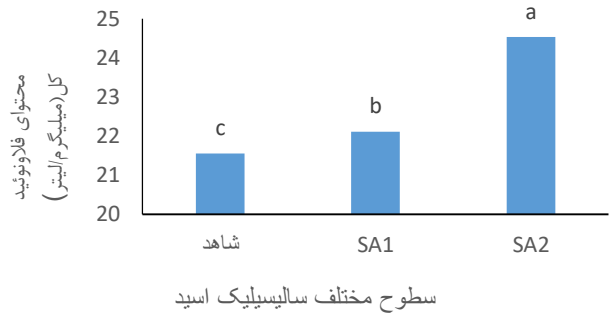
تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار صورت گرفت. برای مقایسه میانگین داده‌ها، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در نرم‌افزار spss استفاده شد. یافته‌های این پژوهش نشان‌داد که استفاده از محلول سالیسیلیک‌اسید تاثیر قابل توجهی بر میزان فنل‌کل و فلاونوئیدکل دارد. به گونه‌ای که، مقدار فنل‌کل در تیمارسالیسیلیک‌اسید ۰/۵میلی‌مولار (SA1) ۱/۱۲۸برابر و در تیمارسالیسیلیک‌اسید ۱میلی‌مولار (SA2) ۱/۷۲۰ برابر بیشتر از میزان این ترکیبات در گروه کنترل بود (شکل ۱).

شکل ۵. محتوای فنل کل نمونه‌های توت فرنگی "پاروس" تیمار شده با محرک سالیسیلیک‌اسید (سالیسیلیک اسید۰/۵ میلی‌مولار (SA1) و سالیسیلیک اسید ۱میلی‌مولار (SA2)

همچنین مقادیر فلاونوئیدکل در تیمار سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار (SA1) ۱/۰۲۵ برابر و در تیمار سالیسیلیک‌اسید ۱میلی‌مولار (SA2)۱/۱۳برابر بیشتر از محتوای این ترکیبات در تیمار شاهد بود (شکل۲).

سالیسیلیک اسید می‌تواند با تحریک آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز، تولید رادیکال‌های آزاد را کاهش‌داده و در نتیجه به افزایش محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی کمک کند (Singh,2023). افزایش فنل‌کل تحت تاثیر تیمار سالیسیلیک‌اسید توسط (Guleria et al.,2005) گزارش شده است. باتوجه به گزارش (Asghari and Aghdam, 2010) افزایش محتوای فنل‌کل تحت تاثیر تیمار سالیسیلیک‌اسید ایجاد می‌شود که در آن غلظت‌های بالای SA کارایی سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی را در گیاهان افزایش می‌دهد. در پژوهشی نشان داده شده‌است که تیمار قبل از برداشت انگور با SA ممکن است سرعت متابولیسم فنیل پروپانوئید را افزایش دهد و منجر به تشکیل و تجمع فنل‌های‌کل و تحریک آنزیم‌های دخیل در متابولیسم فنیل‌پروپانوئید، مانند PAL شود (Champa et al., 2015). همچنین در پژوهشی دیگر نشان دادند که با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی و آنزیم‌های

بیوسنتزی نیز به‌تدریج افزایش پیدا می‌کنند (Ehsanpour and Maleki,2018). همچنین گفته شده‌است که SA نقش مهمی در شبکه وسیع انتقال سیگنال دارد. علاوه بر این میزان دخالت آن بسته به سیستم خاص مورد نظر بسیار متفاوت است. مطالعات اخیر همچنین نشان داده‌اند که با افزایش بیوسنتز رنگدانه‌ها در فتوسنتز SA می‌تواند به طور مؤثر رشد گیاهان توت‌فرنگی را تحریک کند. این به نوبه خود منجر به افزایش عملکرد توت‌فرنگی و در نهایت افزایش ارزش کلی و مزایای تغذیه‌ای آنها می‌شود (Bano and Qureshi, 2017).



شکل ۶. محتوای فلاونوئیدکل نمونه‌های توت فرنگی "پاروس" تیمار شده با محرک (سالیسیلیک اسید ۰/۵میلی‌مولار (SA1) و سالیسیلیک اسید ۱میلی‌مولار (SA2)

در نهایت، با توجه به یافته‌های به‌دست‌آمده و تطابق آن‌ها با نتایج سایر مطالعات در این زمینه، یافته‌ها نشان‌دادند که محلول‌پاشی ۰/۵میلی‌مولار و ۱میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید تاثیر معنی‌داری بر افزایش محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی توت‌فرنگی داشتند. ($P<0/001$) بیشترین مقادیر فنل‌کل و فلاونوئیدکل در شرایط محلول‌پاشی ۱میلی مولارسالیسیلیک‌اسید به دست‌آمد که به ترتیب به میزان ۱/۷۲۰و ۱/۱۳برابر بیشتر از محتوای این ترکیبات در نمونه شاهد بودند. براساس نتایج حاصل از این پژوهش محلول پاشی باسالیسیلیک‌اسید در غلظت ۱میلی‌مولار به علت تاثیر معنی‌دار بر افزایش محتواهای فنل و فلاونوئید کل در گیاه توت‌فرنگی پیشنهاد می‌گردد. این افزایش می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی برای بهبود کیفیت تغذیه‌ای و آنتی‌اکسیدانی توت‌فرنگی مورد استفاده قرارگیرد.

منابع

Amborabe, B. E., Lessard, P. F., Chollet, J. F. & Roblin, G. (2002). Antifungal effect of salicylic acid and other benzoie acid derivatives towards Eutypa lata: structure-activity relationship. Plant Physiology Journal, 40, 1051-1060

Asghari, M. (2006). Effects of salicylic acid on Selva strawberry fruit, antioxidant activity, ethylene production and senescence, fungal contamination and some other quality attributes. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture Tehran University, Iran. (In Farsi).

Asghari, M., and M.S. Aghdam, (2010). Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. Trend Food Sci. Technol. 21:502-509.

Bano, N. & Qureshi, K. M. (2017). Responses of strawberry plant to pre-harvest application of salicylic acid in drought conditions. Pak. Journal Agriculture Science, 30(3), 272-286.

Champa, W.A.H., M.I.S. Gill, B.V.C. Mahajan, and N.K. Arora, (2015). Preharvest salicylic acid treatments to improve quality and postharvest life of table grapes (Vitis vinifera L.) cv. Flame Seedless. J. Food Sci. Technol., 52: 3607–3616.

Dinelli, G., Bonetti, A., Minelli, M., Marotti, I., Catizone, P., & Mazzanti, A. (2006). Content of flavonols in Italian bean (Phaseolus vulgaris L.) ecotypes. *Food chemistry*, *99*(1), 105-114.

Dat, J. F., Foyer, C. H. & Scott, I. M. (1998). Changes in salicylic acid and antioxidants during induced ther-motolerance in mustard seedlings. Journal of Plant Physiology, 118, 1455-1461.

Ehsanpour, A. A., & Maleki, M. S. (2018). Effect of salicylic acid on total phenol, flavonoid, anthocyanin and PAL and TAL enzymes in tomato (Solanum lycopersicum Mill) plants. *Journal of Plant Biological Sciences*, *9*(4), 55-68.

El-Mogy, M. M., Ludlow, R. A., Roberts, C., Müller, C. T., & Rogers, H. J. (2019). Postharvest exogenous melatonin treatment of strawberry reduces postharvest spoilage but affects components of the aroma profile. Journal of Berry Research, *9*(2), 297-307.

El-Ghaut, A., Arul, J., Ponnampalam, R. & Boulet, M. (1991). Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. Journal of Food Science, 56, 1618-1620.

Guleria, S., Sohal, B. and Mann, A. (2005) Salicylic acid treatment and/or Erysiphe polygoni inoculation on phenylalanine ammonia-lyase and peroxidase content and accumulation of phenolics in pea leaves. Journal of Vegetable Science 11: 71-79.

Baxter, H., Puri, B., Harborne, J. B., Hall, A., & Moss, G. P. (1998). *Phytochemical dictionary: a handbook of bioactive compounds from plants*. CRC press.

Justesen, U., & Knuthsen, P. (2001). Composition of flavonoids in fresh herbs and calculation of flavonoid intake by use of herbs in traditional Danish dishes. *Food chemistry*, *73*(2), 245-250.

Khan, N. A., Nazar, R., Iqbal, N., & Anjum, N. A. (Eds.). (2012). *Phytohormones and abiotic stress tolerance in plants*. Springer Science & Business Media.

Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., & Nacoulma, O. G. (2005). As well as their scavenging activity. Food Chemistry, 91, 571-577. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.006

Meena, B., Marimuthu, T., & Velazhahan, R. (2001). Salicylic acid induces systemic resistance in groundnut against late leaf spot caused by Cercosporidium personatum.

Reganold, J. P., Andrews, P. K., Reeve, J. R., Carpenter-Boggs, L., Schadt, C. W., Alldredge, J. R., ... & Zhou, J. (2010). Fruit and soil quality of organic and conventional strawberry agroecosystems. *PloS one*, *5*(9), e12346.

Shahidi, F., & Naczk, M. (2003). *Phenolics in food and nutraceuticals*. CRC press.

Singh, S. (2023). Salicylic acid elicitation improves antioxidant activity of spinach leaves by increasing phenolic content and enzyme levels. *Food Chemistry Advances*, *2*, 100156.

Slinkard, K. & Singleton, V. L. (1977). Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. American Journal of Enology and Viticulture, 28(1), 49-55. https://doi.org/10.5344/ajev.1977.28.1.49

Vicente, A. R., Martinez, G. A, Chaves, A. R. & Civello, P. M. (2003). Influence of self produced CO_2 on postharvest life of heat-treated strawberries. Journal of Postharvest Biology, 27, 265-275.

Evaluation of the effect of salicylic acid spraying on phenolic and flavonoid compounds of Paros strawberry cultivar

Faezeh Balouchi[*1], Gholamreza Sharifi[2]
1. MSc. student, Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2- Professor, Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
*Corresponding author Email: faezeh.balouchi@agr.uk.ac.ir

Abstract

Salicylic acid, as a cellular regulator affecting plant growth and development processes, increases the qualityand quantity of the product. Considering the importance of plants and plant secondary metabolites, the aim of the present study was to evaluate the effect of spraying of salicylic acid on the content of phenolic and flavonoid compounds in strawberries. This study began in the Biotechnology Research Greenhouse of the Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman in December 2014. The first stage of foliar spraying continued 20 days after the plant was fully established, the second stage 4 days after the first stage, and the third stage 4 days after the second stage. The experimental treatments included distilled water (control), 0.5 mM salicylic acid, and 1 mM salicylic acid. A completely randomized design with three replications was used to perform statistical analysis. The results showed that foliar spraying of 0.5 mM and 1 mM had a significant effect on increasing the content of phenolic and flavonoid compounds in strawberries ($P<0.001$). The highest amounts of total phenols and total flavonoids were obtained under the condition of foliar spraying of 1 mM salicylic acid, which were 1.720 and 1.13 times higher than the content of these compounds in the control sample,respectively. Based on the results of this study, foliar spraying of salicylic acid at a concentration of 1 mM is recommended due to its significant effect on increasing the content of phenol and total flavonoids in strawberry plants.

Keywords: Strawberry, Salicylic Acid, Phenol, Flavonoid

بررسی تاثیر آلودگی با نماتد *Meloidogyne javanica* بر روی گیاه آلوئه‌ورا

رسول جانی خلیفه قشلاقی*[۱]، شلاله مصلحی[۲]، سعید حضرتی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

۲- استادیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: rsooljani1374@gmail.com

چکیده

آلوئه‌ورا (*Aloe vera*) یکی از مهمترین گیاهان دارویی پرارزش، چندساله، گوشتی و مقاوم به خشکی است. یکی از چالش‌های زراعی آلوئه‌ورا، آلودگی به نماتدهای گره ریشه، از جمله گونه *Meloidogyne javanica* است. در این بررسی پاجوش‌های گیاه آلوئه ورا با چهار لارو و تخم نماتد به ازای گرم خاک مایه‌زنی شدند و به تعداد گیاهان تیمار شده گیاهان شاهد در نظر گرفته شد. تعداد تکرار برای هر تیمار ده گلدان در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که مایه‌زنی گیاهان آلوئه‌ورا با نماتد گره ریشه سبب تشکیل گره‌های نماتد در ریشه گیاهان شد. برخی از ریشه‌های آلوده دچار کاهش رشد محسوس، سیاه شدگی و پوسیدگی شدند. در صورتی که گیاهان شاهد سیستم ریشه‌ای سالم و طبیعی برخودار بودند. در مقایسه دو به دوی اغلب صفات مورد بررسی اعم از ارتفاع گیاه، تعداد برگ، طول، عرض و قطر برگ، وزن تر برگ، وزن تر ژل برگ، وزن تر و خشک پوسته برگ، وزن تر ریشه و طول ریشه تفاوت معنی‌دار آماری بین گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد و شاهد وجود داشت. به طوری که گیاهان شاهد در تمام صفات اشاره شده نسبت به گیاهان دارای نماتد، مقادیر بیشتری را دارا بودند. با توجه به اهمیت این گیاه در صنایع دارویی و بهداشتی، غذایی، بررسی مناطق کشت آن از لحاظ آلودگی به نماتد و ارائه راهکارهای مدیریتی جهت کنترل یا پیشگیری بیماری امری مهم است.

واژه‌های کلیدی: گیاه دارویی، فاکتورهای رشدی گیاه، نماتد گره ریشه، ژل

مقدمه

آلوئه‌ورا یکی از گونه‌های دارویی پرارزش از تیره Asphodelaceae، گیاهی چندساله، گوشتی و مقاوم به خشکی است که به دلیل ترکیبات زیست‌فعالی چون آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها، آنزیم‌ها، پلی‌ساکاریدها و ترکیبات آنتراکینونی، در صنایع دارویی، آرایشی-بهداشتی و غذایی کاربرد گسترده‌ای یافته است. این گیاه به‌عنوان "گیاه جاودانگی" شناخته شده و سابقه استفاده آن در درمان زخم‌ها، سوختگی‌ها و بیماری‌های گوارشی و پوستی به تمدن‌های باستانی مصر، یونان و هند باز می‌گردد (Surjushe et al., 2008). یکی از چالش‌های زراعی آلوئه‌ورا، آلودگی به نماتدهای گره ریشه، به‌ویژه گونه *Meloidogyne javanica* است که با ایجاد گره‌های غیرطبیعی روی ریشه‌ها، منجر به اختلال در جذب آب و مواد غذایی، زردی برگ‌ها، کاهش رشد و در نهایت افت عملکرد گیاه می‌شود. نماتدهای گره ریشه *Meloidogyne* spp. از شایع‌ترین و آسیب‌زاترین جنس‌های نماتدهای انگل گیاهی به شمار می‌روند (Elling, 2013). این جنس شامل بیش از ۱۰۰ گونه معتبر و شناخته شده است که از میان آن‌ها *M. hapla*، *M. incognita*، *M. javanica* و

M. arenaria خسارت‌زاترین و متداول‌ترین گونه‌ها می‌باشند. از بین آن‌ها هفت گونه در ایران از میزبان‌های مختلف جمع‌آوری، شناسایی و گزارش شده‌اند (قادری و همکاران، ۱۳۹۱). لاروهای سن دوم این نماتدها در خاک فعالیت داشته و به ریشه‌های جوان گیاه میزبان حمله می‌کنند. لاروها بعد از طی مراحل نشو و نمایی در داخل ریشه یا به ماده‌های بالغ متورم ساکن در ریشه تبدیل می‌شوند و در سطح ریشه کیسه ژلاتینی برای تخم‌گذاری تشکیل می‌دهند و یا به افراد نر، تمایز یافته و ریشه را ترک می‌کنند (Jones et al., 2013). نخستین نشانه خسارت این گروه از نماتدها روی گیاهان میزبان به صورت زردی و پژمردگی اندام‌های هوایی نمایان می‌شود. این علائم به دلیل آسیب دیدن ریشه‌های فرعی و تبدیل آن‌ها به گره‌های کوچک و بزرگ است که منجر به اختلال در جذب موثر آب و مواد معدنی می‌شود. این نماتدها باعث کاهش رشد و عملکرد گیاه، کاهش جذب آب و مواد مغذی، اختلال در تعادل هورمونی گیاه و افزایش حساسیت گیاه به تنش‌های محیطی می‌شوند. روش‌های کنترل نماتدها شامل انواع روش‌های فیزیکی مانند حذف ریشه‌های آلوده، غرقاب زمین، شخم عمیق زمین، استفاده از گیاهان تله، یخ‌آب زمستانه، بخاردهی، آفتاب‌دهی و غیره می‌باشد (Mondal et al., 2024). در کنار سایر روش‌های کنترل، اصلی‌ترین روش‌های کنترل نماتدهای انگل گیاهی استفاده از ارقام مقاوم، تناوب زراعی و کنترل شیمیایی است (Mándoki and Pénzes, 2012). با توجه به اهمیت اقتصادی و دارویی گیاه آلوئه‌ورا پژوهش حاضر با هدف بررسی میزان آلودگی این گیاه با نماتد *Meloidogyne javanica* انجام شده است. نتایج این پژوهش می‌تواند در دستیابی به میزان تاثیرات مخرب این نماتد به گیاه آلوئه‌ورا موثر بوده و نیاز به بررسی وجود این بیمارگر و لزوم کنترل آن در مناطق تولید این گیاه ارزشمند را نمایان سازد.

مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایش، تعداد ۲۰ پاجوش سالم از گیاه مادری چهار ساله آلوئه‌ورا از گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان تهیه و در گلدان‌های پلاستیکی دو کیلویی با خاک استریل و دارای زهکشی مناسب کشت شدند. پس از تثبیت گیاه‌ها در بستر کشت، ده گلدان برای تیمار با نماتد و ده گلدان دیگر به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شدند. نماتد مورد استفاده در بررسی حاضر شامل گونه *Meloidogyne javanica* بود که از قبل در فضای فیتوترون و در ریشه گیاهان گوجه‌فرنگی حساس به نماتد (رقم Super Strain B) تکثیر شده بود. جهت مایه‌زنی گیاهان، سوسپانسیون حاوی چهار تخم و لارو نماتد به ازای گرم خاک از کیسه‌های تخم تهیه و به پای ریشه گیاهان در گلدان‌ها مایه‌زنی شد (Hussey & Barker, 1973). پس از گذشت حدود هشت ماه از مایه‌زنی، برداشت گیاهان و ارزیابی‌های مربوطه انجام گرفت. فاکتورهای مورد اندازه‌گیری شامل تعداد گره در ریشه، ارتفاع گیاه، تعداد برگ، طول، عرض و قطر برگ، وزن تر برگ، وزن تر و خشک ژل برگ، وزن تر و خشک پوسته برگ، وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون t مستقل (Independent Samples T-test) استفاده گردید.

نتایج و بحث

مایه‌زنی گیاهان آلوئه‌ورا با نماتد گره ریشه، سبب تشکیل گره‌های نماتد در ریشه‌ها گردید. برخی از ریشه‌های آلوده دچار کاهش رشد محسوس، سیاه شدگی و پوسیدگی شدند. در صورتی که گیاهان شاهد سیستم ریشه‌ای سالم و طبیعی داشتند. چنانچه در جدول ۱ مشخص است، در گیاه آلوئه‌وار مقایسه دوبه‌دوی تیمارها نشان داد که در همه صفات مورد بررسی به جز وزن خشک ژل و وزن خشک ریشه، تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارها وجود دارد. در

مورد وزن تر ریشه و طول ریشه، بین تیمار مایه‌زنی شده با نماتد و شاهد، اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد مشاهده شد، به‌طوری‌که تیمارهای شاهد در مقایسه با تیمارهای مایه‌زنی شده، وزن تر ریشه و طول ریشه بیشتری داشتند. در مورد بقیه صفات مورد بررسی بین تیمار مایه‌زنی شده و شاهد، اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد، به طوری که تیمارهای شاهد به لحاظ آماری برتر از تیمارهای مایه‌زنی شده بودند، به عبارتی در تیمارهای شاهد بدون نماتد، تمام صفات رشدی بیشتر از تیمارهای دارای نماتد بود. بر اساس شکل۱ مقایسه ظاهری بین دو گیاه شاهد و مایه‌زنی شده، نشان‌دهنده تأثیر منفی آلودگی با نماتد *M. javanica* بر رشد گیاه آلوئه‌ورا است. به طوری‌که گیاه شاهد دارای ارتفاع بلندتر، برگ‌های بیشتر و قطورتر با رنگ سبز زنده‌تر دیده می‌شود. در حالی‌که گیاه آلوده‌شده با نماتد، کوتاه‌تر و دارای تعداد برگ کمتر بوده و کاهش محسوسی در ضخامت و شادابی برگ‌ها مشاهده می‌شود. همچنین ریشه گیاهان شاهد دارای رشد طبیعی، طول زیاد و وزن نسبی بالا هستند که نشان‌دهنده توسعه مناسب سیستم ریشه‌ای و توانایی بالای گیاه در جذب آب و عناصر غذایی است. در مقابل، در گیاهان آلوده به نماتد، کاهش قابل توجهی در حجم ریشه به‌دلیل ایجاد گال‌ها، اختلال در تقسیم سلولی و آسیب فیزیکی به بافت‌های ریشه‌ای دیده می‌شود. این تفاوت‌ها با نتایج آماری فاکتورهای رشدی نیز هم‌خوانی دارد.

جدول ۱. مقایسه گیاهان *Aloe vera* مایه‌زنی شده و نشده با نماتد با استفاده از T-Test

صفات مورد مطالعه	میانگین صفات		اختلاف	آماره t	خطای استاندارد
	گیاهان مایه زنی شده با نماتد	شاهد	میانگین		S.E.
ارتفاع (سانتی‌متر)	۲۱/۶۰	۳۱/۲۵	-۹/۶۵	-۷/۵۲ **	۱/۲۸
تعداد برگ در گیاه	۸/۹۰	۱۱/۳۰	-۲/۴۰	-۶/۳۱ **	۰/۳۸
طول برگ(سانتی‌متر)	۱۸/۷۸	۲۳/۰۷	-۴/۲۹	-۴/۷۶ **	۰/۹۰
عرض برگ (سانتی‌متر)	۰/۹۷	۱/۳۹	-۰/۴۲	-۵/۲۹ **	۰/۰۷
قطر برگ (سانتی‌متر)	۰/۳۵	۰/۵۸	-۰/۲۳	-۵/۷۲ **	۰/۰۴
وزن تر برگ (گرم)	۲۵/۳۹	۴۹/۳۰	-۲۳/۹۰	-۵/۰۳ **	۴/۷۴
وزن تر پوسته برگ (گرم)	۱۱/۹۵	۲۱/۳۲	-۹/۳۶	-۴/۶۷ **	۲/۰۰
وزن خشک پوسته برگ (گرم)	۱/۰۰	۲/۹۴	-۱/۹۴	-۵/۰۸ **	۰/۳۸
وزن تر ژل (گرم)	۱۱/۸۸	۲۶/۰۰	-۱۴/۱۲	-۵/۱۳ **	۲/۷۵
وزن خشک ژل (گرم)	۰/۱۲	۰/۱۴	-۰/۲	-۱/۲۴ ns	۰/۰۲
وزن تر ریشه (گرم)	۱/۷۰	۲/۵۵	-۰/۸۵	-۲/۵۴ *	۰/۳۳
وزن خشک ریشه (گرم)	۰/۴۰	۰/۵۰	-۰/۱	-۱/۶۰ ns	۰/۰۶
طول ریشه (سانتی‌متر)	۷/۹۵	۱۴/۱۰	-۶/۱۵	-۲/۷۸ *	۲/۲۰

ns، * و ** به مفهوم غیرمعنی‌دار و معنی‌داری به ترتیب در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد.

شکل ۱. سمت راست: مقایسه ریشه گیاه مایه‌زنی شده با نماتد (ریشه سمت راست) با ریشه گیاه سالم (ریشه سمت چپ)، سمت چپ: مقایسه گیاه مایه‌زنی شده با نماتد (گلدان سمت چپ) با گیاه شاهد (گلدان سمت راست).

برخی از پژوهش‌ها نیز موید آلودگی آلوئه ورا با نماتد گره ریشه است که مشابه پژوهش حاضر، مناطق تغییر رنگ یافته در اندام هوایی و ریشه و کاهش رشد و کیفیت آن مشاهده گردید (Palomares-Rius et al., 2015). اگر چه در برخی از پژوهش‌ها از عصاره این گیاه در کنترل نماتدهای انگل استفاده می‌شود (Tanimola and Fawole, 2015) اما مشاهده گردید که خود این گیاه از ناحیه ریشه با نماتد آلوده شده و تحت تاثیر قرار گرفت.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به اهمیت گیاه آلوئه‌ورا از نظر دارویی و بهداشتی، غذایی و اینکه مشاهده گردید این گیاه به شدت تحت تاثیر آلودگی با نماتد گره ریشه قرار می‌گیرد، بررسی آلودگی مناطق کشت این گیاه و در صورت وجود ارائه راهکارهای کنترل، ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

قادری، ر. کاشی‌نهنجی، ل. کارگربیده، ا. (۱۳۹۱). نماتدهای ایران، انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی.

Elling, A.A. (2013). Major emerging problems with minor *Meloidogyne species*. *Phytopathology*, 103: 1092–1102.

Hussey, R.S., Barker, K.R. (1973). A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant Disease Reporter*, 57: 1025–1028.

Jones, J.T., Haegeman, A., Danchin, E.G.J, Gaur, H.S., Helder, J., Jones, M.G.K., Kikuchi, T., Manzanilla-López R., Palomares-Rius J.E., Wesemael, W.M.L. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular plant pathology*, 14: 946–961.

Mándoki, Z., Pénzes, B. (2012). Effects of using chemical-free root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) control methods on the occurrence of blossom-end rot in pepper. *Journal of Plant Protection Research*, 52 (3): 337- 341.

Mondal, P.C., Kumar, V., Kaushik, P., Shakil, N.A., Singh, P., Rana, V.S. (2024). New nematicidal compounds from *Mentha spicata* L. against *Meloidogyne incognita*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 131: 1983–1992.

Palomares-Rius J.E., Castillo, P., Rapoport, H., Archidona-Yuste, A., Tzortzakakis, E.A. (2015). Host reaction of *Aloe vera* infected by *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* in Crete Island (Greece). *European Journal of Plant Pathology*, 142: 887–892.

Surjushe, A., Vasani, R., Saple, D.G. (2008). *Aloe vera*: a short review. *Indian journal of dermatology*, 53: 163–166.

Tanimola, A.A. and Fawole, B. (2015) .In vitro nematicidal activity of some *Aloe* species extracts on eggs and second-stage juveniles of *Meloidogyne incognita*. *Pakistan Journal of Nematology*, 33(1): 57-69.

Survey on the effect of infection with *Meloidogyne javanica* on *Aloe vera* plant

Rasoul Jani[1]*, Shalaleh Moslehi[2], Saeid Hazrati[3]
1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
2. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
3. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
Corresponding Author: rasooljani1374@gmail.com

Abstract

Aloe vera is a valuable medicinal species that is a perennial, fleshy and drought-resistant plant. One of the challenges in growing this plant is infection with root-knot nematodes, including the *Meloidogyne javanica* species. In present study, ten pots of *A. vera* were inoculated with four nematode juveniles and eggs per gram of soil and ten pots were considered as controls without nematodes. The results showed that inoculation of *A. vera* plants with root-knot nematode caused the formation of nematode knots on the roots. Some of the infected roots experienced significant growth reduction and rot, while the control plants had a healthy and normal root system. In comparison of most of the studied factors, including plant height, number of leaves, leaf length, width and diameter, leaf fresh weight, leaf gel fresh weight, leaf peel fresh and dry weight, root fresh weight and root length, there was a statistically significant difference between the nematode-inoculated and control treatments. So that, the control plants had higher values in all the parameters than the plants with nematodes. Considering the importance of this medicinal plant, it is important to investigate the cultivated areas in terms of nematode infection and to provide management strategies to control or prevent the disease.

Keywords: Greenhouse experiment, Medicinal Plant, Plant growth parameters, Root-knot nematode.

پتانسیل درمانی و کاربرد رنگ‌های غذایی با منشأ گیاهی در صنعت غذا

مریم خوش‌منظر*[۱]، حمید شمس صباغ[۱]، حسین بهرامی[۱]

۱- گروه صنایع غذایی، مرکز آموزش علمی کاربردی گروه صنایع غذایی شیرین عسل، واحد استان آذربایجانشرقی، تبریز

*نویسنده مسئول: pazhouhesh@uast-sha.ir

چکیده

استفاده از رنگ‌های غذایی طبیعی و مصنوعی در صنعت غذا برای برخی مواد غذایی توسط سازمان غذا و دارو، بمنظور بالا بردن جذابیت بصری موادغذایی تأیید شده است. امروزه برای کاهش عوارض ناشی از رنگ‌های خوراکی در صنعت غذا استفاده از رنگ‌ها با منشأ گیاهی مورد مطالعه بیشتر قرار گرفته است. مطالعات ثابت کرده‌اند که رنگ‌های غذایی مشتق شده از گیاهان مانند بتالائین ها، آنتوسانین‌ها، کاروتنوئیدها و ... برای سلامت انسان مفید می‌باشند. اثرات سلامتی بخشی این افزودنی‌ها صنعت غذا بر سرطان، بیماری‌های قلبی عروقی و دیابت، بیماری‌های عصبی بر اساس مطالعات تایید شده است. همچنین خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدباکتریایی رنگ‌های خوراکی با منشأ گیاهی اثبات شده است. علاوه بر این مطالعات نشان داده‌اند که این مواد زیست تخریب‌پذیر بوده و ایمنی‌زایی در بدن ایجاد نمی‌کنند. در مطالعه حاضر، ضمن معرفی اجزای زیست فعال مشتق شده از میوه‌ها، سبزیجات، غلات و سایر منابع گیاهی، ویژگی‌های ارتقا دهنده سلامت و کاربرد آن‌ها در صنعت غذا مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، بتالائین، رنگ خوراکی، کارتنوئید

مقدمه

جنبه بصری، از جمله رنگ غذا، یکی از اولین ویژگی‌های حسی است که توسط مصرف‌کنندگان ارزیابی می‌شود. رنگ‌ها برای صنعت مهم می‌باشند؛ زیرا برای جبران تغییر رنگ ناشی از قرار گرفتن در معرض نور، هوا، رطوبت، شرایط فرآوری و نگهداری عمل کرده، تغییرات رنگ را اصلاح و جنبه‌های حسی را بهبود داده و تنوع غذایی را ممکن می‌سازند (Albuquerque *et al.*, 2021). رنگ‌ها بر اساس منبع به رنگ‌های طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند. با این حال، بسیاری از رنگ‌های مصنوعی دارای سمیت محیطی بوده و سلامت انسان را تهدید می‌کنند. این اثرات نامطلوب رنگ‌های مصنوعی باعث شده است که جامعه علمی به سمت رنگ‌های طبیعی متمایل شود. رنگ‌های طبیعی به طور گسترده در خشکی و دریا یافت می‌شوند و می‌توانند از گیاهان، حیوانات، میکروارگانیسم‌ها، مواد معدنی و برخی مواد دیگر استخراج شوند(Brudzynska *et al.*, 2021). در گیاهان، برگ‌ها، ریشه‌ها، گل‌ها و میوه‌های گیاهان همگی منابع مهم رنگ‌های طبیعی می‌باشند و این رنگ‌های طبیعی رنگ قسمت‌های مختلف گیاهان را تعیین می‌کنند. به عنوان مثال، کلروفیل‌ها مسئول رنگ سبز برگ‌ها بوده، کاروتنوئیدها مسئول رنگ زرد و قرمز گل‌ها، سبزیجات و میوه‌ها می‌باشند، در حالی که آنتوسیانین‌ها رنگ گل‌ها و میوه‌ها را از نارنجی تا آبی تیره تعیین می‌کنند. رنگ انبه و گوجه فرنگی به ترتیب با کاروتن و لیکوپن مرتبط است. گل ذرت، زغال اخته، توت و توت فرنگی سرشار از آنتوسیانین است. بتالائین‌های موجود در واکوئل‌های گیاهان مسئول رنگ قرمز یا زرد پررنگ چغندر می‌باشند (Li *et al.*, 2022).

بنابراین، تعداد زیادی از محصولات غذایی برای به دست آوردن ظاهری دلپذیر یا ویژگی رنگ، افزودنی‌های رنگی را در خود جای داده‌اند. به عنوان مثال، به منظور افزایش ترجیحات مصرف‌کنندگان، رنگ‌های غذایی معمولاً در یخ‌های خوراکی، دسرها، شیرینی‌ها و محصولات نانوایی مرغوب، تزئینات و پوشش‌های شیرینی، محصولات قنادی، سس‌ها، آبمیوه‌ها، تنقلات و نوشابه‌ها و نوشیدنی‌های الکلی استفاده می‌شوند(Silva *et al.*, 2022). علاوه بر این واقعیت که رنگ‌های مشتق‌شده از گیاهان زیست‌تخریب‌پذیر و سازگار با محیط زیست، نسبت به رنگ‌های مصنوعی کمتر آلرژی‌زا بوده و سمیت کمتری ایجاد می‌کنند. رنگ‌های مشتق‌شده از گیاهان دارای خواص سلامتی بخشی مرتبط با سرطان، دیابت، قلب و عروق، مغز و اعصاب می‌باشند که نیازمند مطالعات بیشتر برای بهره‌مندی بیشتر از آن‌ها در صنعت غذا است (Albuquerque *et al.*, 2021). در مطالعه حاضر تلاش شده است تا با اثبات پتانسیل درمانی رنگ‌های غذایی با منشأ گیاهی، کاربرد این رنگ‌ها در صنعت غذا مورد توجه قرار گیرد تا سلامت مصرف‌کننده تضمین شود.

مواد و روش‌ها

این مقاله مروری با مطالعه منابع معتبر، به بررسی انواع رنگ‌های خوراکی با منشأ گیاهی پرداخته و پتانسیل درمانی و کاربرد رنگ‌های با منشأ گیاهی در صنعت غذا و تاثیر آن‌ها بر سلامتی را مورد بررسی قرار داده است.

ویژگی‌های ساختاری رنگ‌های خوراکی گیاهی

رنگ‌های طبیعی با منشأ گیاهی را می‌توان بر اساس ساختار شیمیایی به دسته‌های اصلی کاروتنوئیدها، فلانوئیدها، بتالائین‌ها و کلروفیل‌ها طبقه‌بندی کرد.

کاروتنوئیدها رنگدانه‌های محلول در چربی بوده که توسط همه موجودات فتوسنتزی، شامل گیاهان، جلبک‌ها و میکروارگانیسم‌ها، سنتز می‌شوند. کاروتنوئیدها در بافت‌های گیاهی، مسئول ایجاد رنگ‌های زرد، نارنجی یا قرمز می‌باشند. منابع اصلی آن هویج، گوجه فرنگی و فلفل است. در گیاهان، کاروتنوئیدها عملکردهای اولیه‌ای مانند محافظت در برابر آسیب اکسیداسیون نوری دارند. کاروتنوئیدهای اصلی موجود در مواد غذایی عبارتند از: بتا-کاروتن، آلفا-کاروتن، بتا-کریپتوکسانتین، لیکوپن، لوتئین و زآگزانتین(Albuquerque *et al.*, 2021). آنتوسیانین یکی دیگر از معروف‌ترین رنگ‌های طبیعی پلی فنول است. آنتوسیانین‌ها و گلیکوزیدهای آن‌ها، به عنوان گونه‌هایی از رنگدانه‌های محلول در آب، در دنیای گیاهان فراوان می‌باشند. بیش از ۲۵۰ نوع مولکول آنتوسیانین از محصولات کشاورزی یافت شده است که مسئول رنگ محصولاتی مانند زغال اخته، توت سیاه، گیلاس، تمشک سیاه، توت فرنگی، انگور و ذرت بنفش و قرمز می‌باشند (Silva *et al.*, 2022). کلروفیل‌ها مولکول‌های منیزیم-تتراپیرول و رنگدانه‌های اصلی فتوسنتزی مایل به سبز می‌باشند که در جلبک‌ها، گیاهان و سیانوباکتری‌ها یافت شده و نقش‌های اساسی در فتوسنتز دارند. کلروفیل‌ها عمدتاً شامل پنج نوع، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل c، کلروفیل d و کلروفیل f می‌باشند. میوه خیار و همچنین زیتون بیشترین میزان کلروفیل را دارند. کلروفیل‌های به دست آمده از مواد گیاهی خوراکی یا غیرخوراکی مانند علف، یونجه یا گزنه می‌توانند به عنوان رنگ صنعت غذا مورد استفاده قرار گیرند (Albuquerque *et al.*, 2021). بتالائین یک ماده قرمز یا قرمز تیره است که به صورت مایع، خمیر، پودر یا جامد وجود دارد و در آب محلول و در اتانول نامحلول است. چغندر قرمز یک بتالائین است که از ریشه چغندر قرمز با فشردن چغندر خرد شده یا با استخراج آبی ریشه‌های چغندر خرد شده و غنی‌سازی بعدی به دست می‌آید (Silva *et al.*, 2022).

فعالیت‌های دارویی رنگ‌های طبیعی و مکانیسم‌های مرتبط

رنگ‌های کاروتنوئیدی، آنتی‌اکسیدان‌های عالی در زمینه‌های تغذیه‌ای و دارویی محسوب می‌شوند. کاروتنوئیدها با فعالیت پرووِیتامین می‌توانند به طور مؤثر گونه‌های فعال اکسیژن را از بین ببرند و استرس اکسیداتیو را در بدن انسان کاهش دهند. کاروتنوئیدها شامل بتاکاروتن، لیکوپن، کروسین، آستاگزانتین و فوکوگزانتین، فعالیت‌های ضد تکثیری و پیش‌آپوپتوتیک را در برابر سرطان‌های مختلف نشان داده‌اند. در عین حال، کاروتنوئیدها می‌توانند میکروفلور روده را تنظیم کنند تا بروز چاقی را کاهش دهند. بتاکاروتن پس از ورود به بدن می‌تواند به ویتامین A تبدیل شود که یک ویتامین مهم برای انسان است و می‌تواند به جلوگیری از آسیب چشم و محافظت از پوست کمک کند (Silva *et al.*, 2022). آنتوسیانین‌ها به عنوان آنتی‌اکسیدان می‌توانند رادیکال‌های آزاد را از بین ببرند، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را افزایش دهند، تنش اکسیداتیو را از طریق پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن سرکوب کرده و سطح GSH و سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی گلوتاتیون را حفظ کنند (Camara *et al.*, 2022). آنتوسیانین‌ها نقش بالقوه‌ای در پیشگیری و درمان سرطان دارند. گزارش شده است که عصاره‌های آنتوسیانین‌ها، اثرات مهاری بر سرطان سینه، سرطان روده بزرگ، سرطان کبد، سرطان ریه و سرطان پروستات دارند. علاوه بر این، پروآنتوسیانیدین‌های دانه انگور اثر محافظتی پرتویی بر سلول‌های طبیعی ریه نشان دادند و به عنوان یک داروی محافظتی پرتویی ایده‌آل برای بیماران مبتلا به سرطان ریه که تحت پرتودرمانی قرار می‌گیرند، در نظر گرفته شده‌اند (Samtiya *et al.*, 2021). عصاره‌های آنتوسیانین کلم قرمز و تفاله گیلاس ترش اثرات ضد میکروبی بر روی اشریشیا کلی[1]، استافیلوکوکوس اورئوس[2] نشان داده‌اند (Camara *et al.*, 2022). فعالیت آنتی‌اکسیدانی کورکومین با مهار مالون دی آلدئید سرم، تنظیم افزایشی سطح رونویسی و بیان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و بهبود عملکرد میتوکندری محقق شد. کورکومین یک کاندیدای امیدوارکننده برای پیشگیری و درمان چندین سرطان است. فعالیت‌های ضد سرطانی کورکومین شامل مسیرهای سیگنالینگ و اهداف مولکولی مختلفی از جمله تعدیل فاکتورهای رشد، آنزیم‌ها، فاکتورهای رونویسی، کینازها و سیتوکین‌های التهابی و تنظیم افزایشی پروتئین‌های پیش‌برنده آپوپتوز و تنظیم کاهشی پروتئین‌های ضد آپوپتوز است. مشخص شده است که کورکومین از طریق مکانیسم‌های متعدد و تعدیل مسیرهای سیگنالینگ متعدد، بیماری‌های قلبی عروقی مختلفی مانند تصلب شرایین، هیپرتروفی قلبی، فیبروز قلبی، نارسایی قلبی و ایسکمی را بهبود می‌بخشد. کورکومین و مشتقات آن دارای خواص ضد میکروبی قوی در برابر استرپتوکوک پنومونیه[3]، حتی در سویه‌های مقاوم به پنی‌سیلین می‌باشند (Silva *et al.*, 2022).

کاربرد رنگ‌های گیاهی خوراکی در صنعت غذا

لیکوپن، کورکومین، عصاره پاپریکا، لوتئین و آنتوسیانین‌ها در شیرینی‌جات از جمله خوشبوکننده‌های دهان و آدامس، تزئینات، پوشش‌ها و مواد پرکننده کیک و شیرینی، مربا و ژله، مارمالاد، کلوچه، دسر، یخ‌های خوراکی، محصولات لبنی تخمیر شده طعم‌دار، نوشیدنی‌های طعم‌دار، سس‌ها، چاشنی‌ها، جایگزین‌های ماهی دودی و ماهی سالمون، پیش‌غذاها، پوست‌های خوراکی پنیر، خمیرهای پوششی، محصولات نانوایی مرغوب، سوپ‌ها و نوشیدنی‌های الکلی استفاده شده است. برخی از افزودنی‌های رنگی برای جذب آسان‌تر در بدن نیاز به ایجاد تغییرات فیزیکی و

1. *E. coli*
2. *Staphylococcus aureus*
3. *Streptococcus pneumoniae*

شیمیایی دارند. برای مثال جذب روده‌ای آسان‌تر، لیکوپن نیاز به ترکیب با نمک‌های صفراوی و چربی برای تشکیل میسل دارد. زیرا لیکوپن در محصولات غذایی مخصوص کودکان مانند بستنی و لبنیات طعم‌دار بیشترین استفاده را دارد و برای جلوگیری از مشکل روده در کودکان ایجاد این تغییر شیمیایی ضروری است. در بین رنگ‌های خوراکی، بتالین‌ها بخاطر حساسیت دمایی فقط می‌تواند به عنوان رنگ‌دهنده برای محصولات غذایی با ماندگاری کوتاه و مواد غذایی نگهداری شده در دمای پایین در بسته‌بندی‌های مات، مانند بستنی، دسرهای یخ زده و ماست، پودر کیک، نوشابه و آب‌نبات‌های پاستیلی مورد استفاده قرار گیرد (Silva *et al*., 2022).

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر از متون علمی نشان می‌دهد که ترکیبات زیست‌فعال مشتق‌شده از گیاهان، توجه زیادی از مصرف‌کنندگان را در رابطه با بهبود سلامت انسان به خود جلب کرده‌اند. رنگ‌های مشتق‌شده از گیاهان مانند فلاونوئیدها، کلروفیل‌ها، بتالائین‌ها و کاروتنوئیدها برای سلامت انسان و محیط زیست مفید تلقی شده و در مقایسه با رنگ‌های مصنوعی، هیچ عارضه جانبی ندارند. بنابراین، می‌توانند شدت چندین اختلال مزمن را کاهش دهند. این مقاله مروری شواهد علمی مربوط به ترکیبات زیست‌فعال مشتق‌شده از گیاهان را به عنوان رنگ خوراکی، در رابطه با تنظیم، پیشگیری یا درمان سرطان، دیابت، بیماری‌های قلبی عروقی، استرس اکسیداتیو، سلامت روده، بیماری‌های چشمی و پروفایل لیپیدی مورد مطالعه قرار داده است. این حوزه تحقیقاتی اکنون با کشف اهداف مولکولی جدید برای بیماری‌های مختلف انسانی، اهمیت زیادی پیدا کرده است. بنابراین، فعالیت‌های تحقیقاتی آینده که شامل آزمایش‌های انسانی می‌باشند، برای اطمینان از تأثیر بیشتر غذاهای کاربردی به عنوان عوامل درمانی قابل قبول مورد نیاز است.

منابع

Albuquerque, B. R., Oliveira, M. B. P., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2021). Could fruits be a reliable source of food colorants? Pros and cons of these natural additives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *61(5)*, 805-835.

Brudzyńska, P., Sionkowska, A., & Grisel, M. (2021). Plant-derived colorants for food, cosmetic and textile industries: *A review. Materials*, *14(13)*, 3484.

Câmara, J. S., Locatelli, M., Pereira, J. A., Oliveira, H., Arlorio, M., Fernandes, I. & Bordiga, M. (2022). Behind the scenes of anthocyanins—from the health benefits to potential applications in food, pharmaceutical and cosmetic fields. *Nutrients*, *14(23)*, 5133.

Li, N., Wang, Q., Zhou, J., Li, S., Liu, J., & Chen, H. (2022). Insight into the progress on natural dyes: sources, structural features, health effects, challenges, and potential. *Molecules*, *27(10)*, 3291.

Samtiya, M., Aluko, R. E., Dhewa, T., & Moreno-Rojas, J. M. (2021). Potential health benefits of plant food-derived bioactive components: An overview. *Foods*, *10(4)*, 839.

Silva, M. M., Reboredo, F. H., & Lidon, F. C. (2022). Food colour additives: A synoptical overview on their chemical properties, applications in food products, and health side effects. *Foods*, *11(3)*, 379.

Therapeutic potential and application of plant-derived food colors in the food industry

Maryam Khosh Manzar[1]*, Hamid Shams Sabaq[1], Hossein Bahrami[1]
1. Food Industry Department, Applied Scientific Training Center, Shirin Asal Food Industry Department, East Azerbaijan Province, Tabriz
*Corresponding Author: pazhouhesh@uast-sha.ir

Abstract

To enhance the visual appeal of foods, the Food and Drug Administration has approved the use of both natural and artificial food colors in the food industry for certain products.Currently,there is an increasing focus on plant-based colors in the food industry to minimize the side effects associated with food coloring.Research has demonstrated that plant-derived food colors, including betalains, anthocyanins, and carotenoids, are beneficial for human health. The health effects of these food industry additives on cancer, cardiovascular diseases, diabetes, and neurological disorders have been confirmed by various studies.Furthermore, studies have shown that these substances are biodegradable and do not induce immunogenic responses in the body.In this review article, we introduce bioactive components derived from fruits, vegetables, grains, and other plant sources, and examine their health-promoting properties and applications in the food industry

Keywords: Anthocyanin, Carotenoid, Food Coloring, Phthalein.

نقش محرک‌ها در کشاورزی پایدار و رشد گیاهان دارویی

ایرج عزتمند[۱*]، ابولفضل علیرضالو[۲]، عباس حسنی[۲]

۱- دانشجوی دکتری گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهان باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲- دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*نویسنده مسئول: i.ezzatmand@urmia.ac.ir

چکیده

این مرور نقش محرک‌های زیستی و السیتورها را در کشاورزی پایدار بررسی می‌کند. این عوامل با تقویت فرآیندهای فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی، رشد گیاه، مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی و کیفیت محصول را بهبود می‌بخشند. این ترکیبات با کاهش ۴۰٪ وابستگی به کودها و آفت‌کش‌ها، آلودگی آب، تخریب خاک و انتشار گازهای گلخانه‌ای را تا ۳۰٪ کاهش می‌دهند. محرک‌ها شامل میکروارگانیسم‌های مفید (مانند *Bacillus subtilis*، قارچ‌های میکوریزی)، عصاره‌های جلبکی، هیدرولیسات پروتئینی، اسیدهای هیومیکی و نانومواد، بهره‌وری استفاده از مواد مغذی را تا ۳۰٪، تحمل به خشکسالی، شوری و دماهای نامناسب را تا ۲۵٪ و متابولیت‌های ثانویه (پلی‌فنول‌ها، فلاونوئیدها) را تا ۴۰٪ افزایش می‌دهند. السیتورها با فعال‌سازی مقاومت سیستمیک القایی و اکتسابی، پروتئین‌های دفاعی و متابولیت‌های ضدمیکروبی را تقویت می‌کنند. کاربرد محرک‌ها در گندم، برنج، گوجه‌فرنگی و گیاهان دارویی (مانند *Silybum marianum*). عملکرد را تا ۳۵٪ و کیفیت را تا ۳۰٪ بهبود می‌دهد. فناوری‌های حسگرهای IoT، پهپادها و آنالیز omics کارایی کاربرد را تا ۲۰٪ افزایش می‌دهند. با این حال، هزینه‌های تولید نانومواد (۳۰-۱۰۰ دلار بر کیلوگرم) بوده، فقدان مقررات استاندارد و اثربخشی متغیر بسته به خاک و اقلیم، پذیرش را محدود می‌کنند. تحقیقات آینده باید بر استانداردسازی، کاهش هزینه‌ها با استفاده از ضایعات کشاورزی و توسعه فرمولاسیون‌های سینرژیک تمرکز کند.

واژه‌های کلیدی: السیتورها، بهره‌وری مواد مغذی، کشاورزی پایدار، متابولیت‌های ثانویه، محرک‌های زیستی، مقاومت به تنش.

مقدمه

محرک‌های زیستی و السیتورها (محرک های غیر زیستی) ابزارهای کلیدی در کشاورزی پایدار هستند که با تحریک فرآیندهای فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی، رشد گیاه، مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی و سلامت خاک را بهبود می‌دهند (Yakhin et al., 2017). این ترکیبات با کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، بهره‌وری را افزایش داده و کیفیت محصول را ارتقا می‌دهند، در حالی که به اقتصاد چرخشی و کاهش ردپای کربن کمک می‌کنند (Carillo et al., 2025). السیتورها، مولکول‌ها یا ترکیباتی که با فعال‌سازی مسیرهای سیگنالینگ در گیاهان، پاسخ‌های فیزیولوژیکی مانند مقاومت به تنش یا رشد را تحریک می‌کنند. با توجه به چالش‌های جهانی مانند تغییرات اقلیمی، افزایش جمعیت به ۹/۸ میلیارد تا سال ۲۰۵۰ و کاهش منابع آب و خاک، محرک‌ها نقش

مهمی در تضمین امنیت غذایی ایفا می‌کنند (Mandal et al., 2023). این مقاله تعریف، انواع، مکانیسم‌ها، کاربردها، مزایا، چالش‌ها و جهت‌گیری‌های آینده محرک‌ها را بررسی کرده و نقش آن‌ها در تحول کشاورزی پایدار را برجسته می‌کند.

مواد و روش‌ها

جستجوی نظام‌مند با کلیدواژه‌های محرک‌های زیستی، السیتورها، کشاورزی پایدار، مقاومت به تنش، بهره‌وری مواد مغذی و متابولیت‌های ثانویه در پایگاه‌های علمی معتبر انجام شد. منابع مرتبط از مقالات، کتاب‌ها و پایگاه‌های داده استخراج و تحلیل شدند تا دید جامعی از موضوع ارائه شود.

تعریف و اهمیت محرک‌ها

محرک‌ها، شامل ترکیبات یا میکروارگانیسم‌هایی هستند که فرآیندهای طبیعی گیاه مانند متابولیسم، بیان ژن و تعاملات خاک-گیاه را تقویت می‌کنند، بدون اینکه صرفاً منبع مواد مغذی باشند (Jardin, 2015). السیتورها، زیرمجموعه‌ای از محرک‌ها، پاسخ‌های دفاعی گیاه مانند تولید ترکیبات ضدمیکروبی و متابولیت‌های ثانویه را فعال می‌کنند (Carillo et al., 2025). محرک‌ها بهره‌وری استفاده از مواد مغذی (Nutrient Use Efficiency(NUE)) و تحمل به تنش‌های غیرزیستی (خشکسالی، شوری، دماهای نامناسب)، کیفیت محصول و دسترسی به مواد مغذی خاک را بهبود می‌دهند. این ترکیبات با کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، آلودگی آب و خاک و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش داده و با استفاده از ضایعات کشاورزی مانند هیدرولیسات پروتئینی یا محلول‌های دود، اقتصاد چرخشی را تقویت می‌کنند (Mandal et al., 2023). محلول‌های دود، حاوی ترکیبات زیست‌فعال مانند کاریکینولیدها و فنول‌ها، جوانه‌زنی بذر و پاسخ‌های دفاعی را تحریک کرده و با هورمون‌هایی مانند اسید آبسزیک تعامل دارند، که منجر به افزایش متابولیت‌های ثانویه (پلی‌فنول‌ها، فلاونوئیدها) و بهبود سلامت خاک می‌شود (Yakhin et al., 2017).

انواع محرک‌ها، کاربردآنها در گیاهان دارویی

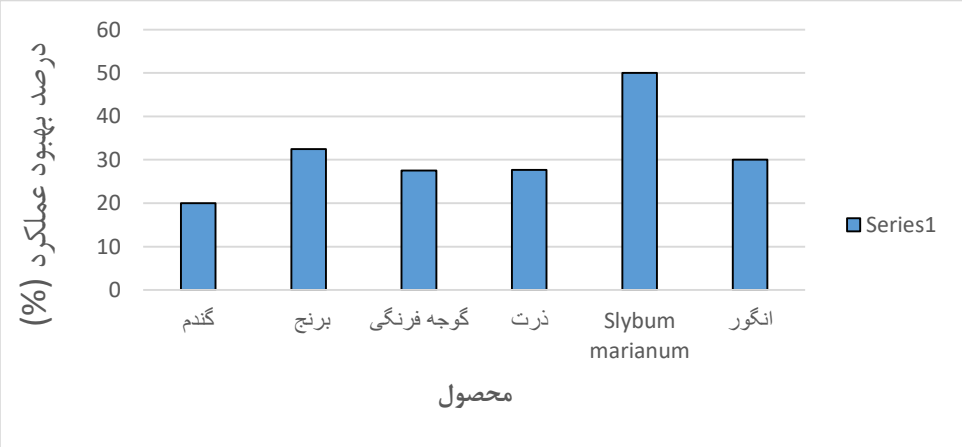
انواع محرک‌ها، ویژگی‌ها و مکانیسم‌های عملکرد، مزایا و کاربرد آن‌ها در گیاهان در جدول ۱ و نمودار ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. انواع محرک‌ها و ویژگی‌های کلیدی آن‌ها در گیاهان دارویی

نوع محرک و منبع	نمونه‌ها	ویژگی‌ها و مکانیسم‌های عملکرد	مزایا
محرک‌های میکروبی (Jardin, 2015) (Mandal et al., 2023)	*Bacillus subtilis, Rhizobium, leguminosarum, Azospirillum brasilense*, قارچ‌های میکوریزی (*Rhizophagus irregularis*)	تثبیت نیتروژن، محلول‌سازی فسفر و پتاسیم، تولید فیتوهورمون‌ها (اکسین، سیتوکینین)، افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده (ACC deaminase)	بهبود رشد گیاه (تا ۳۵٪)، افزایش سلامت خاک، تحمل به شوری و گرما (تا ۲۵٪)
محرک‌های غیرمیکروبی (Cerruti et al., 2024) (Carillo et al., 2025) (Mandal et al., 2023)	عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum, Ecklonia maxima*), هیدرولیسات پروتئینی، اسیدهای هیومیکی و فولیک، کیتوزان	تنظیم متابولیسم، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (SOD ، CAT، APX)، بهبود جذب مواد مغذی	افزایش NUE تا (۳۰٪)، تحمل به خشکسالی و شوری (تا ۲۵٪)، بهبود کیفیت محصول

ادامه جدول ۱

نوع محرک و منبع	نمونه‌ها	ویژگی‌ها و مکانیسم‌های عملکرد	مزایا
السیتورها (Carillo et al., .2025) (Mandal et al., 2023)	سالیسیلیک اسید، متیل جاسمونیک اسید، اولیگوکیتوسان، متابولیت‌های میکروبی	فعال‌سازی مقاومت سیستمیک القایی (ISR)و اکتسابی(SAR) ، تولید پروتئین‌های دفاعی (proteins PR) و متابولیت‌های ثانویه	افزایش مقاومت به پاتوژن‌ها (تا ۳۵٪)، بهبود تولید متابولیت‌های دارویی
گلیکوستیمولاسیون (Brown et al., 2024)	پلی‌ساکاریدها، گلیکوپروتئین‌ها، اولیگوساکاریدها	تحریک مسیرهای سیگنالینگ رشد و دفاع(MAPK ، Ca^{2+}-واسطه)	کاربرد چندمنظوره در رشد و دفاع گیاه
نانومواد (Brown et al., 2024) Carillo et al., .2025)	نانوذرات کیتوزان-اسید فولیک، محلول‌های دود	تقویت بیان ژن‌های دفاعی(DREB2A) ، کاهش سمیت فلزات سنگین	افزایش تحمل به خشکسالی و شوری (تا ۳۰٪)، کاهش سمیت کادمیوم



نمودار ۱. درصد بهبود عملکرد در محصولات کشاورزی (به‌ویژه گیاهان دارویی) با استفاده از محرک‌ها

کاربرد فناوری‌های نوین و کشاورزی دقیق در بهینه‌سازی تولید و پایداری زیست‌محیطی

فناوری‌های پیشرفته کشاورزی دقیق، مانند شبکه‌های نمونه اولیه با دقت ۹۴٪ در شناسایی بیماری‌های گندم و برنج، حسگرها و پردازش تصویر برای ارزیابی کلروفیل و رطوبت در کاهو، و آنالیز مولکولی (RNA-seq، پروتئومیک) برای روشن‌سازی پاسخ به محرک‌ها، مدیریت تنش و بهینه‌سازی کاربرد محرک‌ها را تا ۲۰٪ در انگور و توت‌فرنگی بهبود می‌بخشند (Carillo et al., .2025; Cerruti et al., 2024) در کاربردهای زراعی، کشت جو کنار تاک‌ها فرسایش خاک را تا ۲۵٪ کاهش داده و تنوع زیستی را افزایش می‌دهد، کنسرسیوم‌های میکروبی عملکرد نخود را تا ۲۵٪ بهبود می‌بخشند، اسیدهای هیومیکی ظرفیت نگهداری آب خاک را تا ۲۰٪ و نیاز به آبیاری را تا ۱۰٪ کاهش می‌دهند، و عصاره جلبک (۳۰۰ میلی‌لیتر بر هکتار) زیست‌توده کاهو را تا ۲۰٪ افزایش می‌دهد(Mandal et al., 2023; Cerruti et al., 2024). از نظر زیست‌محیطی و اقتصادی، محرک‌ها مصرف آفت‌کش‌ها و کودهای نیتروژنی را به ترتیب تا ۲۵٪ و ۴۰٪ کاهش داده، متابولیت‌های ثانویه (پلی‌فنول‌ها تا ۴۰٪، فلاونوئیدها تا ۳۰٪) و ارزش تغذیه‌ای (ویتامین C تا ۲۵٪) را بهبود می‌بخشند، و با استفاده از ضایعات کشاورزی، اقتصاد چرخشی تقویت شده و هزینه‌های ورودی شیمیایی تا ۲۰٪

کاهش می‌یابد؛ بازار جهانی محرک‌های زیستی در ۲۰۲۴ به ۴/۳ میلیارد دلار رسیده و تا ۲۰۳۰ با رشد سالانه ۱۲٪ افزایش خواهد یافت (Carillo et al., 2025; Yakhin et al., 2017).

اثربخشی محرک‌های زیستی به خاک، اقلیم و گونه گیاهی وابسته است، اما دوزهای بالای عصاره جلبک ممکن است فیتوتوکسیک باشند (Jardin, 2015). تولید نانومواد برای کشاورزان کوچک پرهزینه بوده و فقدان مقررات استاندارد و آگاهی، پذیرش آنها را محدود می‌کند (Brown et al., 2024; Carillo et al., 2025). تحقیقات آینده باید بر تکنیک‌های omics، فرمولاسیون‌های نوین (نانومواد، گلیکومولکول‌ها)، مطالعات بلندمدت (۵-۱۰ ساله) و ترکیب‌های سینرژیک تمرکز کند، ضمن اینکه ادغام با حسگرها و هوش مصنوعی دوز و زمان‌بندی را بهینه کرده و چارچوب‌های نظارتی شفاف پذیرش را تسریع خواهد کرد (Mandal et al., 2023).

نتیجه‌گیری

محرک‌ها با کاهش وابستگی به کودها و آفت‌کش‌ها تا ۴۰٪، بهبود سلامت خاک تا ۳۰٪ و افزایش تحمل به تنش‌های اقلیمی تا ۳۰٪، کشاورزی پایدار را متحول می‌کنند (Carillo et al., 2025). کاربرد آن‌ها در کاهو، گوجه‌فرنگی، گندم و گیاهان دارویی پتانسیل گسترده‌ای را نشان می‌دهد (Mandal et al., 2023). فناوری‌های omics و کشاورزی دقیق کارایی را تا ۲۰٪ افزایش می‌دهند (Cerruti et al., 2024). با وجود چالش‌هایی مانند هزینه‌های تولید و فقدان مقررات، سرمایه‌گذاری در تحقیقات بین‌رشته‌ای و زیرساخت‌های هوشمند، محرک‌ها را به ستون اصلی کشاورزی تاب‌آور و سازگار با محیط‌زیست تبدیل خواهد کرد.

منابع

Carillo, P., Rouphael, Y., & Colla, G. (2025). Biostimulants in agriculture: Bridging innovation and sustainability. Physiologia Plantarum, 177, e70046. https://doi.org/10.1111/ppl.70046

Yakhin, O. I., Lubyanov, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: A global perspective. Frontiers in Plant Science, 7, 2049. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049

Mandal, S., U. Anand, J. López-Bucio, M. Kumar, M.K. Lal, R.K. Tiwari and A. Dey. (2023). Biostimulants and environmental stress mitigation in crops: A novel and emerging approach for agricultural sustainability under climate change. Environmental Research 233:116357.

Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae, 196, 3-14. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021

Cerruti, P., Campobenedetto, C., Montrucchio, E., Agliassa, C., Contartese, V., Acquadro, A., & Bertea, C.M. (2024). Antioxidant activity and comparative RNA-seq analysis support mitigating effects of an algae-based biostimulant on multiple stress in tomato plants. *Physiologia Plantarum*, 176(6), e70007.

Brown, A., Smith, J., & Johnson, K. (2024). Chitosan-fulvic acid nanoparticles enhance drought tolerance in maize through antioxidant and osmoprotectant pathways. Physiologia Plantarum, 176(4), e14455. https://doi.org/10.1111/ppl.14455

The Role of Stimulants in Sustainable Agriculture and Plant Growth of Medicinal Plants

Iraj Ezzatmand[1*], Abolfazl Alirezalu[2], Abbas Hassani[3]
1. PhD Student, Department of Horticultural Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Urmia University
2. Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Urmia University
3. Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Urmia University
Corresponding Author: i.ezzatmand@urmia.ac.ir

Abstract

This review examines the role of biostimulants and elicitors in sustainable agriculture. By enhancing physiological, biochemical, and molecular processes, these agents improve plant growth, resilience to biotic and abiotic stresses, and product quality. They reduce reliance on chemical fertilizers and pesticides by 40%, mitigating water and soil pollution and greenhouse gas emissions by up to 30%. Biostimulants, including beneficial microorganisms (e.g., *Bacillus subtilis*, mycorrhizal fungi), algal extracts, protein hydrolysates, humic acids, and nanomaterials, enhance nutrient use efficiency by 30%, tolerance to drought, salinity, and extreme temperatures by 25%, and secondary metabolites (e.g., polyphenols, flavonoids) by 40%. Elicitors activate induced and acquired systemic resistance, boosting defensive proteins and antimicrobial metabolites. Applied to crops such as wheat, rice, tomato, and medicinal plants (e.g., *Silybum marianum*), biostimulants improve yield by 35% and quality by 30%. Advanced technologies, including IoT sensors, drones, and omics analyses, enhance application efficiency by 20%. However, challenges such as high nanomaterial production costs ($30–100/kg), lack of standardized regulations, and variable efficacy due to soil and climate conditions limit adoption. Future research should focus on protocol standardization, cost reduction through agricultural waste utilization, and synergistic formulation development.

Keywords: Biostimulants, Nutrient Use Efficiency, Secondary Metabolites, Stress Resistance, Sustainable Agriculture.

بررسی کارایی پلیمرهای سوپرجاذب در کاهش مصرف آب رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) تحت تنش خشکی

بهروز نقدی[۱]، فرحناز حمدی هولاسو[*۲]، داوود قاسمی‌پور[۳]

۱- گروه فناوری گیاهان دارویی، دانشگاه علمی- کاربردی شباهنگ، شهریار، ایران. فضای سبز شهرداری منطقه ۱۶، تهران، ایران.

۲- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران و مدرس دانشگاه علمی- کاربردی شباهنگ، شهریار، ایران.

۳- فضای سبز شهرداری منطقه ۱۶، تهران، ایران و مدرس دانشگاه علمی- کاربردی شباهنگ، شهریار، ایران.

[*]نویسنده مسئول: fhamdi48@yahoo.com

چکیده

گیاه دارویی رزماری (*Rosmarinus 0fficinalis* L.) در صنایع غذایی، عطرسازی و صنایع آرایشی استفاده می‌شود و خواص دارویی مانند ضدباکتری، ضدقارچ، ضدسرطان، ضدنفخ، و ضدانقباض دارد. این تحقیق با هدف کاهش مصرف آب با کاربرد پلیمر سوپرجاذب در گیاه رزماری، در فضای سبز شهرداری ناحیه سه منطقه ۱۶ واقع در تهران اجرا شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار و چهار تیمار شامل خاک گلدان بدون پلیمر سوپرجاذب (شاهد) و افزودن پلیمر سوپرجاذب شامل سه مقدار ۱، ۳و ۵ گرم به ازای یک کیلوگرم خاک در گلدان‌های حاوی نشاء گیاه رزوماری اجرا شد. داده‌های حاصل با نرم‌افزار Excel و SAS مورد تجزیه و مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بین تیمارهای بوته‌های گلدان‌های بدون پلیمر سوپرجاذب با بوته‌های گلدان‌های حاوی پلیمر سوپرجاذب از نظر میزان ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بوته‌های با ۳ گرم پلیمر سوپرجاذب در یک کیلوگرم خاک، ارتفاع بوته بالاتری (۳۷/۶ سانتی‌متر) نسبت به بوته‌های بدون پلیمر سوپرجاذب (۳۲ سانتی‌متر) را نشان دادند. همچنین نتایج نشان داد که در طول مدت ۲۷ روز، تعداد دفعات آبیاری در بوته‌های با پلیمر سوپرجاذب۵۰ درصد کاهش و فاصله آبیاری از ۲/۷ به ۵/۴ روز افزایش یافته است. به نظر می‌رسد با افزودن پلیمر سوپرجاذب به خاک به‌توان میزان آب مصرفی را کاهش داد و از این طریق در مناطق کم‌آب در افزایش استقرار بوته و محصول بهره جست.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، پلیمر سوپرجاذب، تنش خشکی، رزماری

مقدمه

گیاهان برای رشد و عملکرد مطلوب دارای یک حداقل نیاز آبی هستند که باید این نیاز آبی آنها تأمین شود. آنها در طی دوران رشد خود با تنش‌های متعدد محیطی مواجه می‌شوند که هر یک از این‌تنش‌ها می‌توانند با توجه به میزان حساسیت و مرحله رشد گیاه اثرهای متفاوتی بر رشد و عملکردشان داشته باشند (Banon et al., 2003).

یکی از مهمترین عوامل محدودکننده تولید گیاهان دارویی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمبود آب و تنش خشکی است. مطالعات نشان داده است که تنش ناشی از کمبود آب، گیاه را وادار به واکنش‌های مختلف مورفولوژیک مانند کاهش رشد قسمت‌های مختلف گیاه اعم از ریشه و اندام‌هوایی و نیز کاهش ارتفاع می‌کند. کم آبیاری نوعی

مدیریت آب در مزرعه است که در آن گیاه درجه معینی از تنش خشکی را تحمل می‌کند به‌طوری که با استفاده مناسب‌تر از هر واحد آب آبیاری، عملکرد بهینه از محصولات کشاورزی به‌دست می‌آید (Yazar et al., 2009).

رزماری یا اکلیل‌کوهی (*Rosmarinus officinalis* L.) گیاهی پایا و معطر، به صورت بوته‌ای و دارای ساقه‌های چوبی به ارتفاع ۱۰۰-۵۰ سانتی‌متر متعلق به خانواده نعناعیان (*Labiatae/ Lamiaceae*) با برگ‌های سبز دائمی و بسیار معطر با آرایش متقابل با کناره برگشته، باریک، دراز و نوک تیز می‌باشد. خاستگاه اصلی آن به مدیترانه باز می‌گردد. این گیاه چندساله و همیشه سبز دارای گل‌های ریز به رنگ سفید، صورتی و ارغوانی است که علاوه‌بر زیباسازی فضا در صنایع غذایی، پزشکی و دارویی، عطر و اسانس نیز از آن استفاده می‌شود (Zargari, 2000).

تنش آبیاری برای رزماری به این معنی است که گیاه در معرض دوره‌هایی از خشکی قرار می‌گیرد. رزماری گیاهی است که به خشکی مقاوم بوده و آبیاری بیش از حد می‌تواند برای آن مضر باشد. با این حال، استفاده از هیدروژل‌ها می‌تواند در مدیریت تنش آبیاری برای این گیاه مفید باشد.

هیدروژل‌ها موادی هستند که آب را جذب و نگهداری می‌کنند و به تدریج آن را آزاد و در دسترس ریشه قرار می‌دهند، که این امر می‌تواند به حفظ رطوبت خاک و کاهش دفعات آبیاری کمک کند (Singh et al., 2023; Seven et al., 2024).

اختر و همکاران نیز بیان داشتند که افزایش ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد سوپرجاذب به خاک لومی و لوم شنی منجربه افزایش خطی رطوبت ظرفیت زراعی و افزایش آب قابل استفاده خواهد شد (Akhtar et al., 2004).

این تحقیق به منظور ارزیابی تأثیر پلیمر سوپرجاذب بر خصوصیات رشدی در شرایط تنش خشکی جهت کاهش مصرف آب انجام شد.

مواد و روش‌ها

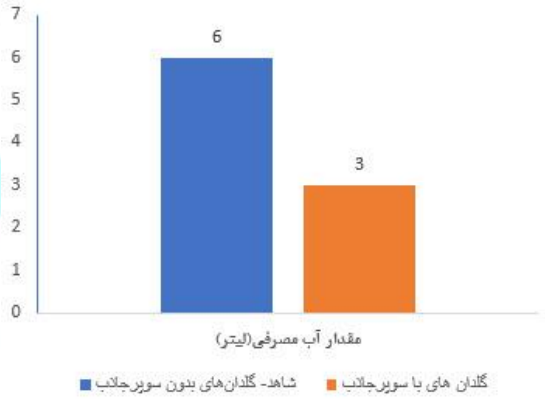
این تحقیق با هدف کاهش مصرف آب با کاربرد پلیمر سوپرجاذب در گیاه رزماری، در فضای سبز شهرداری ناحیه ۳ منطقه ۱۶ واقع در تهران از تاریخ ۱۳خرداد تا نهم تیرماه سال جاری(۲۷ روز) اجرا شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار و چهار تیمار شامل: گیاه حاوی گلدان‌های بدون پلیمر سوپرجاذب (شاهد) و گیاهان گلدان‌های حاوی پلیمر سوپرجاذب (شرکت نانوآب ایرانیان) به مقادیر وزنی ۱، ۳ و ۵ گرم به ازای یک کیلوگرم خاک در گلدان‌های به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر اجرا شد. گلدان‌های شاهد هر ۳ روز و گلدان‌های حاوی پلیمر سوپرجاذب هر ۶ روز هر گلدان به میزان ۶۰۰ میلی‌لیتر آبیاری شد. ارتفاع بوته‌ها، هر هفته، دفعات آبیاری و میزان آب آبیاری یادداشت‌برداری گردید. محاسبات آماری و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار SAS و Excel انجام شد.

نتایج و بحث

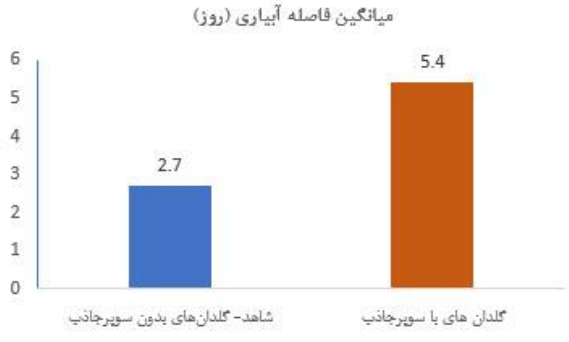
همان‌طورکه در شکل ۱ نشان داده شده است تیمار مربوط به بوته‌های ۳ گرم پلیمر سوپرجاذب در یک کیلوگرم خاک ارتفاع بوته بالاتر (۳۷/۴۷ سانتی‌متر) نسبت به شاهد بدون پلیمر سوپرجاذب (۳۲/۰۳ سانتی‌متر) را نشان می‌دهد. این در حالی است که استفاده میزان ۵ گرم پلیمر سوپرجاذب در یک کیلوگرم خاک کمترین میزان (۳۰/۰۶ سانتی‌متر) بوده است که نشان می‌دهد میزان افزایش آب قابل دسترس ریشه باعث کاهش ارتفاع بوته می‌شود که می‌تواند به تغییرات بیوشیمیایی سلول‌های ریشه مرتبط باشد. همچنین نتایج نشان داد که بین تیمارهای بوته‌های گلدان‌های بدون پلیمر سوپرجاذب با بوته‌های گلدان‌های حاوی پلیمر سوپرجاذب از نظر میزان ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و این حاکی از این است که پلیمر اثر سوء بر روی بوته‌ها نداشته است (Ziaei et al., 2016; Seven et al., 2024).

شکل ۱. مقایسه میانگین ارتفاع بوته گیاه رزماری در گلدان‌های بدون پلیمر سوپرجاذب و حاوی سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب

همان‌طور که در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است گلدان‌های شاهد در ۱۰ نوبت آبیاری و به فاصله میانگین ۲/۷ روز به میزان ۶ لیتر آب مصرف شده است و این در حالی است که گلدان‌های حاوی پلیمر سوپرجاذب در ۵ نوبت و به فاصله میانگین ۵/۴ روز مقدار آب مصرف شده ۳ لیتر بوده است. بنابراین استفاده پلیمرهای سوپرجاذب میزان آب مصرفی در گیاه رزماری ۵۰ درصد کاهش داده‌اند. (Akhtar et al., 2004; Ziaei et al., 2016).



شکل ۲. مقایسه مقدار آب مصرفی بوته گیاه رزماری در گلدان‌های بدون‌پلیمر سوپرجاذب و حاوی سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب



شکل ۳. مقایسه میانگین فاصله آبیاری گیاه رزماری در گلدان‌های بدون‌پلیمر سوپرجاذب و حاوی سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از پلیمر سوپرجاذب مقدار آب مصرفی را کاهش داده و در رشد بوته‌ها نیز مؤثر است. به این ترتیب می‌توان از پلیمرهای سوپرجاذب در جهت جلوگیری از تنش‌خشکی در مناطق کم‌آب در افزایش محصول گیاهان دارویی استفاده کرد.

منابع

Akhtar, J.K., Mahmood, K.A. Malik, M.A. and Igbal, M.M. (2004). Effect of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. *Plant Soil Environment*. *50*, 463-469.

Banon, S., Ochoa, J., Franco, J.A., Sanchez-Blanco M.J. and Alarcon, J.J. (2003). Influence of water deficit and low air humidity in the nursery on survival of Rhamnus alaternus seedlings following planting. Journal of *Horticultural Science* and *Biotechnology*. *78*, 518- 522.

Seven, S.A., Menceloglu, Y., Unlu, K., Kahraman, K., Rodop, O., Bilge I., Yazici, M.A. and Menceloglu, Y. Z. (2024). Investigation of the effect of superabsorbent polymer application on soil moisture and plant growth. *Frontiers in Life Sciences and Related Technologies*. *5*, 24-30.

Singh, Sh., Pandey, V., Alam, Kh. and Kumar, A. (2023). Use of Hydrogel in Horticulture. In book: *Advanced Technology of Horticulture*. pp.401-410.

Yazar, A., Gökçel, F. and Sezen, M. (2009). Corn yield response to partial root zone drying and deficit irrigation strategies applied with drip system. *Plant Soil Environment*. *55*, 494-503.

Ziaei, A., Moghaddam, M. and KashefiThe, B. (2016). Effect of superabsorbent polymers on morphological traits of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) under drought stress. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*. *7*, 99-111.

Zargari A. (2000). Medicinal Plants. Tehran University Publication, 923 p.

Evaluation of Superabsorbent Polymer Efficiency in Reducing Water Consumption of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) Under Drought Stress Conditions

Behroz Naghdi[1], Farahnaz Hamdi Holasoo[2]*, Davoud Ghasemi Pour[3]
1. Medicinal Plants Training Center, Shabahang Applied- Scientific University, Shahriar, Iran.
2. Sugar Beet Seed Institute (SBSI) - Agricultural Research Education and Extension, Karaj, Iran. Shabahang Applied- Scientific University, Shahriar, Iran.
3. District 16, Tehran Municipality. Tehran, Iran. Shabahang Applied- Scientific University, Shahriar, Iran.
*Corresponding Author: fhamdi48@yahoo.com

Abstract

Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), is used in aromatherapy and cosmetic industries, possesses notable medicinal properties including antibacterial, antifungal, anticancer, carminative, and antispasmodic effects. This study aimed to reduce water consumption in rosemary cultivation through Super Absorbent Polymer (SAP) application, conducted in the urban green space of District 16, Zone 3 in Tehran. The experiment employed a completely randomized design with four replications and four treatments: control (potting soil without SAP, 1g SAP/kg soil, 3g SAP/kg soil and 5g SAP/kg soil. Data were analyzed using Excel and SAS software. Results indicated no significant differences in plant height between control and SAP-treated plants. However, plants receiving 3g SAP/kg soil showed greater height (37.6 cm) compared to controls (32.0 cm). The results also showed that over a period of 27 days, the number of irrigation times in plants with SAP decreased by 50% and Extended irrigation intervals from 2.7 to 5.4 days. These findings suggest SAP application can effectively reduce water requirements while maintaining plant growth, offering practical solutions for arid region cultivation.

Keywords: Super absorbent polymer, drought stress, plant height, rosemary

کاربرد نانوتکنولوژی در ارتقاء اثربخشی مواد موثره گیاهان دارویی

محبوبه ناصری*
استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه
*نویسنده مسئول: m.naseri@torbath.ac.ir

چکیده

گیاهان دارویی به عنوان منابع ارزشمند ترکیبات فعال زیستی، نقش مهمی در طب سنتی و داروسازی مدرن ایفا می‌کنند. این ترکیبات زیستی دارای پتانسیل درمانی گسترده‌ای شامل اثرات ضدسرطانی، ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و ضدعفونی کننده هستند. با این حال، محدودیت‌هایی نظیر حلالیت پایین در آب، تجزیه سریع و فراهمی زیستی ناکافی باعث کاهش اثربخشی درمانی آنها شده است. فناوری نانوتکنولوژی با معرفی سیستم‌های پیشرفته دارورسانی، از جمله نانوذرات و نانو کپسول‌ها توانسته است این محدودیت‌ها را کاهش دهد. نانوذرات و نانو کپسول‌ها با افزایش حلالیت، بهبود جذب، تحویل هدفمند و کنترل شده ترکیبات فعال، فرصت‌های نوینی را برای ارتقاء اثربخشی مواد موثره گیاهان دارویی فراهم می‌آورند. این مقاله مروری به بررسی نقش و کاربردهای نانوتکنولوژی در افزایش اثربخشی مواد موثره گیاهان دارویی، چالش‌ها، مزایا و چشم‌اندازهای آینده می‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: نانو، آزادسازی کنترل شده، متابولیت ثانویه، دارورسانی هدفمند

مقدمه

گیاهان دارویی یکی از قدیمی‌ترین و غنیترین منابع ترکیبات درمانی در تاریخ بشر هستند که از دوران باستان تاکنون به عنوان درمان‌های طبیعی و پایه داروهای سنتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. دوره‌های مختلف تاریخی و فرهنگ‌های مختلف، به ویژه طب سنتی چین، طب آیورودا در هند و طب بومیان آمریکایی، تکیه ویژه‌ای بر اثرات اثبات شده این گیاهان داشته‌اند (Ghosh et al., 2025). ترکیبات فعال موجود در گیاهان دارویی، از جمله فلاونوئیدها، ترپن‌ها، آلکالوئیدها، پلی‌فنول‌ها و ساپونین‌ها، خواص گسترده‌ای نظیر ضد سرطان، ضد التهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و تقویت سیستم ایمنی دارند. با پیشرفت روش‌های علمی و تکنولوژیکی، شناسایی و استخراج این ترکیبات فعال و به کارگیری آنها به عنوان داروهای طبیعی یا مکمل‌های درمانی افزایش یافته است. تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که بخش قابل توجهی از داروهای مدرن از ترکیبات ثانویه گیاهی منشأ گرفته‌اند و این روند همچنان رو به رشد است (Sendker & Sheridan 2017). با این حال، چالش‌های عمده‌ی استفاده از ترکیبات فعال گیاهان دارویی شامل حلالیت پایین در آب، ناپایداری شیمیایی و ناپایداری در محیط‌های زیستی مانند دستگاه گوارش، فراهمی زیستی محدود و متابولیسم سریع در بدن انسان است. این محدودیت‌ها موجب کاهش میزان جذب، توزیع نامناسب و کاهش اثربخشی درمانی مواد فعال می‌شوند (Ghosh et al., 2025). علاوه بر این، بسیاری از ترکیبات گیاهی ممکن است در دوزهای بالا یا در اثر توزیع غیر هدفمند، عوارض جانبی ناخوشایندی ایجاد کنند. در این راستا، فناوری نانوتکنولوژی به عنوان یک فناوری نوین، امکان طراحی سیستم‌های دارورسانی هوشمند را فراهم کرده است که می‌توانند مشکلات فوق را به شکل موثری رفع کنند. نانوذرات به خاطر اندازه بسیار کوچک خود (در مقیاس نانو)، ظرفیت بارگیری بالا و

قابلیت اصلاح سطح، قادر به افزایش حلالیت ترکیبات هیدروفوبیک، محافظت از آنها در مقابل تخریب‌های شیمیایی و آنزیمی، آزادسازی کنترل شده و هدفمند ترکیبات دارویی هستند (Zhanget al., 2024). این فناوریها نه تنها میزان جذب دارو را افزایش می‌دهند، بلکه با فراهم کردن امکان تحویل هدفمند به بافتهای بیمار مانند بافت‌های سرطانی یا محل‌های التهاب، عوارض جانبی سیستمیک را کاهش می‌دهند. همچنین نانوذرات پاسخگو به محرک‌های خاص محیطی (مانند pH اسیدی، دما، آنزیم‌های خاص) می‌توانند رهایش ترکیبات فعال را به صورت تنظیم شده و مطابق با نیازهای بدن انجام دهند (Rahman et al., 2020).افزون بر پزشکی، نانوتکنولوژی همراه با گیاهان دارویی، فرصت‌های نوینی را در حوزه‌های داروسازی نوین، داروهای ضد سرطان، داروهای ضد التهاب، آنتی‌اکسیدان‌ها، ضد میکروب‌ها و پزشکی شخصی ایجاد کرده است. در سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی به بررسی اثرات نانوذرات بارگذاری شده با ترکیبات گیاهی در مدل‌های آزمایشگاهی انجام شده است. هدف این مقاله مرور جامع بر نقش نانوتکنولوژی در ارتقاء اثرات مواد موثره گیاهان دارویی و بررسی مکانیزم‌های آن می‌باشد.

خواص دارویی و محدودیت‌های ترکیبات موثره گیاهان دارویی

استفاده از ترکیبات موثره مشتق شده از گیاهان دارای پتانسیل قابل توجهی است و جایگزینی طبیعی برای داروهای سنتزی ارائه می‌دهد که کاربردهای دارویی گسترده‌ای داشته و می‌تواند برای درمان بیماری‌های مختلف مفید باشد (Banwo et al., 2021). ترکیبات طبیعی همواره به معنای ایمنی کامل نیستند؛ تعامل با داروها و عوارض جانبی احتمالی این ترکیبات نیازمند بررسی دقیق هستند. عصاره‌های گیاهی ممکن است در افرادی که دارای بیماری‌های زمینه‌ای هستند موجب حساسیت و واکنش‌های آلرژیک شدید شوند. علاوه بر این، برخی ترکیبات مانند ترکیبات فنولی دارای جذب ضعیف و فراهمی زیستی محدود هستند (Albuquerque et al., 2021). تغییرات در ترکیب زیستی گیاهان می‌تواند اثرات درمانی را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین، برخی از ترکیبات موثره گیاهی مانند مورفین و کوکائین اعتیادآور بوده و ممکن است در دوزهای بالا کشنده باشند (Terwilligeret al., 1991). برای بهره برداری کامل از پتانسیل داروهای گیاهی، ضروری است که چالش‌های نظارتی و شکاف‌های پژوهشی مربوط به اثبات ایمنی، کارایی و دوزهای بهینه آنها برای کاربردهای آینده در حوزه سلامت، مورد توجه قرار گیرند. علاوه بر این، تجاری سازی ترکیبات گیاهی یا استخراج مواد خاص گیاه به عنوان عوامل دارویی می‌تواند منجر به برداشت بیش از حد و تهدید جدی برای تنوع زیستی شود، به عنوان نمونه، تقاضای بالای داروی پاکلیتاکسل به دلیل پتانسیل درمانی آن در انواع سرطان‌ها، نگرانی‌هایی در مورد بقای جمعیت‌های *Taxus brevifolia* ایجاد کرده است (Kingston. et al., 2011). به طور کلی، ترکیبات موثره گیاهی پتانسیل بسیار امیدوارکننده‌ای در کاربردهای پزشکی دارند؛ اما استفاده بالینی آنها اغلب با مشکلاتی مانند حلالیت پایین در آب، فراهمی زیستی کم، تغییرپذیری ترکیب و ریسک عوارض جانبی یا سمیت محدود شده است. این چالش‌ها نیاز به راهکارهای نوآورانه برای افزایش اثربخشی و ایمنی این ترکیبات در کاربردهای درمانی را بیشتر برجسته می‌کنند. در این زمینه، توسعه سامانه‌های پیشرفته دارورسانی به عنوان رویکردی نویدبخش برای غلبه بر محدودیت‌های داروهای سنتی گیاهی مطرح شده است.

سیستم‌های دارورسانی نانو

۱- مزایای سیستم‌های نانو-دارورسانی

در سال‌های اخیر، سیستم‌های نانو دارورسانی به عنوان راهکاری نویدبخش برای غلبه بر محدودیت‌های ترکیبات دارویی سنتی و مواد موثره گیاهی توجه گسترده‌ای را به خود جلب کرده اند (Lv et al., 2024) .حوزه نوظهور نانودارو

از مواد مقیاس نانو مانند بیوپلیمرهایی چون آلبومین و کیتوسان استفاده می‌کند تا داروهای درمانی و ترکیبات دارویی را به صورت کنترل شده و هدفمند منتقل کند (Tewabe et al., 2020). با امکان رساندن دقیق و اختصاصی داروها به محل هدف، نانوفناوری مزایای قابل توجهی را در درمان بیماریهای مزمن مانند سرطان فراهم می‌آورد (Mosleh-Shirazi et al., 2022). ادغام ترکیبات دارویی با فناوری نانودارو قابلیت بارگذاری و انتقال مؤثر یک یا چند ترکیب طبیعی را دارد. ذرات نانومتری به دلیل افزایش نسبت سطح به حجم، امکان ورود بیشتر و مؤثرتر به درون سلول‌ها را از طریق جذب غیر فعال و پدیده نفوذ و ماندگاری بالافراهم می‌کنند. این سیستم‌های نانو دارای مزایای متعددی همچون افزایش حلالیت در آب، پایداری، فراهمی زیستی و اختصاصیت دارویی هستند. علاوه بر این، سیستم‌های نانو-دارورسانی می‌توانند تحویل هدفمند دارو، کنترل رهایش دارو، افزایش فراهمی زیستی و بهبود اثربخشی فارماکولوژیکی را به طور قابل توجهی تقویت کنند (Tang et al., 2021). به طور کلی، این سیستم‌ها باعث افزایش کارایی زیستی ترکیبات درمانی در بدن می‌شوند و به همین دلیل رویکردی بسیار امیدوارکننده برای کاربردهای زیست پزشکی به شمار می‌روند.

۲- چالش‌ها و محدودیت‌های فناوری نانودارو (Alvarez, 2023)

پایداری نانومواد: نانوداروها ممکن است در شرایط مختلف ناپایدار شده و کارایی خود را از دست دهند.

فناوری تولید: تولید صنعتی نانوداروها با حفظ کیفیت و یکنواختی هنوز چالش برانگیز و هزینه بر است.

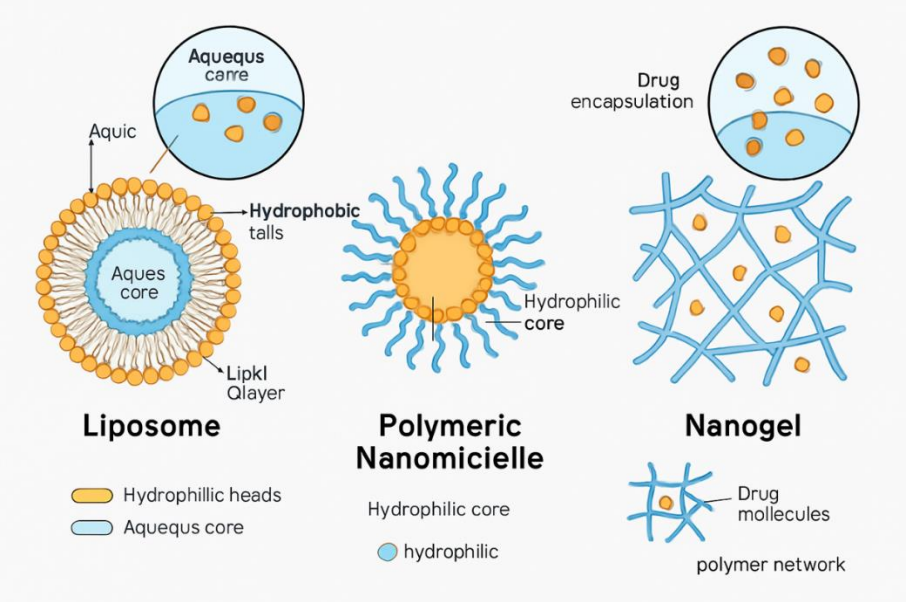
ایمنی و سمیت: اثرات بلندمدت نانوداروها بر سلامت انسان و محیط به طور کامل شناخته نشده و نگرانی‌هایی درباره سمیت وجود دارد.

این چالش‌ها نیازمند تحقیقات بیشتر برای بهبود تولید، ارزیابی جامع سمیت و توسعه مقررات ایمنی می‌باشد.

۳- سیستم‌های نانوحامل برای انتقال عصاره‌ها و ترکیبات موثره گیاهی

انواع مختلفی از نانوحامل‌ها، از جمله لیپوزو مها، نانو میسل‌های پلیمری و نانو ژل‌ها، برای رساندن محصولات گیاهان دارویی و ترکیبات موثره به کار رفته‌اند (جدول۱) (Gafur et al.,2021).لیپوزوم‌ها، حامل‌های چربی ساختاریافته(NLCs) و نانوذرات لیپیدی جامد (SLNs) از جمله نانوحامل‌های مبتنی بر لیپید هستند که به علت زیست سازگاری بالا و قابلیت انکپسوله کردن ترکیبات هیدروفوبیک و هیدروفیل، در انتقال ترکیبات موثره گیاهی کاربرد فراوان دارند (Kim et al., 2023). نانوحامل‌های پلیمری مانند نانومیسل‌ها، دندریمرها و نانوذرات پلیمری، ساختارهای چندکاره‌ای هستند که امکان دارورسانی هدفمند و کنترل شده را فراهم می‌کنند. این نانوحامل‌ها به دلیل زیست سازگاری بالا و قابلیت اصلاح سطح، برای انتقال موثر ترکیبات گیاهی نظیر پلی‌فنولها، آلکالوئیدها و فلاونوئیدها بسیار مناسب‌اند. استفاده از این فناوری باعث افزایش پایداری، زیست دردسترس پذیری و فعالیت فارماکولوژیکی ترکیبات گیاهی می‌شود (Beach et al., 2023). در واقع نانو میسل‌ها ساختارهای کروی با هسته آبگریز و سطح آبدوست هستند که امکان بارگذاری بالا و رهایش کنترل شده داروها را دارند و کاربرد وسیعی در دارورسانی هدفمند دارند. دندریمرها پلیمرهای شاخه‌دار با ساختار درختی و اندازه یکنواختند که میتوانند داروها را به صورت پیچیده یا کپسوله شده حمل کرده و موجب افزایش پایداری و جذب آنها شوند. نانوذرات پلیمری ذراتی با اندازه ۱۰ تا ۱۰۰ نانومتر هستند که داروها را با روش‌های مختلفی شامل کووالانسی، الکترواستاتیکی یا کپسوله شده حمل می‌کنند و با بهبود فراهمی زیستی و کنترل آزادسازی دارو به بهبود اثربخشی درمان کمک می‌کنند(Beach et al., 2023). نانوذرات

فلزی مانند نانوذرات نقره، طلا و اکسید آهن به علت خواص ضد میکروبی و سهولت اصلاح سطح، کاربرد گسترده‌ای دارند. نانوذرات فلزی مانند نقره و طلا با آزادسازی یون‌های فلزی و تولید گونه‌های فعال اکسیژن باعث آسیب به ساختارهای سلولی میکروب‌ها می‌شوند. آنها با اختلال در غشای سلولی و نفوذ به داخل سلول، عملکرد آن را مختل و منجر به مرگ میکروب می‌گردند. این مکانیسم‌ها نانوذرات را به عوامل ضد میکروبی مؤثر تبدیل کرده اند (Burlec et al., 2023). علاوه بر این، نانومواد زیستی مبتنی بر پروتئین‌های گیاهی مانند زئین و گلوتن و پروتئین‌های حیوانی مانند آلبومین و کلاژن، به دلیل قابلیت زیست تخریب‌پذیری، غیرسمی و غیرآلرژن بودن، به طور گسترده برای رساندن مؤثر داروهای ضد سرطان و ضد میکروب مورد استفاده قرار می‌گیرند (Kaltbeitzel & Wich,2023).



شکل ۱. انواع نانو حامل‌های انتقال دارو و ماده موثره گیاهان دارویی

هر یک از این سیستم‌های نانوداورسانی دارای مزایای منحصر به فردی هستند که آنها را برای کاربردهای مختلف زیست پزشکی بسیار مناسب می‌سازد (جدول ۱).

جدول ۱. فهرستی از نانوحامل‌های دارویی حاوی ترکیبات فعال گیاهی (فیتوشیمیایی) و فعالیت‌های زیستی مرتبط با آنها (Ghosh, et al., 2025)

نوع نانوحامل	ترکیب فعال یا عصاره گیاهی	فعالیت زیستی
نانوذرات اکسید سریم	عصاره مریم گلی قرمز	افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، افزایش تولید ترکیبات فنولی، فلاونوئید و بهبود ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه
حامل لیپیدی نانویی	کورکومین	فعالیت ضدسرطانی (مثلاً مهار سلول‌های سرطان مغز)
نانوذرات طلا	آپیژنین، سیلیبین	اثر ضدسرطانی و آنتیاکسیدانی
سامانه نانومولسیون	برهبرین	کاهش بیان فاکتورهای مرتبط با رشد تومور
نانوذرات کِیتوزان	کریسین	فعالیت ضد میکروبی، مهار تشکیل بیوفیلم
نانوذرات مغناطیسی	اوژنول	ضد میکروبی

ادامه جدول ۱

نوع نانوحامل	ترکیب فعال یا عصاره گیاهی	فعالیت زیستی
نانوذرات نقره	عصاره برگ گیاهان مختلف مانند Lantana camara و Syzygium cumini	اثرات ضدباکتری و ضدقارچ
نانوفیبرهای چیتوزان	برواملین	تسریع بهبود زخم سوختگی
نانوذرات ZnO	عصاره برگ آلوئه ورا	فعالسازی پلاکت و تسهیل ترمیم زخم
نانوکریستال	هسپرتین	بهبود عملکرد شناختی و کاهش التهاب

نتیجه‌گیری کلی

حوزه سلامت عمومی دارای پتانسیل قابل توجهی برای استفاده از روش‌های دارورسانی مبتنی بر نانوتکنولوژی در انتقال ترکیبات فیتوشیمیایی گیاهان دارویی است. داروهای گیاهی که به دلیل خواص سلامتی بخش به طور گسترده استفاده شده‌اند، معمولاً با محدودیت‌هایی مانند حلالیت پایین، زیست در دسترس‌پذیری ناکافی و اثربخشی فارماکولوژیکی محدود مواجه‌اند. نانوتکنولوژی به عنوان جایگزینی نویدبخش، با افزایش زیست در دسترس پذیری و زیست فعالیتی داروهای گیاهی، می‌تواند کارایی آنها را به طور چشمگیری بهبود بخشد. پتانسیل درمانی ترکیبات فیتوشیمیایی گیاهی با کپسوله‌سازی در نانوحامل‌هایی مانند نانوذرات جامد لیپیدی(SLN)، حامل‌های لیپیدی نانو ساختار یافته(NLC)، نانوذرات پلیمری و نانوامولسیون‌ها به شکل قابل توجهی افزایش می‌یابد. این روش‌ها امکان توزیع هدفمند و اختصاصی ترکیبات را به سلول‌ها یا بافت‌های مورد نظر فراهم می‌آورند تا اثربخشی بهینه همراه با حداقل عوارض جانبی حاصل شود. علاوه بر این، سیستم‌های دارورسانی نانوتکنولوژی می‌توانند ناپایداری شیمیایی و فیزیکی داروهای گیاهی را برطرف کنند و با جلوگیری از تجزیه ترکیبات فیتوشیمیایی، ثبات داروها را افزایش داده و اطمینان حاصل کنند که خواص درمانی آنها برای مدت طولانی تر حفظ می‌شود. بنابراین، این فناوری‌ها به عنوان روشی نوین و امیدوارکننده برای ارتقای اثربخشی داروهای گیاهی مطرح هستند که می‌توانند محدودیت‌های موجود مانند حلالیت محدود و جذب ضعیف را به طور موثر برطرف کنند. با توجه به اهمیت این زمینه، پژوهش‌های آینده باید به شکل صریح‌تر به مطالعه مکانیزم‌های دارورسانی هدفمند، بهینه سازی فرآیندهای کپسوله‌سازی، و ارزیابی بالینی نانوحامل‌ها اختصاص یابد. همچنین، توسعه فرآیندهای تولید صنعتی مقرون به صرفه و ایمن و بررسی طولانی مدت اثرات جانبی نانوداروها اهمیت بسزایی دارد تا امکان بهره‌برداری گسترده و عملیاتی از این فناوری‌ها در صنعت داروسازی گیاهی فراهم گردد. با ادامه تحقیقات و پیشرفت‌های فناورانه، نانوتکنولوژی قابلیت تحول آفرینی در حوزه داروهای گیاهی و بهره گیری کامل از پتانسیل درمانی آنها را خواهد داشت.

منابع

Albuquerque, B. R., Heleno, S. A., Oliveira, M. B. P., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2021). Phenolic compounds: Current industrial applications, limitations and future challenges. *Food & function*, *12*(1), 14-29.

Alvarez, M. (2023). Challenges In Scaling Up Nanomaterial Synthesis For Industry: Technical, Economic, And Environmental Perspectives. *American Journal of Materials Engineering*, *4*(3), 12-18.

Beach, M. A., Nayanathara, U., Gao, Y., Zhang, C., Xiong, Y., Wang, Y., & Such, G. K. (2024). Polymeric nanoparticles for drug delivery. *Chemical Reviews*, *124*(9), 5505-5616.

Burlec, A. F., Corciova, A., Boev, M., Batir-Marin, D., Mircea, C., Cioanca, O., ... & Hancianu, M. (2023). Current overview of metal nanoparticles' synthesis, characterization, and biomedical applications, with a focus on silver and gold nanoparticles. *Pharmaceuticals*, *16*(10), 1410.

Kaltbeitzel, J., & Wich, P. R. (2023). Protein-based nanoparticles: from drug delivery to imaging, nanocatalysis and protein therapy. *Angewandte Chemie International Edition*, *62*(44), e202216097.

Gafur, A., Sukamdani, G. Y., Kristi, N., Maruf, A., Xu, J., Chen, X., ... & Ye, Z. (2020). From bulk to nano-delivery of essential phytochemicals: recent progress and strategies for antibacterial resistance. *Journal of Materials Chemistry B*, *8*(43), 9825-9835.

Ghosh, S., Solanki, R., Bhatia, D., & Sankaranarayanan, S. (2025). Nanomaterials for Delivery of Medicinal Plant Extracts and Phytochemicals: Potential applications and future perspectives. *Plant Nano Biology*, 100161.

Kim, S.-J., Puranik, N., Yadav, D., Jin, J.-O., Lee, P.C.W., 2023. Lipid nanocarrier-based drug delivery systems: therapeutic advances in the treatment of lung cancer. Int. J. Nanomed. 2659–2676.

Kingston, D. G. (2011). Modern natural products drug discovery and its relevance to biodiversity conservation. *Journal of natural products*, *74*(3), 496-511.

Lv, Y., Li, W., Liao, W., Jiang, H., Liu, Y., Cao, J., ... & Feng, Y. (2024). Nano-drug delivery systems based on natural products. *International Journal of Nanomedicine*, 541-569.

Mosleh-Shirazi, S., Abbasi, M., reza Moaddeli, M., Vaez, A., Shafiee, M., Kasaee, S. R., ... & Hatam, S. (2022). Nanotechnology advances in the detection and treatment of cancer: an overview. *Nanotheranostics*, *6*(4), 400.

Rahman, H. S., Othman, H. H., Hammadi, N. I., Yeap, S. K., Amin, K. M., Abdul Samad, N., & Alitheen, N. B. (2020). Novel drug delivery systems for loading of natural plant extracts and their biomedical applications. *International journal of nanomedicine*, 2439-2483.

Sendker, J., & Sheridan, H. (2017). History and current status of herbal medicines. In *Toxicology of herbal products* (pp. 11-27). Cham: Springer International Publishing.

Tang, L., Li, J., Zhao, Q., Pan, T., Zhong, H., & Wang, W. (2021). Advanced and innovative nano-systems for anticancer targeted drug delivery. *Pharmaceutics*, *13*(8), 1151.

Terwilliger, R. Z., Beitner-Johnson, D., Sevarino, K. A., Crain, S. M., & Nestler, E. J. (1991). A general role for adaptations in G-proteins and the cyclic AMP system in mediating the chronic actions of morphine and cocaine on neuronal function. *Brain research*, *548*(1-2), 100-110.

Tewabe, A., Abate, A., Tamrie, M., Seyfu, A., & Abdela Siraj, E. (2021). Targeted drug delivery—from magic bullet to nanomedicine: principles, challenges, and future perspectives. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, 1711-1724.

Zhang, Y. B., Wang, J. F., Wang, M. X., Peng, J., Kong, X. D., & Tian, J. (2024). Nano-based drug delivery systems for active ingredients from traditional Chinese medicine: harnessing the power of nanotechnology. *Frontiers in Pharmacology*, *15*, 1405252.

Application of Nanotechnology in Enhancing the Efficacy of Active Compounds in Medicinal Plants

Mahboobeh Naseri*
Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, university of Torbat Heydariyeh
*Corresponding Author: m.naseri@torbath.ac.ir

Abstract

Medicinal plants, as valuable sources of bioactive compounds, play an important role in traditional medicine and modern pharmacology. These bioactive compounds possess a wide range of therapeutic potentials, including anticancer, anti-inflammatory, antioxidant, and antimicrobial effects. However, limitations such as low water solubility, rapid degradation, and insufficient bioavailability have reduced their therapeutic efficacy. Nanotechnology, by introducing advanced drug delivery systems including smart nanoparticles, has been able to overcome these limitations. Nanoparticles, through enhancing solubility, improving absorption, targeted delivery, and controlled release of active compounds, provide new opportunities to enhance the efficacy of medicinal plants. This review article examines the role and applications of nanotechnology in improving the effectiveness of bioactive compounds in medicinal plants, along with the challenges, advantages, and future perspectives.

Keywords: Nano, controlled release, secondary metabolite, targeted drug delivery

مدیریت پایدار خاک‌های غیرحاصلخیر با استفاده از بیوچار و کود زیستی در کشت کاکوتی

الهام ادهمی[۱]، سعید حضرتی[۱] وحید سرابی[۱]
۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز
*نویسنده مسئول: elhamadhami66@gmail.com

چکیده

با توجه به رشد روز افزون جمعیت و کاهش حاصلخیزی خاک‌ها، دستیابی به راهکارهایی پایدار برای افزایش تولید گیاهان دارویی، بدون آسیب به محیط زیست، ضرورتی اجتناب ناپذیر است. گیاه دارویی کاکوتی *Ziziphora clinopodioides* یکی از گیاهان دارویی ارزشمند با خواص درمانی و کاربردهای صنعتی فراوان است. این پژوهش با هدف بررسی تاثیر بیوچار و کود زیستی و اثرات همزمان آنها بر ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی کاکوتی در سال ۱۴۰۳در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل بیوچار در دو سطح (عدم کاربرد، و کاربرد ۱۰تن در هکتار) و کود زیستی شامل تلقیح با باکتری‌های (*Azotobacter* sp, *Pseudomonas* spp, *Azospirillum* sp) و عدم تلقیح بود. صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌ی جانبی، وزن خشک و تر گیاه، شاخص کلروفیل و درصد نیتروژن بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که استفاده از بیوچار و کودزیستی به صورت منفرد و تلفیقی تأثیر معنی‌داری بر اغلب صفات مورد بررسی داشت. کاربرد همزمان بیوچار و کود زیستی باعث حداکثر افزایش ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی، وزن‌تر و خشک بوته و محتوی نیتروژن برگ شد، در حالی که کمترین مقادیر در شاهد مشاهده گردید. تیمار ترکیبی موجب بهبود جذب عناصر غذایی، افزایش فعالیت میکروبی خاک و اصلاح ویژگی‌های فیزیکی خاک شد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که استفاده تلفیقی از بیوچار و کود زیستی راهکاری مؤثر، اقتصادی و سازگار با محیط زیست برای افزایش عملکرد کمی گیاهان دارویی محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بیوچار، کودزیستی، گیاه دارویی، مدیریت پایدار، ویژگی‌های رشدی و عملکردی

مقدمه

وجود تنوع اقلیمی گسترده در ایران منجر به رویش بسیاری از گیاهان در این منطقه از جهان شده است و تنوع وسیعی از گیاهان در این محل به چشم می‌خورد. در بین فلور غنی که بیش از ۸۰۰۰ گونه گیاهی در بر می‌گیرد تعداد زیادی از این گیاهان جز گیاهان دارویی و معطر می‌باشند. کاکوتی (*Ziziphora clinopoioides Lam*)، یکی ازگیاهان دارویی ارزشمند خانواده‌ی نعناعیان (Lamiaceae) است که در نواحی کوهستانی ایران رویش دارد و در طب سنتی برای درمان اختلالات گوارشی، تنفسی و قلبی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mozaffarian, 2021). تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که کاکوتی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی می‌تواند برای درمان سرماخوردگی، مشکلات‌گوارشی، ضدعفونی کننده، تقویت معده و پیشگیری از بیماری‌های قلبی- عروقی موثر باشد (Zhuo et al., 2022). این گیاه

دارای ترکیبات موثره دارویی ارزشمند از قبیل ترپن‌ها، فنل‌ها و فلاونوئیدها و .. .را دارد، که باعث خواص دارویی این گیاه شده است، اسانس گیاه کاکوتی از ترکیبات شیمیایی فراری (مثل پولگون، ایزومنتون، پیپریتنون، ...) است که آن را به عنوان منبع بالقوه‌ای برای کاربردهای ضد باکتریایی و آنتی‌اکسیدانی مطرح کرده است (Gebehiwot et al., 2023). با توجه به اهمیت و ارزش گیاه دارویی کاکوتی دستیابی به ماده خام گیاهی با کیفیت بالا به ویژه از نظر ترکیبات موثره همواره مورد توجه بوده است. در این میان مدیریت بهینه عناصر غذایی مانند کودهای زیستی که در کشاورزی پایدار، تقویت حاصلخیزی خاک و کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی دارد. کودهای زیستی باعث افزایش جذب عناصر غذایی، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و کاهش آلودگی محیط زیست، افزایش فعالیت زیستی و بهبود ساختار خاک و افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های زیستی و غیر زیستی و پایداری و اقتصادی بودن آن می‌باشد (Luo et al.,2023). استفاده همزمان از بیوچار و کود زیستی می‌تواند منجر به بهبود عملکرد، افزایش متابولیت‌های ثانویه، و ارتقاء کیفیت دارویی محصول در خاک‌های فقیر می‌شود. بیوچار برهمکنش‌های میان اعضای جمعیت میکروبی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را تحت تأثیر قرار داده و روی باروری، فراهمی عناصر غذایی و نقش کلی میکروارگانیسم‌ها در اکوسیستم تأثیر خواهد گذاشت. ساختار متخلخل بیوچار، سطح ویژه بالا و توانایی آن برای جذب مواد آلی محلول، گازها و مواد معدنی، محل مناسبی را برای تقویت میکروب‌ها، رشد و تکثیر آن‌ها مخصوصاً باکتری‌ها و قارچ‌های میکوریز آربوسکولار فراهم می‌آورد (خادم و همکاران ۱۳۹۶). با توجه به کاهش کیفیت خاک‌های زراعی و فقیر بودن خاک‌ها و استفاده مداوم از کودهای شیمیایی باعث تخریب ساختار خاک و آلودگی منابع آب و خاک، افزایش هزینه‌های تولید، توجه به روش‌های نوین و پایدار کشاورزی ضروری است. استفاده از کودهای زیستی و بیوچار به عنوان دو عامل سازگار با محیط زیست، می‌تواند در جهت افزایش بهره‌وری گیاهان دارویی از جمله کاکوتی موثر باشد. با بررسی اثر بیوچار بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی کاکوتی در شرایط مزرعه ای و ارزیابی اثر کودهای زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد و بررسی اثرات هم افزایی یا تداخلی کاربرد همزمان بیوچار و کودزیستی و مقایسه‌ی اثربخشی بر صفات زراعی وداورویی و صفات رشدی و عملکردی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی اثر کاربرد همزمان بیوچار و کود زیستی، در خاک‌های فقیر بر رشد و عملکرد گیاه دارویی کاکوتی در مزرعه‌ی پژوهشی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تیمار در سه تکرار در سال ۱۴۰۳ انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل بیوچار در دو سطح (عدم کاربرد بیوچار (شاهد)، و کاربرد۱۰تن در هکتار) و کود زیستی (عدم کاربرد (شاهد) و تلقیح ریشه‌ای با ترکیب باکتری‌های *Azotobacter* sp, *pseudomonas* spp, *Azospirillu* sp) بود. بذر گیاه کاکوتی از گیاه مادری دو ساله کشت شده در مزرعه تحقیقاتی سال‌های گذشته جمع آوری شده بود، سرمادهی روی آن انجام شد و در سینی کشت با بستر پیت ماس در گلخانه کشت کرده و پس از طی حدود یک ماه‌ونیم و آماده‌سازی مزرعه، مقدار ۱۰تن در هکتار بیوچار به صورت جداگانه برای هر کرت وزن‌کشی شده و سپس در ردیف‌های آماده شده که به صورت گودال‌هایی در فواصل کشت ایجاد شده بودند، به طور یکنواخت در بستر کاشت ریخته شد، و سپس نشاءها کشت و باخاک پوشانده تا تماس مستقیم ریشه با بیوچار برقرار گردد. در تیمار کود زیستی، از محلول آماده براساس دستور مندرج روی بسته‌بندی استفاده شد، و ریشه نشاها به کود زیستی آغشته و سپس به مزرعه انتقال داده شد. پس از گذشت حدود شش ماه و گذراندن دوره رشد گیاه صفات مورفولوژیکی همچون ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد شاخه‌ی جانبی، وزن‌تر و خشک

اندام هوایی و صفات فیزیولوژیکی مانند محتوی کلروفیل برگ، محتوی نیتروژن با استفاده از دستگاه اسپد (TYS-4N) ساخت کشور چین (WEST TUNE) اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد تر و خشک گیاه، اندام هوایی در زمان گلدهی برداشت و وزن‌تر با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم گرم اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک، گیاهان به صورت هوا خشک به مدت یک هفته خشک شد و با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم گرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع گیاه، از خط‌کش استفاده شد (شکل ۱).

در نهایت داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹,۴ آنالیز شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل نسخه ۲۰۱۶ استفاده شد.

شکل ۲. مراحل اجرایی آزمایش روی گیاه کاکوتی

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه کاکوتی

براساس نتایج تجزیه‌ی واریانس (جدول۱)، نشان داد که کاربرد بیوچار و کود زیستی به‌صورت منفرد و تلفیقی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه داشت. بررسی تأثیرات این تیمارها بر ارتفاع گیاه نشان داد که کاربرد بیوچار به‌تنهایی و همچنین استفاده همزمان از کود زیستی و بیوچار باعث افزایش قابل‌توجه ارتفاع گیاه کاکوتی شد. بر اساس مقایسات میانگین، بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار ترکیبی بیوچار و کود زیستی مشاهده شد، در حالی که کمترین مقدار در شاهد به‌دست آمد (شکل ۲).

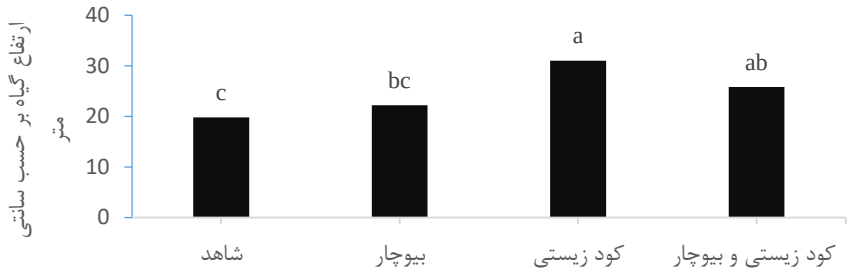
افزایش ارتفاع گیاه در تیمارهای حاوی بیوچار و کود زیستی احتمالاً ناشی از چندین مکانیسم مکمل است. بیوچار از طریق بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک شامل افزایش تخلخل، بهبود ساختار خاک و تقویت ظرفیت نگه‌داری آب، شرایط مناسب‌تری برای رشد ریشه فراهم می‌آورد. همچنین، این ماده از طریق اصلاح خصوصیات شیمیایی خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و کاهش تلفات عناصر غذایی، دسترسی گیاه به مواد مغذی را بهبود می‌بخشد.

کود زیستی نیز با حضور میکروارگانیسم‌های مفید، به‌ویژه باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، موجب افزایش فراهمی این عنصر حیاتی برای گیاه می‌شود. تأثیر سینرژیک این دو نهاده منجر به بهینه‌سازی شرایط محیط ریشه و در نتیجه تحریک رشد رویشی گیاه کاکوتی گردیده است. یافته‌های این پژوهش با نتایج مطالعه حضرتی و همکاران (۲۰۲۴) همسو است که نشان دادند مدیریت بهینه نیتروژن نقش بسزایی در رشد و عملکرد گیاه دارویی کاکوتی ایفا می‌کند و کمبود این عنصر منجر به کاهش محسوس رشد و تولید زیست‌توده گیاه می‌گردد. این مطالعات مؤید اهمیت تأمین متعادل عناصر غذایی، به‌ویژه نیتروژن، در دستیابی به عملکرد مطلوب گیاهان دارویی هستند.

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گیاه دارویی کاکوتی با کاربرد بیوچار و کود زیستی

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	تعداد شاخه‌ی جانبی	وزن تر بوته	وزن خشک بوته	محتوی نیتروژن	شاخص اسپد
تکرار	۴	۱۷,۱۳^{ns}	۳/۴۵^{ns}	۴/۵۶^{ns}	۱/۳^{ns}	۲/۰۶^{ns}	۸/۷۳^{ns}
بیوچار	۱	۸۳/۲۶۱**	۳۲۸/۲۳**	۴۹۴/۱۸***	۶۰/۲۹***	۱۸۷۱/۴۲***	۶۴/۶۵^{ns}
کود زیستی	۱	۳۴/۱۰^{ns}	۱۱۲/۸۳*	۲۰۱/۶۹***	۲۷/۷۷***	۳۲۷/۷۵***	۶/۶۲^{ns}
بیوچار×کود زیستی	۱	۳۷/۷۲*	۱/۶۴*	۳۰/۲۸*	۶/۳۲*	۴/۷۸*	۰/۹۷^{ns}
ضریت تغییرات (٪)	-	۶۷/۱۱	۳۰/۳۲	۲۰/۴۳	۲۸/۷۲	۶/۰۹	۸/۵۱

ns.*، ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج درصد، معنی‌داری در سطح یک درصد



شکل ۲. تاثیر بیوچار و کود زیستی بر ارتفاع گیاه

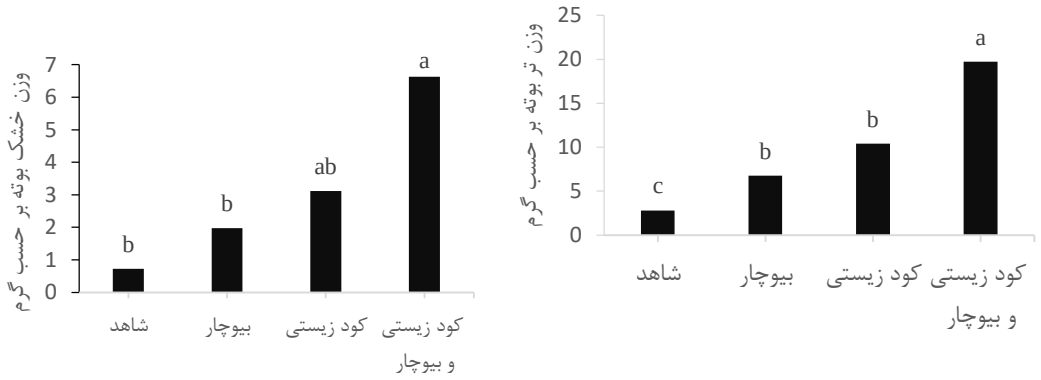
نتایج تحقیق نشان داد اثرات اصلی و متقابل بیوچار و کود زیستی بر تعداد شاخه‌های جانبی تاثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱). به طوریکه بیشترین تعداد شاخه‌ی جانبی در تیمار کاربرد همزمان بیوچار و کود زیستی و کمترین تعداد شاخه‌ی جانبی در شاهد بدست آمد، اما بین تیمار بیوچار و کود زیستی و همچنین اثر متقابل این دو عامل تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳).

شکل ۳. تاثیر بیوچار و کود زیستی بر تعداد شاخه جانبی

وزن تر و خشک بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی بیوچار و کود زیستی و همچنین اثر متقابل این دو عامل بر وزن تر و خشک بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس مقایسات میانگین، بیشترین وزن تر و خشک گیاه کاکوتی در تیمار کاربرد همزمان بیوچار و کود زیستی مشاهده شد، در حالی که کمترین مقادیر در تیمار شاهد

(بدون کاربرد هیچ‌یک از نهاده‌های مورد بررسی) به‌دست آمد (شکل ۴). این نتایج نشان‌دهنده اثر سینرژیک بیوچار و کود زیستی است که از طریق چندین مکانیسم عمل می‌کند. کاربرد توأم این دو نهاده باعث بهبود جذب عناصر غذایی، تقویت فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، اصلاح ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و در نتیجه ارتقای رشد رویشی و تولید زیست‌توده گیاه شده است. حضور منابع آلی و عوامل زیستی موجب بهبود ساختار خاک، افزایش ظرفیت نگه‌داری آب و مواد مغذی، و تسهیل شرایط ریشه‌زایی و تغذیه گیاه گردیده که منجر به تجمع بیشتر زیست‌توده شده است (Hazrati et al., 2024).



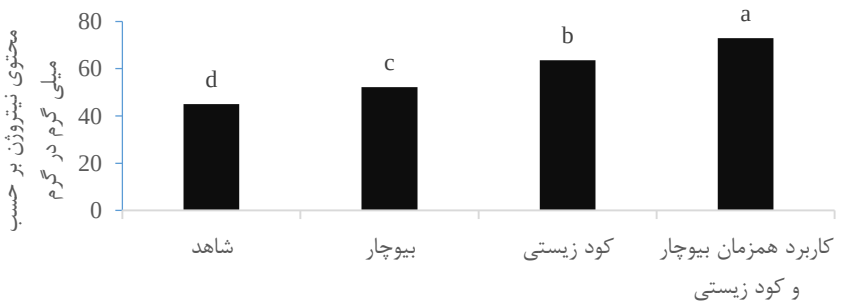
شکل ۴. اثر متقابل بیوچار و کودزیستی بر وزن تر و خشک گیاه دارویی کاکوتی

محتوای نیتروژن و شاخص اسپد برگ

تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از تأثیر معنی‌دار تیمارهای بیوچار و کود زیستی به‌صورت جداگانه بر میزان نیتروژن برگ گیاه کاکوتی بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین محتوای نیتروژن برگ در تیمار ترکیبی بیوچار و کود زیستی حاصل شد، در حالی که کمترین مقدار در تیمار شاهد مشاهده گردید. همچنین، تأثیر کود زیستی بر محتوای نیتروژن برگ نسبت به بیوچار برجسته‌تر بود (شکل ۵).

افزایش محتوای نیتروژن در تیمار ترکیبی احتمالاً ناشی از فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن موجود در کود زیستی و بهبود شرایط فیزیکی خاک توسط بیوچار است که زمینه را برای جذب بهتر این عنصر حیاتی فراهم می‌آورد. این یافته‌ها تأیید می‌کند که کاربرد تلفیقی این نهاده‌ها می‌تواند به‌عنوان راهکاری مؤثر، موجب بهبود جذب عناصر غذایی، افزایش فعالیت میکروبی خاک، اصلاح ویژگی‌های فیزیکی خاک و اقتصادی و سازگار با محیط‌زیست برای بهبود وضعیت تغذیه‌ای و افزایش عملکرد کمی گیاهان دارویی همچون کاکوتی مورد استفاده قرار گیرد.

همچنین، وجود منابع آلی و زیستی موجب بهبود شرایط ریشه زایی و تغذیه گیاه گردیده که منجر به افزایش تجمع زیست توده گردیده است. بنابراین بکارگیری این نهاده‌ها به ویژه ترکیبی، می‌تواند راهکاری موثر، کم هزینه و سازگار با محیط زیست برای افزایش عملکرد کمی گیاهان دارویی مانند کاکوتی محسوب شود. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که تیمارهای بیوچار و کود زیستی به صورت جداگانه اثر معنی‌داری در سطح بر میزان نیتروژن برگ گیاه کاکوتی داشتند. بر اساس نتایج بیشترین محتوی نیتروژن برگ در تیمار کاربرد همزمان این دو عامل حاصل شد و کمترین میزان در شاهد و تاثیر کود زیستی بر محتوی نیتروژن در مقایسه با بیوچار بیشتر بود (شکل ۴).



شکل ۵. اثر متقابل بیوچار و کود زیستی بر درصد نیتروژن

در خصوص شاخص اسپد (SPAD) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). این موضوع می‌تواند ناشی از تغییرات محیطی، هم پوشانی با سایر صفات فیزیولوژیکی و حساسیت پایین شاخص به تیمارهای اعمال شده باشد. در مجموع، کاربرد همزمان بیوچار و کود زیستی موجب بهبود عملکرد کلی گیاه شد و نشان داد که استفاده تلفیقی این نهاده‌ها می‌تواند راهکار موثری در کشاورزی پایدار به ویژه در خاک‌های فقیر و کم بازده باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

در این پژوهش تاثیر بیوچار و کود زیستی، به صورت منفرد و تلفیقی، بر صفات رشدی و عملکردی کاکوتی بررسی شد. نتایج حاصل نشان داد که تیمار ترکیبی بیوچار و کودزیستی در مقایسه باتیمارهای تکی، در اغلب صفات از جمله ارتفاع بوته، وزن تر و خشک گیاه، بیشترین مقدار عملکرد را نشان داد تیمار بیوچار به تنهایی نیز در برخی صفات مانند ارتفاع بوته و درصد نیتروژن برگ، تفاوت آماری معنی‌داری داشت، اما در مجموع، استفاده همزمان از بیوچار و کود زیستی موثرترین تیمار از نظر عملکرد کمی بود. شاهد (بدون بیوچار و کود زیستی) در اکثر صفات ضعیف‌ترین عملکرد را داشت که این موضوع اهمیت کاربرد منابع آلی و زیستی را در بهبود رشد و عملکرد گیاه دارویی کاکوتی تایید می‌کند. استفاده از این روش پایدار می‌تواند به عنوان یک راهکار موثر و دوستدار محیط زیست در کشاورزی، کشت گیاهان دارویی مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود.

منابع

خادم، ه.، رئیسی، ف.، بشارتی، ح. (۱۳۹۶). مروری بر اثرات کاربرد بیوچاربر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک. مدیریت اراضی ۵(۱): ۱۳-۳۰.

Hazrati, S., Mousavi, Z., Mollaei, S., Sedaghat,M., Mohammadi, M., Pignata,G.,Nicola, S.(2024). Optimizing nitrogen fertilization to maximizing yield and bioactive compounds in *Ziziphora clinopodioides*. Agriculture, 14(10), 1690.

Hazrati, S., Rostami, N., Mohammadi, H., & Ebadi, M. T. (2024). Improving the growth parameters, yield, and oil quality of camelina in rainfed farming due to the combined use of biochar and supplementary irrigation. *Journal of Agriculture and Food Research*, *16*, 101160.

Mozaffarian, V. (2012). Identification of medicinal and aromatic plants of Iran. Farhang Moaser Publishers.

Gebehiwot, H., Dekebo, A., Shenkute, K., Ensermu, U., Endale. M. (2023). Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of essential oils from *Cyphostemma adenocaule* and Ziziphora *spina-christi*. Helion, 9(1), e12780.

Pei, B., Liu. T., Xue, Z., Cao, J., Zhang, Y., Yu, M., Liu, E., Xing, J., Wang, F., Ren, X and Zhang, Z. (2023). Effects of biofertilizer on yield and quality of crops and properties of soil under field conditions in China :A meta – analysis. Agriculture, 15(10), 1066.

Xingjie, Z., Shuxian, D., Jinhua, L., Shengli, Q., Yaanxiao, Y., Qin, L. (2022). Therapeutic potential of *Ziziphora Clinopodioides* Lam. In cardiovascular diseases: A review. Journal of Ethnopharmacology, 288, 115038.

Sustainable management of low- fertility soils using biochar and biofertilizer in cultivation of *Ziziphora clinopodioides*

Elham Adhami[1]*, Saeid Hazrati[1], Vahid Sarabi[1]
1- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: elhamadhami66@gmail.com

Abstract

With the global population increasing and soil fertility declining, it has become an urgent necessity to develop sustainable solutions that enhance the production of medicinal plants without causing environmental degradation. *Ziziphora clinopodioides*, a valuable medicinal species with numerous therapeutic properties and diverse industrial applications, is one such plant. This study investigated the effects, both individually and in combination, of biochar and biofertilizer on the growth and physiological characteristics of *Z. clinopodioides* during the 2024 growing season at Azarbaijan Shahid Madani University. The experiment was conducted using a factorial design with a randomized complete block layout and three replications. The experimental treatments consisted of two levels of biochar application (control with no application and application at 10 tons per hectare) and two levels of biofertilizer application (bacterial inoculation with *Azotobacter sp*., *Pseudomonas* spp., and *Azospirillum sp*., versus no inoculation). Parameters measured included plant height, number of lateral branches, fresh and dry plant biomass, chlorophyll content index and leaf nitrogen percentage. Analysis of variance revealed that applications of biochar and biofertilizer, both individually and in combination, significantly affected most of the evaluated traits. Combined application of biochar and biofertilizer resulted in the greatest improvements in terms of plant height, lateral branch number, fresh and dry plant biomass, and leaf nitrogen content; the control treatment showed the lowest values for these parameters. The integrated treatment enhanced nutrient uptake efficiency, increased soil microbial activity and improved soil physical properties. These findings demonstrate that the combined application of biochar and biofertilizer is an effective, economical and environmentally sustainable way to enhance the yield of medicinal plants.

Keywords: Biochar, Biofertilizer, Medicinal plant, Productive and growth traits, Sustainable management

بررسی اثرات اسانس پونه روی pH سفیده و زرده تخم‌مرغ در مرغ تخمگذار تجاری

حامد جعفرزاده*

گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: Jafarzadeh.hamed@tabizu.ac.ir

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی اثرات اسانس پونه بر pH سفیده و زرده در مرغ‌های تخم‌گذار انجام شد. اسانس پونه دارای عملکردهای مفیدی مانند خواص آنتی‌اکسیدانی و سایر خواص دارویی است که آن را به یک مکمل طبیعی امیدبخش در تغذیه طیور تبدیل می‌کند. در مجموع ۸۰ مرغ تخم‌گذار در یک طرح آزمایشی کاملاً تصادفی مورد استفاده قرار گرفتندپس از یک دوره سازگاری ۲ هفته‌ای، این مطالعه به مدت ۶ هفته ادامه یافت. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) جیره پایه (شاهد)، ۲) جیره پایه حاوی ۰/۰۱۲۵ میلی‌لیتر امولسیفایر ۳) جیره پایه حاوی ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس پونه، ۴) جیره پایه حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس پونه و ۵) جیره پایه حاوی ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس پونه بودند. نتایج نشان داد که مصرف اسانس پونه pH سفیده را به طور معنی‌دار کاهش و pH زرده را به طور غیرمعنی‌دار افزایش می‌دهد، که احتمالاً به دلیل فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و اثرات بیوشیمیایی آن است. سطوح پایین‌تر pH سفیده با مهار رشد میکروبی و کاهش فساد، نقش حیاتی در افزایش ماندگاری و حفظ تخم‌مرغ‌ها ایفا می‌کند. علاوه بر این، مقایسه میانگین مقادیر گروه‌های مختلف با آزمون دانکن نرم‌افزار SPSS نشان داد که سطوح بالاتر اسانس پونه منجر به کاهش بیشتر pH سفیده می‌شود که نشان‌دهنده پتانسیل آن برای بهبود کیفیت تخم‌مرغ است. این یافته‌ها بر اهمیت استفاده از مکمل‌های طبیعی در صنعت طیور تأکید دارند. در نهایت، این تحقیق پتانسیل قابل توجه اسانس پونه را برای کاربرد در تولید طیور برجسته می‌کند و رویکردی امیدوارکننده برای افزایش خواص فیزیولوژیکی تخم‌مرغ ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، پونه، pH، زرده، سفیده.

The Effect of pennyroyal Essential Oil on Albumen and Yolk pH in Commercial layers

Hamed Jafarzadeh*
Assistant Professor, Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tabriz, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: Jafarzadeh.hamed@tabrizu.ac.ir

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of pennyroyal essential oil (EO) on albumen and yolk pH in in laying hens. Pennyroyal essential oil possesses various useful functions such as antioxidant and other medicinal properties, making it a promising natural supplement in poultry nutrition. A total of 80 laying hens were utilized in a fully randomized experimental design. Experimental treatments included: 1) basic diet (control), 2) basic ration containing 0.0125 mL of emulsifier 3) basic ration containing 50 mg/kg of pennyroyal EO, 4) basic ration containing 100 mg/kg of pennyroyal EO and 5) basic ration containing 150 mg/kg of pennyroyal EO. The study lasted for a period of 6 weeks, following a 2-week adaptation period. The results demonstrated that the consumption of pennyroyal EO significantly reduced the pH in albumen and insignificantly raised pH in yolk, likely due to its antioxidant activities and biochemical effects. Lower albumen pH levels play a vital role in increasing the shelf life and preservation of eggs by inhibiting microbial growth and reducing spoilage. Moreover, comparison of the mean values across different groups using Duncan's test in SPSS software showed that higher levels of pennyroyal EO resulted in more pronounced albumen pH reduction, indicating its potential to improve egg quality and longevity. These findings emphasize the importance of using natural supplements in the poultry industry. Ultimately, this research highlights the significant potential of pennyroyal EO for application in poultry production, offering a promising approach to enhance the physiological properties of eggs.

Keywords: Albumen, Essential Oil, Pennyroyal, pH, Yolk.

تأثیر اسانس بومادران روی pH سفیده و زرده تخم‌مرغ در مرغ تخمگذار تجاری

حامد جعفرزاده*

گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: Jafarzadeh.hamed@tabizu.ac.ir

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر اسانس بومادران بر pH سفیده و زرده تخم‌مرغ در مرغ‌های تخم‌گذار تجاری انجام شد. بومادران به دلیل دارا بودن خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدباکتریایی، به عنوان یک مکمل طبیعی در تغذیه طیور مطرح است. در مجموع ۸۰ مرغ تخم‌گذار در یک طرح آزمایشی کاملاً تصادفی مورد استفاده قرار گرفتند. این مطالعه به مدت ۶ هفته و پس از یک دوره سازگاری ۲ هفته‌ای ادامه یافت. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) جیره پایه (شاهد)، ۲) جیره پایه حاوی ۰/۰۱۲۵ میلی‌لیتر امولسیفایر ۳) جیره پایه حاوی ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس بومادران، ۴) جیره پایه حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس بومادران و ۵) جیره پایه حاوی ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس بومادران بودند. نتایج نشان داد که مصرف اسانس بومادران سطح pH را در سفیده به طور معنی‌داری کاهش و pH زرده را افزایش داد. تغییرات pH می‌تواند به فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و اثرات بیوشیمیایی این اسانس نسبت داده شود، که نقش مهمی در نگهداری بهتر و افزایش طول عمر تخم‌مرغ دارد. کاهش pH در تخم‌مرغ می‌تواند مانع رشد میکروارگانیسم‌ها شده و سبب کاهش فساد آن‌ها شود. همچنین، مقایسه میانگین‌های گروه‌ها با آزمون دانکن نرم‌افزار SPSS نشان داد که سطوح بالاتر اسانس بومادران اثرات قوی‌تری بر تغییرات pH داشتند. در نهایت، یافته‌های این مطالعه، پتانسیل کاربرد اسانس بومادران را در صنعت طیور برای ارتقاء همزمان سلامت و کیفیت محصولات نشان می‌دهد و می‌تواند به توسعه روش‌های جدید و طبیعی در تولید و نگهداری تخم‌مرغ کمک کند.

واژه‌های کلیدی: اسانس، بومادران، pH، زرده، سفیده.

The Effect of Yarrow Essential Oil on Albumen and Yolk pH in Commercial layers

Hamed Jafarzadeh*
Assistant Professor, Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tabriz, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: Jafarzadeh.hamed@tabrizu.ac.ir

Abstract

This study aimed to investigate the effect of yarrow essential oil on the pH of egg white and yolk in commercial laying hens. Yarrow is considered a natural supplement in poultry nutrition due to its antioxidant, anti-inflammatory and antibacterial properties. A total of 80 laying hens were used in a completely randomized experimental design. The experimental treatments included: 1) basal diet (control), 2) basal diet containing 0.0125 mL of emulsifier, 3) basal diet containing 50 mg/kg of yarrow essential oil, 4) basal diet containing 100 mg/kg of yarrow essential oil, and 5) basal diet containing 150 mg/kg of yarrow essential oil. The study lasted for 6 weeks after a 2-week adaptation period. The results showed that the consumption of yarrow essential oil significantly reduced the pH level in the white and increased it in the yolk. The pH changes can be attributed to the antioxidant activities and biochemical effects of this essential oil, which play an important role in better preservation and increasing the shelf life of eggs. Reducing the pH in eggs can inhibit the growth of microorganisms and reduce their spoilage. Also, comparing the means of the groups using Duncan's test in SPSS software showed that higher levels of yarrow essential oil had stronger effects on pH changes. Finally, the findings of this study suggest the potential of using yarrow essential oil in the poultry industry to simultaneously improve the health and quality of products and can help develop new and natural methods in egg production and storage.

Keywords: Albumen, Essential Oil, pH, Yarrow, Yolk.

تأثیر اسانس پونه بر تغییرات کمّی قطر و ارتفاع زرده تخم‌مرغ در مرغ‌های تخم‌گذار صنعتی

حامد جعفرزاده*
گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تبریز، ایران
*نویسنده مسئول: Jafarzadeh.hamed@tabizu.ac.ir

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی تأثیراسانس پونه بر تغییرات کمّی قطر و ارتفاع زرده تخم‌مرغ در مرغ‌های تخم‌گذار انجام شد. پونه، به دلیل خواص ضدمیکروبی، تقویت‌کننده سیستم ایمنی و بهبود هضم و جذب مواد مغذی در حوزه تغذیه طیور به عنوان یک گیاه دارویی مؤثر مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش، تعداد ۸۰ مرغ تخم‌گذار به صورت کاملاً تصادفی در قالب یک طرح آزمایشی مورد آزمون قرار گرفتند. این مطالعه پس از یک دوره سازگاری دو هفته‌ای، به مدت شش هفته اجرا شد. در این تحقیق مرغ‌ها در گروه‌های مختلف قرار گرفتند که شامل: ۱) جیره پایه بدون افزودنی (گروه کنترل)، ۲) جیره پایه همراه با ۰/۱۲۵ میلی‌لیتر امولسیفایر، ۳) جیره پایه همراه با ۵۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم اسانس پونه، ۴) جیره پایه با ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس پونه، و ۵) جیره پایه با ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس پونه بودند. نتایج نشان داد که مصرف اسانس پونه، موجب افزایش معنی‌دار قطر زرده و افزایش غیرمعنی‌دار ارتفاع زرده تخم‌مرغ شد؛ مقایسه میانگین تیمارها با آزمون دانکن نرم‌افزار SPSS مشخص کرد سطوح بالاتر اسانس تأثیر قابل توجه‌تری داشتند. افزایش در قطر و ارتفاع زرده، ممکن است به دلیل پیشگیری از کاهش پروتئین‌ها و ترکیبات ساختاری زرده، تحریک فعالیت آنزیم‌های گوارشی و بهبود فرآیندهای متابولیک و ساختاری در تخم‌مرغ باشد. در کل، این تغییرات نشان می‌دهد که استفاده از اسانس پونه، می‌تواند در بهبود ویژگی‌های ظاهری و افزایش حجم زرده تأثیرگذار باشد و نقش مهمی در ارتقاء کیفیت کلی تخم‌مرغ‌های تولید شده در بخش‌های صنعتی طیور داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، پونه، تخمگذار، زرده.

The effect of pennyroyal essential oil on quantitative changes in yolk diameter and height in commercial laying hens

Hamed Jafarzadeh*
Assistant Professor, Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tabriz, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: Jafarzadeh.hamed@tabrizu.ac.ir

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of pennyroyal essential oil (EO) on the diameter and height of egg yolk in commercial laying hens. Pennyroyal has been considered as an effective medicinal plant in poultry nutrition due to its antimicrobial properties, immune system–boosting properties, and improvement of digestion and nutrient absorption. In this study, 80 laying hens were tested in a completely randomized experimental design. The participants in the experiment were divided into different groups, including: 1) basal diet without additives (control group), 2) basal diet with 0.0125 mL of emulsifier, 3) basal diet with 50 mg/kg of pennyroyal EO, 4) basal diet with 100 mg/kg of pennyroyal EO, and 5) basal diet with 150 mg/kg of pennyroyal EO. The study was conducted for six weeks, beginning after a two-week acclimation period. The results showed that pennyroyal EO significantly increased yolk diameter and insignificantly increased yolk height, comparing the means of the groups using Duncan's test in SPSS software revealed that higher levels of the EO have a more significant effect. Increase in yolk diameter and height may be due to the prevention of the reduction of proteins and structural components of the yolk, stimulation of digestive enzyme activity, and improvement of metabolic and structural processes in the egg. Overall, these changes indicate that the use of pennyroyal EO can be effective in improving the appearance and volume of the yolk, and play an important role in improving the overall quality of eggs produced in industrial poultry sectors.

Keywords: Essential Oil, Layer, Pennyroyal, Yolk.

مطالعه تاثیر روش‌های مختلف خشک کردن برظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره گلبرگ و پرچم زعفران

نوشین زندی دشت بیاض[۱]، نرگس رحیمی*[۲]، جلیل جراحی فریز[۳]

۱ – دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بیرجند

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران

۳- استادیار گروه ریاضی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران

* نویسنده مسئول: nargess.rahimi@iau.ac.ir

چکیده

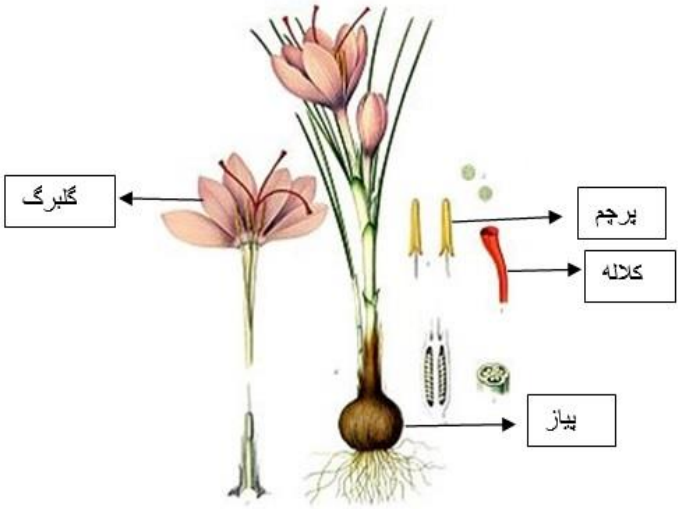
خشک کردن یکی از مراحل مهم پس از برداشت گیاهان دارویی است که می‌تواند نقش مهمی درکمیت و کیفیت مواد موثر آن داشته باشد. در این پژوهش تکنیک‌های مختلف خشک کردن با هدف بیشترین میزان فعالیت ضد رادیکالی عصاره حاصله از گلبرگ و پرچم زعفران مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفت. در این مطالعه نمونه‌های گلبرگ و پرچم به چهار روش مختلف شامل خشک کردن سنتی (سایه وآفتاب) و آزمایشگاهی(فریز درایرو آون) خشک گردید و فعالیت ضد رادیکالی بررسی شد. در انتها با توجه به نتایج تجربی آزمایشها بیشترین میزان فعالیت ضد رادیکالی (DPPH) در گلبرگ و پرچم زعفران، در بین چهار گروه، در روش خشک کردن در آون و کمترین میزان در روش خشک کن انجمادی مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: پرچم زعفران، خشک کردن، فعالیت ضد رادیکالی، گلبرگ زعفران.

مقدمه

زعفران با نام عمومی saffron و نام علمی Crocus Sativus گرانبهاترین گیاه زراعی موجود در روی کره زمین است و تنها گیاهی است که واحد خرید و فروش آن به جای تن و کیلو، مثقال و گرم است (Kafi, 2006). کلاله خشک شده زعفران در صنایع غذایی (به عنوان ادویه معطر و برای رنگین کردن غذا) و در صنایع دارویی (به عنوان آرام بخش و مسکن بیماری آسم، سیاه سرفه و التهاب) مورد استفاده قرار می‌گیرد (Kalantari et al., 2021). ایران قطب مهم تولید زعفران در دنیا محسوب می‌شود بطوری که ارزش صادرات زعفران ایران از مرز ۳۰۰ میلیارد ریال در سال می‌گذرد. در فرایند تولید زعفران از قسمت کلاله و خامه گل به عنوان زعفران تجاری استفاده می‌شود و سایر قسمت‌های گل از جمله گلبرگ و پرچم به عنوان ضایعات دور ریخته می‌شود که از حجم بسیار بالایی برخوردارست. بطوری که سالانه چندین کیلوگرم گلبرگ زعفران به عنوان محصول فرعی به دست می‌آید و پیش‌بینی می‌شود این مقدار هم افزایش پیدا کند. بنابراین یافتن راه‌حلی برای بازیافت این حجم عظیم ضایعات از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. مطابق شکل (۱) از لحاظ ریخت‌شناسی، دسته‌بندی زعفران از طریق مشخصه‌ها و ریخت برگ، کلاله، خامه، گلبرگ، کاسبرگ و پیاز (سوخ) انجام می‌گیرد. رنگ کلاله که به میزان کارتنویید و لیکوپن موجود در آن بستگی دارد، از قرمز پررنگ تا نارنجی کمرنگ دیده شده‌است. کلاله سه‌شاخه است و اندازه آن نسبت به خامه، متفاوت است. خامه گل زردرنگ است و در برخی گونه‌ها بسیار پررنگ و در گونه‌هایی دیگر کمرنگ‌تر می‌باشد. این تفاوت رنگ به نسبت

کارتنویید موجود در آن‌گونه بستگی دارد. شکل عمومی سوخ (پیاز) بیضوی پخ، لوزی، تخم‌مرغی، دایره‌ای ویا بیضوی پهن می‌باشد. پیاز زعفران دارای الیاف قهوه‌ای‌رنگ است که در برخی گونه‌ها بسیار فشرده و در گونه‌هایی دیگر کم‌پشت‌تر می‌باشد و از ورای آن رنگ سفید پیاز به وضوح دیده می‌شود (Rajabi & Jafari., 2018).



شکل ۱. اجزاء تشکیل دهنده گل زعفران

رنگ زعفران: اصلی‌ترین عامل ایجاد قدرت رنگی در زعفران ترکیبی است بنام کروسین به فرمول شیمیایی $C_{24}H_{44}O_{64}$. کروسین به آسانی در آب حل می‌شود. قدرت رنگی زعفران یکی از پارامترهای عمده تعیین کننده کیفیت زعفران می‌باشد که با اندازه‌گیری میزان ترکیبات رنگی موجود در آن در طول موج ۴۴۳ نانومتر بوسیله اسپکتروفتومتر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

ترکیبات معطره زعفران: سافرانال ماده معطره اصلی زعفران است و حدود ٪۶۰ از ترکیبات فرار زعفران را تشکیل می‌دهد که در زعفران تازه به صورت پیکروکروسین غیرفرار است ولی در اثر حرارت و به مرور زمان تجزیه شده وآلدئید فرار سافرانال آزاد می‌گردد (Karimi & Rafei., 2025).

رادیکال آزاد: تولید رادیکال‌های آزاد مساله‌ای طبیعی است و طی عمل تنفس در بدن همه موجودات زنده به وجود می‌آید. رادیکال‌های آزاد در اثر شکستگی یک پیوند از یک مولکول پایدار ایجاد می‌شود، همین ویژگی باعث افزایش واکنش‌های شیمیایی آنهاست چراکه میل به واکنش رادیکال‌ها به‌دلیل داشتن الکترون جفت نشده زیاد می‌شود. حاصل فعالیت رادیکال‌های آزاد در بدن انواع دژنراسیون، سرطان، دیابت، نارسایی‌های قلبی، آسیب‌های مغزی، مشکلات عضلانی، پیری زودرس، آسیب‌های چشمی و در کل ضعف سیستم ایمنی بدن است. خشک کردن، فرایند حذف رطوبت از طریق انتقال همزمان حرارت و جرم می‌باشد. انتقال حرارت از فضای پیرامون به ماده، موجب تبخیر رطوبت سطحی می‌شود. همچنین رطوبت می‌تواند از درون جسم به سطح محصول منتقل و سپس تبخیر شود و یا در درون محصول و در حالتی میان بخار - مایع، تبخیر گردد و به صورت بخار به سطح محصول منتقل شود. خشک کردن از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری مواد غذایی و محصولات کشاورزی به شمار می‌رود (Jafarpour et al., 2021).

علی‌رغم اینکه گلبرگ و پرچم زعفران یک منبع غنی از مواد ضد رادیکالست و از طرفی‌کشت و تولید زعفران به ایران و چند کشور دیگر محدود می‌شود، اما تحقیقات اندکی بر روی خواص آن انجام شده است. لذا این تحقیق به منظور بررسی و مقایسه خواص ضد رادیکالی عصاره گلبرگ و پرچم زعفران جهت بکارگیری در صنعت غذا و صنایع دارویی ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری،آماده‌سازی و خشک کردن گل‌های زعفران: گل زعفران طی یک روز از مزرعه زعفران در منطقه خواف جمع‌آوری شدند. سپس بعد از جداسازی گلبرگ و پرچم نمونه‌ها از یکدیگر به چهار بخش مساوی تقسیم شدند و نمونه‌های تفکیک شده به دو روش سنتی (آفتاب در دمای ۳۱ درجه و سایه در دمای ۲۸ درجه به مدت ۴۸ ساعت) و دو روش دستگاهی (آون تحت خلاء در دمای (^{o}C ۴۰)، مدت ۲۴ ساعت و فریز درایر (خشک‌کن انجمادی) به مدت ۲۴ ساعت) خشک شدند. سپس نمونه‌های خشک شده را با آسیاب خانگی پودر کردیم و از مش ۴۰ عبور دادیم. در انتها پودرهای آماده در ظروف تیره رنگ در بسته و در یخچال نگهداری شدند.

استخراج عصاره با حلال (روش غرقابی): نمونه پودر شده و حلال به نسبت ۱ به ۵۰ با هم مخلوط شدند. حلال مخلوط اتانول ۷۰٪ و اسید کلریدریک بود. مخلوط به مدت ۱۵ دقیقه با همزن مغناطیسی در دمای محیط هم زده و صاف گردید. در ادامه رسوب حاصله تحت همان شرایط دوباره عصاره‌گیری شد. به منظور حذف حلال از عصاره و به حداقل رساندن آسیب به ترکیبات موثر از دستگاه تبخیر کننده دوار در دمای ۴۰^{o} (تحت خلاء) استفاده شد. در نهایت با استفاده از آون تحت خلاء عصاره کاملاً خشک شد و عصاره حاصل تا زمان انجام آزمون در ظروف فویل پیچی شده در یخچال نگهداری شدند (Rashidzadeh et al., 2015).

ارزیابی ظرفیت آنتی اکسیدانی عصاره (با رادیکال *DPPH*[1]): اساس این روش برمبنای احیاء رادیکال آزاد DPPH به وسیله آنتی‌اکسیدان‌ها در غیاب سایر رادیکال‌های آزاد می‌باشد. نتیجه این عمل باعث ایجاد رنگی در محیط می‌شود که شدت آن با دستگاه طیف‌سنجی قابل اندازه‌گیری است. DPPH یک رادیکال آزاد پایدارست که محلولی به‌رنگ بنفش در الکل ایجاد می‌کند. در این آزمون ابتدا ۱۰ میلی‌گرم از عصاره را در ۲۵۰ لاندا آب مقطر حل کرده و در شیکر به مدت ۱۰ دقیقه هم زدیم. سپس ۵ لاندا از عصاره حل شده را در ۲۰۰ لاندا معرف DPPH ریخته و مجدداً به مدت ۱۰ دقیقه درشیکر در محیط تاریک و دور از نورمخلوط کرده و در طول موج ۵۱۷ نانومتر جذب آن قرائت شد (Jafarpour et al., 2021).

تجزیه و تحلیل آماری

در این مطالعه تجزیه و تحلیل داده‌های تجربی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و رسم نمودار با نرم‌افزار اکسل انجام شد.

1. 1,1- Diphenyl- 2- picryl-hydrasyl

نتایج و بحث

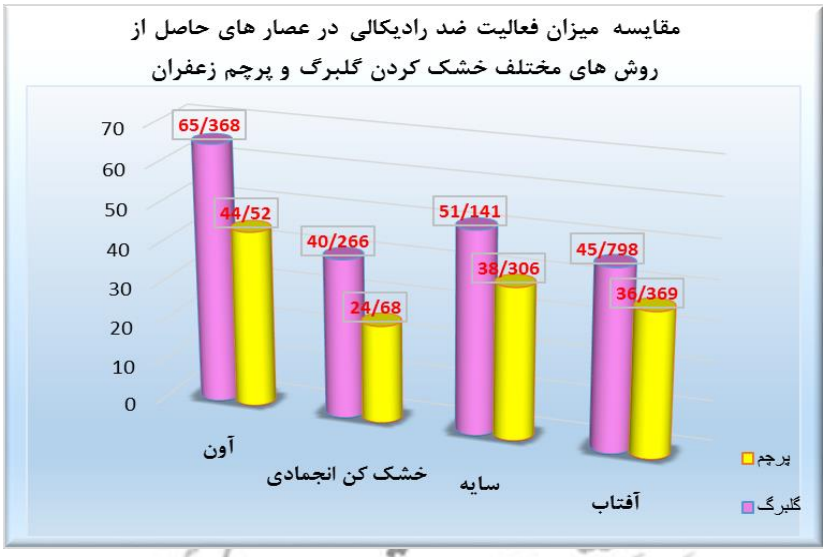
در تحقیق حاضر باتوجه به داده‌های تجربی اخذ شده از میزان فعالیت ضد رادیکالی "عصاره‌های پرچم و گلبرگ گل زعفران" به مقایسه میانگین فعالیت ضد رادیکالی پرداختیم. به منظور انجام این مقایسه از آزمون تحلیل واریانس استفاده شد (جداول (۱) و (۲)). همچنین از آزمون شاپیرو- ویلک برای بررسی نرمال بودن داده‌های مربوط به متغیرهای تحقیق نیز بهره بردیم. در نهایت نتایج این تحلیل آماری نشان دادند که از نظر آماری روش‌های مختلف خشک کردن با شرایط مورد استفاده در این پژوهش بر میزان فعالیت ضد رادیکالی عصاره‌های حاصل از گلبرگ و پرچم خشک زعفران بسیار موثر بوده و از دیدگاه آماری نیز تاثیر معنی‌داری دارند. همانطور که در شکل (۲) ملاحظه می‌شود در پرچم و گلبرگ خشک زعفران میانگین فعالیت ضد رادیکالی درروش خشک کردن با آون درمقایسه با روش سنتی خشک کردن (در آفتاب، در سایه) و خشک کردن با فریز درایر اختلاف معنی‌داری دارند. در حالی‌که فعالیت ضد رادیکالی عصاره‌های خشک شده با "خشک کن انجمادی" کمترین میزان و فعالیت ضد رادیکالی عصاره‌های خشک شده در " آون" بیشترین میزان بود. این نتایج ما گویای بهتر خشک شدن پرچم و گلبرگ زعفران، از نظر ویژگی ضد رادیکالی، با روش "آون" می‌باشد. علت این نتیجه را می‌توان به زمان کمتر آون‌گذاری در مقایسه با سایر روش‌های مورد استفاده در این مطالعه نسبت داد. به‌عبارتی زمان کم آون‌گذاری منجر به حفظ بیشتر مواد موثره آنتی‌اکسیدانی در این نمونه‌ها شد. علاوه بر این در مطالعه‌ی حاضر "آون تحت خلاء" و "خشک‌کن انجمادی" دو روشی هستند که بدون تماس نمونه با اکسیژن عمل می‌کنند. میزان کم فعالیت ضد رادیکالی در نمونه‌های خشک شده با خشک کن انجمادی نیز می‌تواند به علت میزان سرمایش بالای این روش (۵۰ ^{o}C-) و تاثیر منفی این میزان سرما بر مواد موثره نمونه‌ها دانست. در مطالعه‌ای که توسط مهرنیا و همکاران (۱۳۹۸) بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره انجیر انجام شده نیز به نتیجه‌ای مشابه با نتیجه ما رسیدند.

جدول ۱. نتایج تحلیل واریانس داده‌های تجربی در تست فعالیت ضد رادیکالی گلبرگ

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
بین گروهی	۶۶۶/۳۸۴	۳	۲۱۸/۴۶۱	۵/۹۰۹	۰/۰۲۰
درون گروهی	۲۹۵/۷۴۵	۸	۳۶/۹۶۸		
جمع کل	۹۵۱/۱۲۹	۱۱			

جدول ۲. نتایج تحلیل واریانس داده‌های تجربی در تست فعالیت ضد رادیکالی پرچم

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
بین گروهی	۱۰۴۴/۶۴۴	۳	۳۴۸/۲۱۵	۱۴/۶۳۲	۰/۰۰۱
درون گروهی	۱۹۰/۳۸۹	۸	۲۳/۷۹۹		
جمع کل	۱۲۳۵/۰۳۳	۱۱			



شکل ۲. تاثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر میزان فعالیت ضد رادیکالی در گلبرگ و پرچم زعفران

منابع

Jafarpour, D., Hashemi S.M.D., Ghaedi., D. (2021) .Study the antioxidant properties of different parts of saffron extract and their application in cream. *Iranian Journal of Food Science and Technology* .18. (133).

Kafi, M. (2006). Saffron (*Crocus sativus*) Production and Processing: Science Publishers, New York.

Kalantari, Kh., Asadi, A., Mirjalali Filabi, M., Lavaei Adaryani., R. (2021). Analysis of Saffron production Challenges from the prespective of Saffron-growers in Mashhad country. *Journal of Saffron Research* (Semi- annual). 9. (1) .177-193.

Karimi, M., Rafei- Sarmazdeh. (2025). Determination of Some Water-soluble Compounds in Saffron Samples by Optimized Dispersive Liquid-liquid Microextraction Followed by Gas Chromatography-mass Spectrometry. *Research and Innovation in Food Science and Technology*. 14(1), 29-36.

Mehrnia, M. A., Dehghan, A and Heydari, M. (2020). Effect of drying method and solvent type on antioxidant properties and chemical composition of sacred fig (Ficus religiosa). *Journal of Food Science and Technology* .95 (16), 27-37.

Rajabi, H., Jafari. S.M. (2018). Extraction and purification of effective saffron compounds. *Iranian Chemical Engineering Journal*. 17(96).

Rashidzadeh, Z., Rahimi, N.,Valipour Motlagh, N. (2015). Optimization of extraction conditions from saffron flower petals by ultrasound waves. *Fourth National Saffron Conference*.

Studying the effect of different drying methods on the antioxidant capacity of saffron petal and flag extracts

Nooshin Zandi Dashtebayaz[1], Nargess Rahimi*[2], Jalil Jrrahiferiz[3]
1. M.Sc. Graduate, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Birjand, Iran..
2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Bi.C., Islamic Azad University, Birjand, Iran
3. Assistant Professor, Department of Mathematics, Bi.C., Islamic Azad University, Birjand, Iran
Corresponding Author: nargess.rahimi@iau.ac.ir

Abstract

Drying is one of the important steps after harvesting medicinal plants, which can play an important role in the quantity and quality of their effective ingredients In this study, different drying techniques were studied and compared with the aim of maximizing the anti-radical activity of the extract obtained from saffron petals and stamens. In this study, petal and stamen samples were dried in four different methods including traditional drying (shade and sun) and laboratory drying (freeze dryer and oven) and the anti-radical activity was examined. Finally, according to the experimental results of the experiments, the highest amount of anti-radical activity (DPPH) in saffron petals and stamens, among the four groups, was observed in the oven drying method and the lowest amount was observed in the freeze drying method.

Keywords: Antiradical activity, Drying, Saffron flag, Petals

سنتز سبز نانو ذرات اکسید روی (ZnO) با عصاره شیرین بیان و کاربرد آن در لوسیون ضد ریزش مو

ملیکا افتخار*[۱]، ایمان خسروی[۱]، آتنا صیامی[۱]
۱- گروه شیمی، واحد قشم، دانشگاه آزاد اسلامی، قشم، ایران
*نویسنده مسئول: melika.eftekhar@iau.ac.ir

چکیده

در این پژوهش، نانوذرات اکسید روی (ZnO-NPs) با استفاده از عصاره آبی شیرین بیان تهیه شد، از تکنیک‌های مختلفی مانند پراش اشعه ایکس (XRD) برای تعیین اندازه تقریبی نانوذرات، آنالیز انرژی تفکیک اشعه X (EDX) جهت تعیین درصد خلوص، و برای بررسی مورفولوژی سطح از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) استفاده گردید. مطالعات XRD وجود اشکال کریستالی خالص نانوذرات ZnO را تأیید کرد. نانوذرات اکسید روی سنتز شده توسط عصاره آبی شیرین بیان با استفاده از رابطه شرر ۱۴۵ نانومتر محاسبه شد، که مقدار قابل قبولی است. برای ساخت لوسیون تقویت کننده و ضد ریزش مو از ترکیب این نانوذرات با روغن‌های گیاهی سیاهدانه و بادام شیرین، عصاره‌های گیاهی شیرین بیان، رزماری و خرگوشک استفاده کردیم. نتیجه در قطع کامل ریزش مو، افزایش ضخامت تار مو، درمان شوره سر و کمک به درمان آلوپسی بسیار رضایت بخش بود.

واژه‌های کلیدی: سنتز سبز، عصاره شیرین بیان، روغن‌های گیاهی سیاهدانه و بادام شیرین، نانوذرات اکسید روی

مقدمه

حوزه نانو بایوتکنولوژی تأثیر متحول‌کننده‌ای بر تولید نانو ذرات اکسید فلزی داشته است و مزایای قابل توجهی را در مقایسه با روش‌های فیزیکی و شیمیایی مرسوم ارائه می‌دهد. فناوری‌های مبتنی بر گیاه در سنتز سبز به دلیل طیف گسترده‌ای از کاربردهای دارویی، آرایشی بهداشتی و بایوتکنولوژیکی توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. نانوذرات اکسید روی (ZnO NPs) به دلیل ویژگی‌های مطلوب خود مانند زیست سازگاری، زیست تخریب پذیری، سمیت سلولی کم و مقرون‌به صرفه بودن، در بخش‌های مختلفی از جمله اپتیک، برق، صنایع غذایی، آرایشی بهداشتی و پزشکی کاربرد بسیاری دارد (Shah Faisal et al. 2021، M.S. Samuel et al 2022، Mouhaned Y et al 2024). سنتز زیستی نانوذرات فلزی با استفاده از گیاهان مختلف، گزینه جدیدی است که بدون تولید مواد شیمیایی سمی انجام می‌شود. استفاده از عصاره گیاه برای سنتز اکسید فلز به دلیل تولید مولکول‌های عملکردی که یون‌های فلزی را کاهش می‌دهند، از مزایای قابل توجهی برخوردار است. مواد شیمیایی گیاهی مسئول چنین سنتزی عمدتاً فنول‌ها، ترپنوئیدها، کتون‌ها، آلدهیدها و آمیدها هستند. اخیراً، نانوذرات اکسید روی با استفاده از عصاره‌های بذر سیاه‌دانه، عصاره دال عدس، عصاره برگ انبه ایندیکا و سایر عصاره‌های گیاهی به صورت سبز سنتز شده‌اند. کارایی ضدباکتریایی نانوذرات اکسید روی به طور مستقیم با اندازه، شکل، نسبت سطح به حجم و تعداد جایگاه‌های خالی اکسیژن آن مرتبط است (Solabomi Olaitan Ogunyemi et al 2019). به دلیل خواص ضد باکتریایی و ضد قارچی، این نانوذرات می‌توانند به جلوگیری از عفونت‌های پوست سر و مشکلات مرتبط با مو کمک کنند. این خاصیت به ویژه در محصولات

ضد شوره و درمان‌های پوست سر مفید است. به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند و می‌توانند از آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد به موها جلوگیری نمایند. این ویژگی به حفظ سلامت و شادابی موها کمک می‌کند و نیز می‌توانند به تحریک رشد مو و تقویت فولیکول‌های مو کمک کنند. این خاصیت می‌تواند به بهبود ضخامت و کیفیت موها منجر شود.

هدف ما از سنتز نانو ذرات روی، استفاده از آن به عنوان ماده آنتی‌اکسیدان و آنتی‌باکتریال در لوسیون مو، به منظور جلوگیری از عفونت‌های پوست سر و کمک به درمان مشکل ریزش مو است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

سولفات روی، آب دیونیزه، عصاره غلیظ شیرین بیان، هیدروکسید سدیم

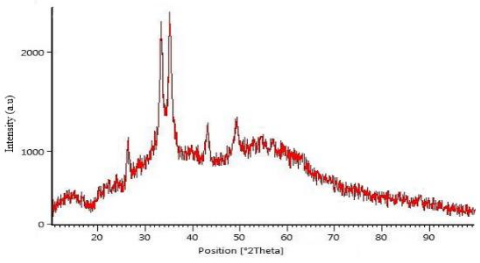
روش کار

ابتدا ۳۰ میلی‌لیتر از عصاره غلیظ شیرین بیان، با ۹۰۰ میلی‌لیتر محلول سولفات روی ۴ میلی‌مولار مخلوط شده و ۵ دقیقه در حالت هم زدن ملایم قرار گرفت. سپس محلول سود ۱ مولار را که از قبل آماده شده است، قطره قطره به آن اضافه نمودیم، طوری که pH از ۶ به ۱۲ تغییر نماید و ذرات کلوییدی زرد رنگی رسوب دهد. مرحله بعد، محلول در حمام اولتراسونیک در دمای ۲۸ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد، سپس محلول به مدت ۵ ساعت ساکن ماند. پس از دور ریختن محلول بالایی، رسوب نانو اکسید روی بدست آمده، به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق خشک شد. به دلیل جلوگیری از هدر رفتن عصاره شیرین بیان بکار رفته، رسوب شستشو داده نشد. (چون از محلول بسیار رقیق سولفات روی استفاده شده است، غلظت گوگرد موجود در رسوب بسیار اندک بوده، به همین دلیل نیاز به شستشوی رسوب نیست).

نتایج و بحث

یافته‌ها

طیف XRD نانو ذره سنتز شده با عصاره شیرین بیان، با استفاده از منبع تابشی CuK_{α} با طول موج ۱/۵۴ Å در گستره 2θ (°۰ تا °۱۰۰) ثبت شده است. (شکل ۱)



شکل ۱. طیف XRD نانو ذرات اکسید روی

با استفاده از طیف XRD و با کمک معادله شرر (معادله ۱) می‌توان اندازه تقریبی ذرات مورد آزمایش را بدست آورد.

$$D_{hkl} = \frac{0.9\,\lambda}{\beta_{hkl}\cos\theta_{hkl}} \qquad (۱)$$

که D_{hkl} اندازه ذره مربوط به صفحه (hkl) برحسب نانومتر، β_{hkl} برابر با پهنای پیک در نصف اندازه ماکزیمم آن $(FWHM')$، θ_{hkl} زاویه براگ پیک مورد نظر در صفحه (hkl) برحسب درجه و λ طول موج شعاع تابیده شده از منبع (CuK_{α}) بر حسب نانومتر می‌باشد (جدول ۱)

جدول ۱. اندازه ذرات محاسبه شده توسط رابطه شرر

اندازه تقریبی نانو ذرات (nm)	2θ (°)	FWHM	ترکیب
۱۴۵	۳۵/۰۲	۰/۳۴	ZnO

طیف XRD نانو ذره دارای پیک‌های پراش با زاویه‌های 2θ به صورت ۲۶/۳۹، ۳۳/۲۹، ۳۵/۰۲، ۴۳/۱۴، ۴۹/۴۶ و ۵۴/۵۳ درجه می‌باشد.

تفسیر و تحلیل علمی

ما در ساخت لوسیون تقویت کننده و ضد ریزش مو، از ترکیب نانوذرات روی با روغن‌های سیاهدانه و بادام شیرین، عصاره‌های شیرین بیان، رزماری و خرگوشک استفاده نمودیم، زیرا دانه‌های سیاه‌دانه که به دلیل غلظت بالای تیموکینون، دارای مزایای آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدباکتریایی قوی هستند، از فولیکول‌های مو در برابر استرس اکسیداتیو و عفونت‌هایی که باعث ریزش مو می‌شوند، محافظت می‌کنند. همچنین روغن سیاه‌دانه باعث تقویت مو، بهبود بافت و جلوگیری از سفید شدن زودرس مو می‌شود. اثر هم افزایی روغن سیاهدانه با روغن بادام شیرین، نانوذرات روی سنتز شده با عصاره شیرین بیان، عصاره‌های گیاهی مانند رزماری که حاوی مواد شیمیایی زیست فعال مانند اسید رزمارینیک، اسید کافئیک و روغن‌های ضروری است و برای رشد مو و درمان اختلالات پوست سر مانند شوره سر مورد استفاده قرار می‌گیرد، ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و ضد التهابی آن، گردش خون پوست سر را تقویت می‌کند که ممکن است به تحریک و رشد فولیکول مو کمک کند، هورمون DHT (دی هیدروتستوسترون) که نقش مهمی در آلوپسی آندروژنتیک دارد، مسدود می‌کند و آن را به یک جزء مهم در درمان ریزش مو تبدیل می‌نماید (Parth B Hariyani et al 2024).

نتیجه‌گیری نهایی

نتیجه آزمایش لوسیون روی بیش از ۲۰ داوطلب، در بازه‌های زمانی، ۱۵روز، یکماه و سه ماه نشان دهنده محصولی با اثربخشی سریع و کیفیت بالا بوده است، که در کوتاه‌ترین زمان ریزش مو متوقف شده، تارهای مو ضخیم و شوره سر برطرف می‌گردد، همین امر باعث درمان آلوپسی آندروژنیک می‌شود (شکل ۲).

شکل ۲. سمت راست: قبل استفاده از لوسیون، سمت چپ: پس از ۱۵ روز استفاده

منابع

Mouhaned Y. Al-darwesh, Sattar S. Ibrahim, Mohammed A. Mohammed, (2024), A review on plant extract mediated green synthesis of zinc oxide nanoparticles and their biomedical applications, *J. Results in Chemistry* 7 101368.

M.S. Samuel, et al., (2022), A review on green synthesis of nanoparticles and their diverse biomedical and environmental applications, *Catalysts* 12 (5) 459.

Parth B Hariyani, Vijendra Rajan, Dr. Pragnesh Patani, (2024), Harnessing the power of rosemary and kalonji seeds for hair health: a review, *Journal of Population Therapeutics & Clinical Pharmacology*, Vol.31 No. 11 (1037- 1045).

Shah Faisal, Hasnain Jan, Sajjad Ali Shah, Sumaira Shah, et al., (2021), Green Synthesis of Zinc Oxide (ZnO) Nanoparticles Using Aqueous Fruit Extracts of Myristica fragrans: Their Characterizations and Biological and Environmental Applications, *ACS Omega*, 6, 709−9722.

Solabomi Olaitan Ogunyemi, Yasmine Abdallah, et al., (2019), Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using different plant extracts and their antibacterial activity against Xanthomonas oryzae pv. Oryzae, *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, V**O**L. 47, NO. 1, 341–352.

Green synthesis of zinc oxide (ZnO) nanoparticles with licorice extract and its application in anti-hair loss lotion

Melika eftekhar[*1], Iman khosravi1, Atena siami[1]
1. Department of Chemistry, Qeshm Branch, Islamic Azad University, Qeshm, Iran
[*]*Corresponding Author: Melika.eftekhar@iau.ac.ir*

Abstract

In this study, zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) were prepared using aqueous licorice extract, various techniques such as X-ray diffraction (XRD) to determine the approximate size of the nanoparticles, energy dispersive X-ray analysis (EDX) to determine the purity percentage, and scanning electron microscopy (SEM) to examine the surface morphology were used. XRD studies confirmed the presence of pure crystalline forms of ZnO nanoparticles. Zinc oxide nanoparticles synthesized by aqueous licorice extract were calculated to be 145 nm using the Scherrer equation, which is an acceptable value. To make a strengthening and anti-hair loss lotion, we used a combination of these nanoparticles with black seed and sweet almond herbal oils, licorice, rosemary and rabbit herbal extracts. The result was very satisfactory in completely stopping hair loss, increasing hair thickness, treating dandruff and helping to treat alopecia.

Keywords: Green synthesis, licorice extract, Black seed and sweet almond herbal oils, zinc oxide nanoparticles

نقش تعدیل‌کنندگی عصاره یونجه زرد (*Melilotus officinalis*) بر کلیه‌های رت تحت استرس بی‌حرکتی

مهران عربی*[۱]، محمد شادخواست[۲]
۱. دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۲. دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
*نویسنده مسئول: mehranarabi@hotmail.com

چکیده

گیاهان دارویی به‌دلیل تنوع بالای ترکیبات فیتوشیمیایی، می‌توانند منبعی ارزشمند برای کشف داروهای جدید باشند. در طب سنتی کشورهای مختلف، استفاده از گیاهان دارویی برای درمان اختلالاتی مانند استرس رواج دارد. گیاه دارویی یونجه زرد (*Melilotu officinalis*) از انواع پرکاربرد در غرب ایران به شمار می‌رود. استرس ناشی از بی‌حرکتی (Immobility) یکی از عوامل استرس‌زای شدید است که بر عملکردهای زیستی جانوران تاثیر می‌گذارد. در این پژوهش، اثر تعدیل‌کننده عصاره آبی-الکلی یونجه زرد بر تغییرات بیوشیمیایی ناشی از استرس بی‌حرکتی در کلیه رت‌ها بررسی شد. استرس بی‌حرکتی به کمک دستگاه محدودکننده حرکت (برای ۳ هفته، به مدت ۲ ساعت در روز) القا شد. جانوران به‌صورت تصادفی به چهار گروه تقسیم شدند: گروه شاهد کاذب (استرس همراه با تزریق نرمال سالین) و سه گروه تجربی که استرس را همراه با تزریق درون‌صفاقی عصاره گیاه با دوزهای ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (هرکدام در حجم ۱ میلی‌لیتر، ۳۰ دقیقه پیش از القای استرس) دریافت کردند. پس از ۳ هفته، تغییرات در بیومارکرهای استرس اکسیداتیو هوموژنیت کلیه‌ها در مقایسه با گروه شاهد کاذب سنجیده شدند. هم‌چنین، برای ارزیابی عملکرد کلیه، نمونه خون برای سنجش سطح کراتینین سرم جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که استرس بی‌حرکتی باعث القای استرس اکسیداتیو در کلیه‌ها می‌شود. این وضعیت با افزایش سطح گونه‌های اکسیژن فعال (ROS)، فعالیت سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، و محتوی لیپوپراکسیداسیون (LPO/MDA) و نیز افزایش میزان کراتینین آن مورد تایید قرار داده است. پیش‌تیمار با عصاره یونجه زرد باعث کاهش معنی‌دار ($p<0.05$) بیومارکرهای استرس اکسیداتیو و سطح کراتینین در کلیه‌ها شد، به‌گونه‌ای که این مقادیر به سطوح گروه شاهد کاذب نزدیک شدند. در مجموع، عصاره یونجه زرد توانست استرس اکسیداتیو ناشی از بی‌حرکتی را در کلیه‌های رت‌ها کاهش دهد که این اثر به واسطه مهار سنتز رادیکال‌های آزاد حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: استرس اکسیداتیو، بی‌حرکتی، رادیکال آزاد، کلیه، گیاه دارویی.

Ameliorating Function of yellow alfalfa (*Melilotus officinalis)* Extract on Rat Kidneys upon Immobility Stress

Mehran Arabi*[1], Mohammad Shadkhast[2]
1. Faculty of Basic Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
2. Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
* *Corresponding Author: mehranarabi@hotmail.com*

Abstract

Medicinal plants, due to their diverse phytochemical constituents, are considered promising sources for novel drug discovery. These plants are commonly used in traditional medicine worldwide for treating various disorders, including stress. Medicinal plant yellow alfalfa (*Melilotus officinalis*) is widely used in western Iran. Immobility stress, as a severe stressor, affects the biological functions of animals. This study evaluated the ameliorating effect of hydroalcoholic extract of yellow alfalfa on immobility-induced biochemical alterations in rat kidneys. Immobility stress was induced using a restrainer (2 hours per day for 3 weeks). Animals were randomly divided into four groups: a pseudo-control group (stressed, receiving normal saline) and three experimental groups (stressed, receiving yellow alfalfa extract at 20, 40, 80 mg/kg body weight, intraperitoneally, 30 minutes before stress induction). After 3 weeks, oxidative stress biomarkers were assessed in kidney homogenates and compared with pseudo-control group. Meanwhile, blood serum was collected for assay of creatinine (kidney function test). The data revealed that immobility stress induced oxidative stress in rat kidneys. This was evidenced by increased levels of reactive oxygen species (ROS), augmented superoxide dismutase (SOD) activity, elevated lipoperoxidation (LPO/MDA) content, and raised serum creatinine levels. Pre-treatment with yellow alfalfa extract significantly reduced ($p<0.05$) oxidative stress biomarkers and creatinine levels, approaching those observed in the pseudo-control group. Overall, the extract of yellow alfalfa mitigated immobility-induced oxidative stress in rat kidneys by reducing free radical generation.

Keywords: Oxidative stress, Immobility, Free radical, Kidney, Medicinal plant.

اثر هورمون رشد GA3 بر جوانه‌زنی لاله واژگون (*Fritillaria imperialis*)

فردین قنبری ملکی*[۱]، هاله سیدعباسی[۲]، محمد احمدآبادی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی

۲- دانشجوی دکتری بیوتکنولوژی

۳- دکتری بیوتکنولوژی و هیت علمی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

*نویسنده مسئول: Fardinghanbarimaleki7929@gmail.com

چکیده

لاله واژگون (*Fritillaria imperialis*) گونه‌ای ارزشمند از خانواده سوسنیان است که به‌دلیل گل‌های زیبا و ترکیبات دارویی خود اهمیت دارد. این گیاه در زیستگاه‌های بومی‌اش (غرب آسیا، از جمله ایران) به‌دلیل چرای بی‌رویه و از بین رفتن زیستگاه‌ها در معرض خطر انقراض قرار گرفته است. تکثیر بذر این گونه به‌دلیل وجود خواب فیزیولوژیک قوی در بذرها، روندی کند و ناکارآمد است؛ بنابراین بهینه‌سازی روش جوانه‌زنی برای حفظ ذخایر ژنتیکی و تولید انبوه گیاه ضرورت دارد. یکی از عوامل مؤثر بر از بین بردن خواب بذر، هورمون گیاهی اسید جیبرلیک (GA3) است. در این پژوهش، بذرهای لاله واژگون پس از خیساندن ۲۴ ساعته در غلظت‌های مختلف GA3 (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و سرمادهی به مدت ۴ هفته، روی محیط کشت MS کشت شدند. درصد و میانگین زمان جوانه‌زنی طی چند هفته مشاهده شد. نتایج نشان داد که بیشینه درصد جوانه‌زنی (۹۰ درصد) در تیمارGA3 با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد، در حالی که بدون تیمار GA3 جوانه‌زنی به کمتر از ۱۰ درصد کاهش یافته بود. همچنین، میانگین زمان جوانه‌زنی با افزایش غلظت GA3 تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر کاهش معنی‌داری داشت. این یافته‌ها با گزارش‌های پیشین هم‌راستا است؛ به عنوان مثال، در مطالعه‌ای استفاده از ppm۵۰۰ اسید جیبرلیک قبل از سرمادهی هشت‌هفته‌ای درصد و سرعت جوانه‌زنی را به‌طور چشمگیری افزایش داده است به طور کلی، تیمار GA3 سبب القای سریع‌تر جوانه‌زنی و افزایش کارآیی تکثیر درون‌شیشه‌ای این گونه می‌شود. بر اساس این نتایج، استفاده از ترکیب خیساندن بذر در GA3 حدود ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر به همراه سرمادهی مطلوب می‌تواند شرایط ایده‌آل برای دستیابی به درصد و سرعت جوانه‌زنی بالای لاله واژگون فراهم سازد.

واژه‌های کلیدی: لاله واژگون (*Fritillaria imperialis*)، جوانه‌زنی بذر، اسید جیبرلیک (GA3)، سرمادهی، کشت بافت

مقدمه

لاله واژگون (*Fritillaria imperialis*) گیاهی پیازی و زینتی از تیره سوسنیان است که به‌خاطر گل‌آذینی برجسته و تراکم تاج گیاه، در باغ‌های زینتی جایگاه ویژه‌ای دارد. علاوه بر جنبه زینتی، پیاز این گونه حاوی ترکیبات استروئیدی غنی (مانند امپریالین و دیگر آلکالوئیدها) است که اثرات ضدسرفه، ضدالتهاب و ضدسرطانی از خود نشان داده‌اند (Rashid & Yaqoob, 2021). از این رو در طب سنتی نیز برای درمان بیماری‌های دستگاه تنفسی (نظیر آسم، برونشیت و سرفه خشک) کاربرد داشته است (Rashid & Yaqoob, 2021). متأسفانه، تخریب مراتع و چرای بی‌رویه دام سبب کاهش شدید جمعیت‌های طبیعی این گونه در ایران شده است (رحیمی، رحیمی، ۱۴۰۲). تکثیر طبیعی لاله

واژگون تنها از طریق تقسیم پیاز به‌کندی صورت می‌گیرد و پاسخگوی نیاز باغبانی و حفظ ذخایر ژنتیکی نیست؛ بنابراین کشت بافت گیاهی و روش‌های ریزازدیادی به‌عنوان راهبردی مؤثر برای تکثیر سریع این گونه نادر مطرح شده است. در کشت بافت، دسترسی به گیاهچه‌های اولیه از طریق جوانه‌زنی بذر و شکستن خواب فیزیولوژیک آنها اهمیت زیادی دارد. خواب بذر لاله واژگون معمولاً به سرمادهی (چینه‌بندی) و درمان‌های فیزیولوژیک نیاز دارد تا آنزیم‌های دخیل در گلوسیدهای ذخیره‌ای فعال شوند. هورمون گیاهی اسید جیبرلیک (GA3) با القای بیان ژن آنزیم‌های هیدرولیتیک مانند آلفا-آمیلاز، به آزادسازی قندها و اسیدهای آمینه منجر می‌شود و خواب بذر را می‌شکند. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که تیمار بذر با GA3 می‌تواند اثرات ضدجوانه‌زنی هورمون بازدارنده ABA را خنثی کرده و درصد جوانه‌زنی را به‌طرز چشمگیری افزایش دهد (Aghababnejad et al., 2017). به‌عنوان مثال، آغاباب‌نژاد و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که ۸ هفته سرمادهی به همراه تیمار با ۵۰۰ ppm GA3 قبل از سرمادهی، حداکثر درصد جوانه‌زنی لاله واژگون را به‌دست آورد. با توجه به اهمیت افزایش بهره‌وری جوانه‌زنی در فرآیند ریزازدیادی این گونه، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر غلظت‌های مختلف GA3 بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور لاله واژگون طراحی شد (Aghababnejad et al., 2017).

مواد و روش‌ها

تهیه بذر و تیمار GA3

بذر لاله واژگون اواخر خرداد ماه ۱۴۰۳ از مناطق روستای قره اوغلان شهرستان شاهیندژ آذربایجان غربی جمع‌آوری شدند. بذرها پیش از کشت، در غلظت‌های ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر GA3 (پس از ضدعفونی) به مدت۲۴ ساعت خیسانده شدند.

سرمادهی

پس از خیساندن، بذرها به مدت ۴ هفته در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند.

ضد عفونی

بذور بعد از شست و شو با آب و صابون و قرار دادن زیر آب جاری به مدت ۱۰ دقیقه؛ با محلول ۵ درصد هیپوکلریت سدیم به مدت ۵ دقیقه و الکل ۷۰ درصد به مدت ۱ دقیقه استریل شدند(پس از هر بار استریل سه مرتبه با آب مقطر استریل شست و شو انجام شد).

کشت اولیه

بذرها روی محیط کشت یک دوم MS (Murashige & Skoog, 1962) قرار گرفتند و تحت شرایط نوری و دمای کنترل شده کشت داده شدند. درصد جوانه‌زنی و زمان متوسط ظهور جوانه‌ها ثبت گردید.

کشت بذر

بذرها روی محیط کشت یک دوم MS قرار گرفتند و تحت شرایط نوری و دمای کنترل شده کشت داده شدند. درصد جوانه زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی مطابق جدول زیر ثبت گردید.

نتایج و بحث

تأثیر غلظت GA3 بر جوانه‌زنی بذور لاله واژگون به‌طور واضحی مشاهده شد. در تیمار شاهد بدون GA3 درصد جوانه‌زنی بسیار پایین (حدود ۱۰٪) بود، در حالی که با افزایش GA3 تا ۳۰۰ mg/L، درصد جوانه‌زنی به حداکثر ~۹۰٪ رسید. به‌طور مشخص، تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ mg/L موجب جوانه‌زنی ۴۰–۶۰٪ شدند و پس از آن در ۳۰۰ mg/L به ۹۰٪ افزایش یافت در غلظت‌های بالاتر ۴۰۰ و ۵۰۰(mg/L) درصد جوانه‌زنی کمی کاهش یافت (۸۰-۸۵٪). این الگوی افزایش-کاهش جزئی در غلظت بالا، شبیه نتایج گزارش‌شده در گونه‌های دیگر است.

جدول ۱. درصد جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی بر حسب روز در غلظت‌های متفاوت هورمون جیبرلین

GA3(mg/l)	درصد جوانه زنی ± درصد خطا	میانگین زمان جوانه زنی(روز)
۰	۵±۱۰	>۹۰
۱۰۰	۸±۴۰	۹۰
۲۰۰	۷±۶۰	۹۰
۳۰۰	۵±۹۰	۸۵
۴۰۰	۶±۸۵	۶۵
۵۰۰	۷±۸۰	۷۲

تحلیل آماری تأثیر تیمارهای GA3 بر جوانه‌زنی بذور

درصد جوانه‌زنی

برای مقایسه درصد جوانه‌زنی بین شش غلظت ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ GA3 (mg/L)، از آزمون واریانس یک‌طرفه (ANOVA) استفاده شد. نتایج نشان داد که اختلاف میانگین درصد جوانه‌زنی بین تیمارها معنی‌دار است ($F(5,12)\approx69.98$, $p<0.001$).

با انجام آزمون‌های مقایسه‌های چندگانه (آزمون توکی)، مشخص شد که تیمار کنترل (بدون GA3) و تیمار ۱۰۰ mg/L هر کدام به طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای بالاتر (۶۰٪–۹۰) جوانه‌زنی دارند. به‌عبارت دیگر، درصد جوانه‌زنی در غلظت‌های ۲۰۰–۵۰۰ mg/L بطور قابل توجهی بیشتر از ۰ و ۱۰۰ mg/L بود ($p<0.05$).

در بین تیمارهای غلظت‌های بالا (۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ mg/L)، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (همگی درصد بالایی حدود ۸۰–۹۰٪ داشتند و از نظر آماری با یکدیگر تفاوت نداشتند).

میانگین زمان جوانه‌زنی

همچنین ANOVA یک‌طرفه روی میانگین زمان لازم برای ظهور جوانه (روز) تفاوت معنی‌داری بین تیمارها نشان داد ($F(4,10)\approx17.66$, $p\approx0.00016$).

آزمون توکی مشخص کرد که میانگین زمان جوانه‌زنی در غلظت‌های بالاتر GA3 (۴۰۰ و ۵۰۰ mg/L) به طور معنی‌داری کمتر (سریع‌تر) از غلظت‌های پایین (۱۰۰–۳۰۰ mg/L) بود ($p<0.05$). به‌عبارت دیگر، افزودن GA3 به ۴۰۰–۵۰۰ mg/L موجب جوانه‌زنی سریع‌تر بذور شد.

بین تیمارهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ mg/L اختلاف آماری معناداری در زمان جوانه‌زنی وجود نداشت (همگی حدود ۸۵–۹۰ روز). همچنین تفاوت بین ۴۰۰ و ۵۰۰ mg/L معنادار نبود (۷۲ در مقابل ۶۵ روز، $p>0.05$).

نتایج آزمون آماری بر اساس داده‌های جدول ارائه‌شده و تحلیل ANOVA و آزمون توکی با نرم‌افزار آماری SPSS به‌دست آمده است.

به عنوان مثال، در مطالعه آغابابنژاد و همکاران مشاهده شد که تیمار با ۵۰۰ ppm GA3 قبل از سرمادهی، به‌طور معنی‌داری عملکرد جوانه‌زنی را بهبود می‌بخشد (Aghababnejad et al., 2017). همچنین میانگین زمان جوانه‌زنی (تعداد روز لازم تا ظهور جوانه) با افزایش غلظت GA3 تا ۳۰۰ mg/L کاهش یافته و نشان‌دهنده تسریع ظهور جوانه‌ها بود. این یافته‌ها حاکی از آن است که GA3 با فعال‌سازی آنزیم‌های تبدیل‌کننده ذخایر غذایی بذر (مانند آلفا-آمیلاز) و کاهش اثرات بازدارنده خواب، باعث تسهیل جوانه‌زنی می‌شود. در آثار پیشین نیز چنین مکانیسمی برای GA3 ذکر شده که افزایش GA3 موجب افزایش فعالیت‌های متابولیک و آزادسازی انرژی لازم برای رشد رویشی اولیه می‌شود (Aghababnejad et al., 2017).

در نهایت، یافته‌های این مطالعه نشان داد که بهینه‌ترین شرایط برای جوانه‌زنی بذور لاله واژگون شامل خیساندن در محلول اسید جیبرلیک به غلظت حدود ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر همراه با سرمادهی مناسب است تا بالاترین درصد جوانه‌زنی با کمترین زمان مشاهده شود. این نتایج می‌تواند در فرایند کشت بافت و تولید گیاهچه‌های لاله واژگون درون‌شیشه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. برای کاربرد در شرایط تجاری یا تحقیقاتی، توصیه می‌شود تیمارهای GA3 در غلظت‌های میانی و با زمان خیساندن متغیر بررسی شوند و نیز پارامترهای محیطی نظیر دوره نوری، اجزای محیط کشت و ترکیب سایر تنظیم‌کننده‌های رشد (به‌ویژه ترکیبات سیتوکینین-اکسین) به‌طور سیستماتیک مطالعه شوند تا روش جامع‌تری برای تکثیر درون‌شیشه‌ای این گونه ارزشمند به‌دست آید.

منابع

رحیمی، م.، رحیمی، م. (۱۴۰۲). جوانه زنی بذر Fritillaria imperialis L. در شرایط درون شیشه‌ای دومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری‌سازی https://civilica.com/doc/2007186

Aghababnejad, Z., Abbasi Surki, A., & Tahmasebi, P. (2017). Studying interaction of Moist-Chilling and gibberellic acid on germination of Fritillaria imperialis. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 6(2), 257-266.

Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum, 15(3).

Rashid, I., & Yaqoob, U. (2021). Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of genus Fritillaria—A review. Bulletin of the National Research Centre, 45(1), 124.

Effect of Gibberellic Acid (GA3) on Seed Germination of Crown Imperial (Fritillaria imperialis)

Ferdin Ghanbari Maleki[1], Haleh SeyedAbasi[2], Mohammad Ahmadabadi[3]
1. M.Sc. Candidate in Biotechnology
2. Ph.D. Candidate in Biotechnology
3. Ph.D. in Biotechnology and Faculty Member, Shahid Madani University of Azerbaijan
*Corresponding author: Fardinghanbarimaleki7929@gmail.com

Abstract

Crown imperial (*Fritillaria imperialis*) is a valuable species in the Liliaceae family, prized both for its ornamental flowers and its medicinal compounds. In its native habitats across Western Asia, including Iran, overgrazing and habitat destruction have placed this species at risk of extinction. Conventional seed propagation is slow and inefficient due to a strong physiological dormancy inherent in the seeds. Therefore, optimizing germination protocols is essential for preserving genetic resources and enabling mass propagation. Gibberellic acid (GA3) is known to alleviate seed dormancy. In this study, seeds were presoaked for 24 hours in GA solutions at concentrations of 0 (control), 100, 200, 300, 400, and 500mgL^{1}, then subjected to cold stratification for four weeks before being cultured on Murashige and Skoog (MS) medium. Germination percentage and mean germination time were recorded weekly. The highest germination rate (90 %) was achieved with 300 mgL^{1} GA3, whereas the untreated control exhibited less than 10% germination. Mean germination time decreased significantly as GA3 concentration increased up to 300 mgL^{1}. These results are consistent with previous reports; for example, one study showed that a 500ppm GA3 pretreatment prior to eight weeks of stratification markedly enhanced both germination percentage and speed. Overall, GA3 treatment promotes more rapid germination and improves the efficiency of in vitro propagation of this species. Based on our findings, seed presoaking in approximately 300mgL^{1} GA3 combined with cold stratification provides optimal conditions for achieving high germination rates and rapid seedling emergence in crown imperial.

Keywords: Crown imperial (*Fritillaria imperialis*), seed germination, gibberellic acid (GA3), cold stratification, tissue culture.

تاثیر نانواکسید آهن بر کالوس‌زایی گیاه پروانش

ناصر زارع*[۱]، رقیه حضرتی[۱]

۱- گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

*نویسنده مسئول: zarenasser@gmai.com; nzare@uma.ac.ir

چکیده

گیاه پروانش یکی از گیاهان دارویی مهم است که دو آلکالوئید بسیار مهم وین‌بلاستین و وین‌کریستین در درمان سرطان را تولید می‌کند و به این دلیل بسیار مورد توجه انسان بوده است. این آلکالوئیدها از نظر علمی و تجاری ارزش زیادی دارند اما میزان آن‌ها در گیاه کم است. استخراج این متابولیت‌های ثانویه از کالوس یا کشت سلولی درون‌شیشه‌ای یک راهکار مناسب برای تهیه متابولیت‌های ثانویه است. هدف از انجام این آزمایش بررسی تاثیر نانواکسید آهن بر کالوس‌زایی گیاه پروانش است. در این آزمایش ریزنمونه‌های برگی در محیط کشت MS حاوی یک میلی‌گرم در لیتر 2,4-D و ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر BAP همراه با غلظت‌های مختلف نانواکسید آهن (۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم در لیتر) کشت شده و پس از رشد کالوس‌ها صفات مورفولوژی و بیوشیمیایی آن‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بیشترین درصد کالوس‌زایی در محیط کشت حاوی ۴۵ میلی‌گرم در لیتر نانواکسید آهن مشاهده شد. بیشترین میزان مالون دی آلدئید، فنل و فلاونوئید در تیمار با غلظت ۴۵ میلی‌گرم در لیتر نانواکسید آهن مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات فنلی، کالوس، کشت بافت، نانوذرات

مقدمه

گیاه پروانش با نام علمی *Catharanthus roseus* از خانواده Apocynaceae است. پروانش گیاهی دولپه، همیشه سبز و چندساله است. گیاه *C. roseus* معمولاً به‌عنوان گیاه دارویی و همچنین گیاه زینتی در باغ‌ها، پارک‌ها، مزارع و برای زیباسازی مکان‌های چشم‌انداز کشت می‌شود. تا به امروز حدود ۱۳۰ نوع آلکالوئید از این گیاه جداسازی شده است؛ ولی میزان آن‌ها بسیار کم است؛ اما تمام بخش‌های گیاه دارای آلکالوئید هستند حتی دانه گیاه نیز دارای مقداری آلکالوئید است. از طریق علم مهندسی ژنتیک و فرایند کشت بافت تلاش‌هایی مبنی بر افزایش این آلکالوئیدها صورت‌گرفته است. عموماً به‌منظور افزایش میزان تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی از روش کشت بافت استفاده می‌کنند. امروزه فناوری نانو در سطح وسیعی برای مطالعات گسترده مورد توجه محققان قرار گرفته است. نانوذرات به دلیل داشتن ویژگی منحصر به فردشان ورود گسترده‌ای در علوم کشاورزی و بیوتکنولوژی داشته‌اند. تمامی‌نانوذرات به علت داشتن اندازه بسیار کوچک می‌توانند به راحتی توسط سلول‌های گیاهی جذب و وارد بافت‌های گیاه شوند. ذرات آهن در مقیاس نانو به دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی منحصربه‌فردشان توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. بررسی نانوذرات آهن و اکسید آهن در علوم زیستی و مواد اخیرا به دلیل خواص شیمیایی و فیزیکی مختلف آن‌ها رونق گرفته است. آن‌ها کاربردهای بالقوه متعددی از جمله سیال مغناطیسی، میکرو دستگاه مغناطیسی، MRI، هایپرترمی مغناطیسی، تصفیه آب و داورسانی را نشان می‌دهند. نانوذرات آهن تثبیت شده با ظرفیت‌های احیاء و جذب خوب، به طور گسترده‌ای در اصلاح محیط استفاده می‌شوند (Xu et al, 2022). Aazami و همکاران (2021) تأثیر نانوذرات روی

و آهن را بر القای کالوس و باززایی گیاه گوجه‌فرنگی تحت تنش شوری بررسی کردند و بیان کردند که نانوذرات اکسید آهن درصد القاء کالوس و نانوذرات اکسید روی میزان باززایی ریزنمونه‌ها را با کاهش فشار اسمزی محیط، به طور معنی‌داری افزایش دادند. Sardar و همکاران (2023) با بررسی تأثیر نانوذرات اکسید آهن بر کالوس‌زایی گیاه *Bergenia ciliata* بیان کردند که نانواکسیدهای آهن محتویات فیتوشیمیایی را افزایش دادند و محتویات آب و وزن تازه و خشک کالوس را بهبود بخشید. کالوس‌زایی با نانوذرات اکسید آهن ۹۰ میکروگرم بر لیتر باعث افزایش ۱۶ درصدی رطوبت کالوس شد. تحقیق حاضر به‌منظور بررسی تأثیر نانواکسید آهن بر کالوس زایی گیاه پروانش انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

در این پژوهش ریزنمونه‌های برگی از گیاه کامل پروانش رشد کرده در شرایط گلخانه تهیه شد.

ضدعفونی و تهیه ریزنمونه

ابتدا برگ‌های جوان به همراه دمبرگ از ساقه گیاه جدا شد و به طور متوالی به مدت ۱۰ دقیقه زیر آب شستشو داده شد. ریزنمونه‌ها با هیپوکلریت سدیم ۲/۵٪ به مدت ۳۰ دقیقه ضدعفونی شدند سپس یک بار با آب دیونیزه اتوکلاو شده آبکشی و بعد با اتانول ۷۰٪ به‌مدت ۱/۵ تا ۲ دقیقه ضدعفونی شدند. در نهایت پس از ۳ بار آبشویی هر کدام به مدت ۵ دقیقه با آب دیونیزه اتوکلاو شده، روی کاغذ صافی اتوکلاو شده قرار گرفتند تا خشک شوند. سپس ریزنمونه‌ها به قطعات کوچک برش داده شدند و روی محیط کشت MS کشت شدند و در دمای ۲۴ درجه‌ی سانتی‌گراد تحت شرایط تاریکی قرار داده شدند.

ارزیابی تاثیر غلظت نانواکسید آهن بر کالوس‌زایی

برای تعیین غلظت مناسب نانواکسید بر کالوس‌زایی، از محیط کشت MS به‌عنوان محیط پایه و حاوی یک میلی‌گرم در لیتر 2.4-D و ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر BAP استفاده شد. محیط کشت‌ها حاوی غلظت‌های متفاوتی از نانواکسید آهن (۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم در لیتر) بودند و ریزنمونه‌های برگی بعد از ضدعفونی در این محیط‌ها کشت شدند. بعد از ۱۰ تا ۱۴ روز پس از کشت ریزنمونه‌ها، کالوس‌زایی شروع شد و پس از گذشت ۴۵ روز کالوس‌ها برداشت شدند و صفات مورد نظر مورد ارزیابی قرار گرفت.

سنجش میزان مالون دی آلدئید

برای اندازه‌گیری میزان مالون دی‌آلدئید از روش زارع و حضرتی (Zare and Hazrati, 2025) استفاده شد. بدین ترتیب که به ۰/۱ گرم از نمونه پودر شده، ۱/۵ میلی‌لیتر محلول تری‌کلرواستیک اسید یک درصد اضافه و با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد و محلول رویی برداشته شد. برای تهیه محلول واکنش، ابتدا محلول ۲۰٪ تری‌کلرواستیک‌اسید تهیه شد و سپس تیوباربیتوریک اسید ۰/۵٪ در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به آن اضافه و حل شد. ۷۵۰ میلی‌لیتر از عصاره سلولی را به میکروتیوب‌های ۲ میلی‌لیتری منتقل کرده و ۱/۵ میلی‌لیتر از محلول واکنش به آن اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه در بن ماری دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. بلافاصله نمونه در یخ به‌مدت ۵ دقیقه قرار داده شد. سپس ۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و با

۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و مایع رویی برداشت شد. میزان جذب مایع رویی در دو طول موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر قرائت گردید.

اندازه‌گیری میزان ترکیبات فنلی

محتوای ترکیبات فنلی کل با استفاده از معرف FolinCiocalteu طبق روش الفارسی و همکاران (Al-Farsi et al., 2005) اندازه‌گیری شد. به‌طور خلاصه، سه میلی‌لیتر از معرف رقیق‌شده (۱۰:۱) به ۴۰۰ میکرولیتر عصاره سلولی اضافه شد و به‌مدت پنج دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در بن‌ماری نگهداری شد. سپس سه میلی‌لیتر محلول بی-کربنات سدیم (۷٪) به نمونه‌ها اضافه شد و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در بن‌ماری به‌مدت ۹۰ دقیقه انکوبه شد. جذب نمونه در ۷۶۰ نانومتر ثبت شد.

اندازه‌گیری میزان فلانوئید

فلاونوئید کل نمونه‌ها با توجه به روش توصیف شده توسط کومار و را (Kumari and Ra, 2017) اندازه‌گیری شد. به‌طور خلاصه، ۲۵۰ میکرولیتر محلول کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد و ۲۵۰ میکرولیتر استات پتاسیم (یک مولار) به یک میلی‌لیتر از عصاره‌های گیاهی اضافه شد و جذب آن‌ها در طول موج ۴۱۵ نانومتر ثبت شد.

آنالیز داده‌ها

محاسبات آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت. نمودارها نیز توسط نرم‌افزار Excel office Microsoft 2016 رسم گردید.

نتایج و بحث

تاثیر نانواکسید آهن بر کالوس‌زایی و رشد کالوس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که بین تیمارهای نانواکسید آهن از نظر وزن تر کالوس در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین (شکل ۱) کالوس‌زایی در همه تیمارها رخ داد اما کالوس‌ها از نظر وزن و بافت باهم متفاوت بودند. بیشترین وزن‌تر کالوس (۰/۴۸ و ۰/۴۶گرم) در تیمار نانواکسید آهن با غلظت ۴۵ میلی‌گرم در لیتر و ۳۰ میلی‌گررم در لیتر و کمترین وزن تر کالوس در تیمار شاهد مشاهده شد.

فعالیت مالون دی آلدئید

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که بین غلظت‌های مختلف نانواکسید آهن در مقدار مالون دی آلدئید در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین (شکل ۱) نشان داد که غلظت ۴۵ میلی‌گرم در لیتر نانواکسید آهن بیشترین میزان مالون دی آلدئید را دارد و نمونه شاهد کمترین میزان مالون دی آلدئید را دارد.

فنل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که بین غلظت‌های مختلف نانواکسید آهن در مقدار فنل در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین (شکل ۱) نشان داد که غلظت ۴۵ میلی‌گرم در لیتر نانواکسید آهن بیشترین میزان فنل را دارد و نمونه شاهد کمترین میزان فنل را دارد.

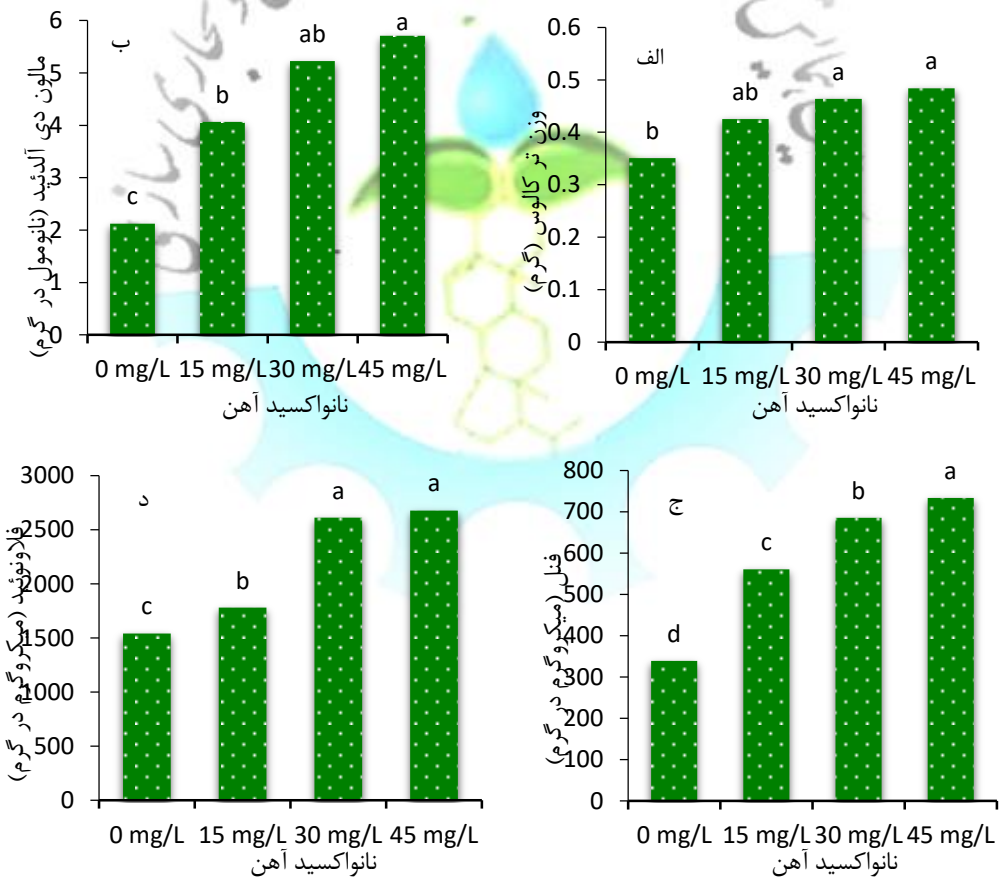
جدول ۱. تجزیه واریانس وزن تر کالوس پروانش تحت تاثیر تیمار نانواکسید آهن در غلظت‌های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن تر کالوس	فنل	فلاونوئید	مالون دی آلدئید
تیمار	۳	۰/۰۱۰*	۹۲۹۵۳/۸۲۵**	۹۹۹۳۴۷/۴۴۲**	۷/۶۱۲**
خطا	۸	۰/۰۰۳	۴۵۴/۸۱۶	۱۰۶۲۷/۳۶۲	۰/۴۵۷
ضریب تغییرات (٪)		۱۲/۷۱	۳/۶۸	۴/۷۸	۱۵/۷۸

** و * معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

فلاونوئید

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که بین غلظت‌های مختلف نانواکسید آهن در مقدار فلاونوئید در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین (شکل ۱) نشان داد که غلظت ۴۵ و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر نانواکسید آهن بیشترین میزان فلاونوئید را دارد و نمونه شاهد کمترین میزان فلاونوئید را دارد.



شکل ۱. تاثیر غلظت‌های مختلف نانواکسید آهن بر وزن تر کالوس (الف)، میزان مالون دی آلدئید (ب)، فنل (ج) و فلاونوئید (د) در کالوس پروانش

تحقیقات بسیاری در رابطه با تاثیر نانوذرات بر کالوس‌زایی گیاه و صفات مورفولوژی و فیزیولوژی آن‌ها صورت گرفته است. در این تحقیق کاربرد نانواکسید آهن منجر به افزایش وابسته به دوز وزن کالوس و ترکیبات فنولی شد. با افزایش مقدار MDA با افزایش غلظت نانوذرات از ۱۵ به ۴۵ میلی‌گرم در لیتر مشخص شد که اثر نانواکسید آهن بر سلول‌ها وابسته به غلظت است. ترکیبات فنولی مانع از تشکیل سمومی مانند مالون دی آلدئید می‌شوند. آلدئیدهایی مانند مالون دی آلدئید تحت تأثیر واکنش پروکسیداسیون لیپید و انواع اکسیژن‌های فعال به وجود می‌آیند و بر روی پیوند رادیکال‌های اکسیژن بر لیپیدها تأثیر می‌گذارند و در نتیجه‌ی آن باعث تخریب اسیدهای چرب می‌شوند. در پژوهش Sardar (۲۰۲۳) نشان داده شد نانوذرات اکسید آهن سبب تحریک تولید آنتی اکسیدان‌ها و متابولیت‌ها در کشت کالوس گیاه *Bergenia ciliate* شدند. در مطالعه‌ای گزارش شده است که نانوذرات اکسید آهن می‌توانند به‌عنوان محرک‌های موثر برای افزایش تولید اسکوپولامین و هیوسیامین در ریشه مویین *Hyoscyamus reticulatus* استفاده شوند. مطالعه دیگری نیز نقش قابل توجه نانوذرات آهن را در افزایش مقادیر هیپریسین و هیپرفورین در کشت سوسپانسیون سلولی *Hypericum perforatum* گزارش کرد.

منابع

Aazami, M. A., Rasouli, F. and Ebrahimzadeh. (2021). Oxidative damage, antioxidant mechanism and gene expression in tomato responding to salinity stress under in vitro conditions and application of iron and zinc oxide nanoparticles on callus induction and plant regeneration. *BMC Plant Biology*, 21, 597.

Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M., and Shahidi, F. (2005). Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(19), 7592-7599.

Kumari, A., and Ra, S. (2017). Evaluation of total phenolic, flavonoid content, and dpph free radical scavenging activity of methanolic extract of ailanthus excelsa roxb. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 10, 8-11.

Sardar, T., Ishtiaq, M., Mazhar, M. W., Maqbool, M., Moussa, I. M. (2023). Methyl jasmonate and iron oxide nanoparticles act as elicitors to stimulate production of bioactive antioxidants and metabolites in the *in vitro* callus cultures of *Bergenia ciliata* (haw.) Sternb. *South African Journal of Botany*, 162, 201-210.

Xu, W., Yang, T., Liu, S., Du, L., Chen, Q., Li, X., and Tan, X. (2022). Insights into the Synthesis, types and application of iron Nanoparticles: The overlooked significance of environmental effects. *Environment International*, 158, 106980.

Zare, N., and Hazrati, R. (2025). Seasonal Changes in Secondary Metabolites and Antioxidant Activity of *Corylus avellana*. International Journal of Horticultural Science and Technology, 12(4), 435-444.

The effect of iron oxide nanoparticles on callus induction of Periwinkle

Nasser Zare*[1], Roghayyeh Hazrati[1]
Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
*Corresponding Author: zarenasser@gmail.com; nzare@uma.ac.ir

Abstract

Periwinkle is one of the important medicinal plants. This plant produces two very important alkaloids, vinblastine and vincristine, which are important alkaloids in the treatment of cancer, and for this reason, it has been of great interest to humans. These alkaloids are scientifically and commercially valuable, but their amount in the plant is low. The production of these secondary metabolites from callus or *in vitro* cell culture is a suitable strategy for the preparation of secondary metabolites. The purpose of this study is to investigate the effect of iron nanooxide on the callus formation of Periwinkle. In this experiment, the leaf explant of Periwinkle was cultured in MS medium containing 1 mg/L 2,4-D and 0.5 mg/L BAP along with different concentrations of iron oxide nanoparticles (15, 30 and 45 mg/L) and After calluses grow, their morphological and biochemical characteristics were measured. The results showed that the highest percentage of callus formation was observed in MS medium containing 45 mg/L of iron nanooxide. The highest amount of malondialdehyde, phenolic and flavonoid secondary metabolites in the treatment with a concentration of 45 mg/L iron nanooxide.

Keywords: Callus, Nanoparticles, Phenolic compounds, Tissue culture

آنالیز داکینگ مولکولی کوئرسیترین در برابر SRC کیناز در درمان سرطان کبد

طوبی عبدی‌زاده*

مرکز تحقیقات بیوشیمی بالینی، پژوهشکده علوم پایه سلامت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد،ایران

*نویسنده مسئول: t.abdizadeh@gmail.com

چکیده

سرطان کبد یکی از شایع‌ترین انواع سرطان‌ها در سراسر جهان است که با میزان مرگ و میر بالا و گزینه‌های درمانی محدود مشخص می‌شود. SRC کیناز نقش مهمی در متاستاز سرطان ایفا می‌کند و قطع SRC و سیگنالینگ آن می‌تواند یک استراتژی امیدوارکننده برای درمان متاستاز سرطان در نظر گرفته شود. کوئرسیترین یک فلاونوئید طبیعی است و خواص ضد سرطانی از خود نشان می‌دهد. این مطالعه با هدف شناسایی کوئرسیترین به‌عنوان یک مهارکننده SRC کیناز برای درمان سرطان کبد انجام شد. ساختار سه‌بعدی کوئرسیترین از PubChem به دست آمد و با استفاده از نرم‌افزار Chimera بهینه‌سازی شد. ساختار پروتئین SRC کیناز از بانک داده‌های پروتئین (PDB: 4K11) بازیابی شد و داکینگ مولکولی کوئرسیترین با استفاده از Autodock و با یک داروی سرطان کبد (دوکسوروبیسین) که به صورت بالینی استفاده می‌شود، برای اعتبارسنجی انجام شد. نتایج داکینگ مولکولی نشان داد که کوئرسیترین میل ترکیبی بالایی مشابه با داروی مرجع نشان می‌دهد. این یافته‌ها پتانسیل کوئرسیترین را به‌عنوان یک ترکیب امیدوارکننده برای مهار هدفمند SRC کیناز در درمان سرطان کبد نشان داد.

واژه‌های کلیدی: داکینگ مولکولی، سرطان کبد، کوئرسیترین، SRC کیناز

مقدمه

سرطان کبد، شایع‌ترین علت مرگ و میر ناشی از سرطان در سراسر جهان و یکی از پنج سرطان کشنده است که درصد وقوع آن سالانه افزایش می‌یابد. کشورهای در حال توسعه شیوع بیشتری از بیماری‌های کبدی را دارند. عوامل خطر شامل ویروس هپاتیت B، ویروس هپاتیت C، بیماری کبد چرب، سیروز مرتبط با الکل، سیگار کشیدن، چاقی، دیابت، اضافه بار آهن و مواجهه با مواد غذایی مختلف می‌باشد. داروهای مورد استفاده برای درمان سرطان کبد شامل سیس پلاتین، فلوئوروراوراسیل، دوکسوروبیسین و جمسیتابین می‌باشد. با این حال، اثربخشی آنها به دلیل مقاومت دارویی و عوارض جانبی متعدد، با مشکل مواجه است (Guo et al, 2024). در نتیجه، نیاز مبرمی به توسعه داروهای ضد سرطان وجود دارد که مقرون به صرفه‌تر، ایمن‌تر و مؤثرتر باشند تا محدودیت‌های روش‌های درمانی و داروهای فعلی را برطرف کنند.

کوئرسیترین نوعی فلاونوئید طبیعی است که معمولاً به‌عنوان ماده غذایی و مکمل غذایی استفاده می‌شود. تاکنون طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های زیستی کوئرسیترین، از جمله اثرآنتی‌اکسیدانی، ضد التهاب، ضد میکروبی و ضد سرطان مورد مطالعه قرار گرفته است (Chen et al, 2022).

SRC کیناز نقش مهمی در متاستاز سرطان ایفا می‌کند و قطع SRC و سیگنالینگ آن می‌تواند یک استراتژی امیدوارکننده برای درمان متاستاز سرطان در نظر گرفته شود (Siregar et al, 2025). بنابراین، مطالعه حاضر با هدف

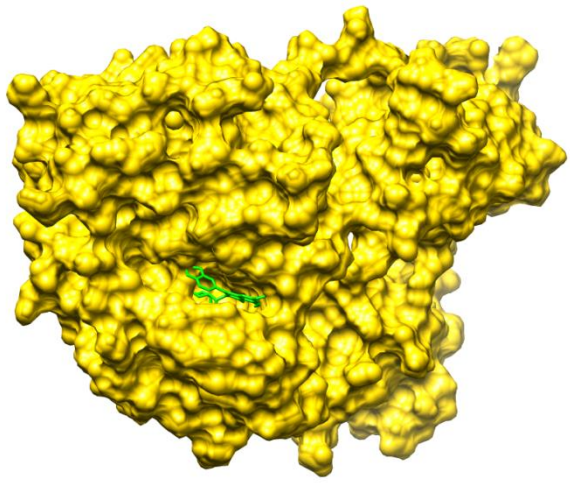
بررسی اثر کوئرسیترین در مهار آنزیم SRC به روش داکینگ مولکولی طراحی شده است. استفاده از این تکنیک می‌تواند اطلاعات مفیدی درباره نحوه اتصال، نوع برهم‌کنش‌ها و انرژی اتصال میان ترکیب مورد مطالعه و جایگاه فعال آنزیم فراهم کند و زمینه‌ساز مطالعات آزمایشگاهی آینده باشد.

مواد و روش‌ها

ساختار سه‌بعدی کوئرسیترین و دوکسوروبیسین (ترکیب مرجع) از پایگاه PubChem با کد CID:5280459 و CID: 31703 دریافت شد و با نرم‌افزار Chimera بهینه شدند. ساختار آنزیم SRC نیز از پایگاه PDB با کد PDB: 4K11 دریافت گردید. داکینگ مولکولی آنزیم و لیگاندها توسط نرم‌افزار Autodock انجام شد Binding Affinity بهترین مود ترکیبات ثبت و بررسی شد.

نتایج و بحث

نتایج داکینگ مولکولی نشان داد کوئرسیترین مشابه دوکسوروبیسین تمایل اتصال خوبی به آنزیم SRC کیناز با انرژی ۸/۶۳- kcal/mol دارد. بررسی برهم‌کنش‌های بین لیگاند و پروتئین بیانگر اتصال پایدار لیگاندها با آمینواسیدهای جایگاه فعال پروتئین بود. کوئرسیترین با آمینواسید Asp۴۰۴ پیوند هیدروژنی و با آمینواسیدهای Leu۲۷۳، Leu۳۹۳ و Ala۲۹۳ برهمکنش هیدروفوبی برقرار می‌کند (شکل ۱).



شکل ۱. نمایش سه‌بعدی برهمکنش کوئرسیترین و آنزیم SRC کیناز

نتیجه‌گیری

این یافته‌ها پتانسیل کوئرسیترین را به‌عنوان یک ترکیب امیدوارکننده برای مهار هدفمند SRC کیناز در درمان سرطان کبد نشان می‌دهد. کوئرسیترین توانایی برهمکنش مؤثر و پایدار در جایگاه فعال آنزیم SRC کیناز را دارا می‌باشد. در حالی که در سرطان کبد، مشخص است که فعالیت‌های اساسی سلول‌ها ظاهراً توسط SRC مختل می‌شود، بنابراین، کوئرسیترین می‌تواند به‌عنوان یک کاندید در طراحی مهارکننده‌های این آنزیم با منشأ گیاهی با انجام مطالعات *in vitro* و *in vivo* در نظر گرفته شود.

منابع

Guo, J., Yan, W., Duan, H., Wang, D., Zhou, Y., Feng, D., Zheng, Y., Zhou, S., Liu, G., and Qin, X. (2024). Therapeutic effects of natural products on liver cancer and their potential mechanisms. *Nutrients*, *16*, 1642.

Chen, J., Li, G., Sun, C., Peng, F., Yu, L., Chen, Y., Tan, Y., Cao, X., Tang, Y., Xie, X., and Peng, C. (2022). Chemistry, pharmacokinetics, pharmacological activities, and toxicity of Quercitrin. *Phytotherapy Research*, *36*, 1545-75.

Siregar, K.A., Syaifie, P.H., Jauhar, M.M., Arda, A.G., Rochman, N.T., Kustiawan, P.M., and Mardliyati, E. (2025). Revealing curcumin therapeutic targets on SRC, PPARG, MAPK8 and HSP90 as liver cirrhosis therapy based on comprehensive bioinformatic study. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, *43*, 3172-89.

Molecular Docking Analysis of quercitrin against Src kinase in the liver cancer treatment

Tooba Abdizadeh*
Clinical Biochemistry Research Center, Basic Health Sciences Institute, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
*Corresponding Author:t.abdizadeh@gmail.com

Abstract

Liver cancer is one of the most common types of cancer worldwide, characterized by high mortality rates and limited therapeutic options. Src Kinase plays a crucial role in cancer metastasis, and the interruption of Src and its signaling can be considered a promising strategy for treating cancer metastasis. Quercitrin is a naturally flavonoid, and it exhibits anti-cancer properties. This study aimed to identify quercitrin as a SRC kinase inhibitor for liver cancer treatment. The 3D structure of quercitrin was obtained from PubChem and optimized using Chimera software. The SRC kinase protein structure was retrieved from the Protein Data Bank (PDB: 4K11), and the molecular docking of quercitrin was conducted using Autodock, with one clinically (Doxorubicin) used liver cancer drug for validation. The results of molecular docking showed that quercitrin exhibited high binding affinity comparable to the reference drug. These findings revealed the potential of quercitrin as a promising compound for targeted inhibition of SRC kinase in liver cancer therapy.

Keyword: Liver cancer, Quercitrin, Src kinase, Molecular docking

کاربرد ترکیبات ضدمیکروبی گیاهان دارویی در مهار قارچ‌های فسادزا در زنجیره نگهداری مواد غذایی

امیرمحمد وطن‌دوست*
دانشجوی کارشناسی بهداشت مواد غذایی، دانشگاه آزاد علوم پزشکی تبریز
*نویسنده مسئول: reza1400ezrail@gmail.com

چکیده

قارچ‌های فسادزا عامل اصلی تخریب مواد غذایی و تولید مایکوتوکسین‌ها هستند که منجر به زیان‌های اقتصادی قابل توجه و خطرات بهداشتی برای انسان می‌شوند با توجه به افزایش مقاومت میکروبی به آنتی‌بیوتیک‌ها و نگرانی‌های مصرف‌کنندگان در مورد نگه‌دارنده‌های شیمیایی، ترکیبات ضدمیکروبی مشتق شده از گیاهان دارویی به عنوان جایگزین‌های طبیعی و ایمن (GRAS) مطرح شده‌اند. این ترکیبات زیست‌فعال که شامل فنول‌ها، فلاونوئیدها، تانن‌ها، ترپن‌ها، ساپونین‌ها، آلکالوئیدها و ترکیبات گوگرددار هستند، پتانسیل بالایی در مهار رشد قارچ‌های مولد فساد مانند *Aspergillus niger*، *Penicillium digitatum* و *Rhodotorula mucilaginosa* و همچنین کاهش بار میکروبی در محصولات غذایی مانند میوه و آبمیوه نشان داده‌اند. مکانیسم‌های ضدمیکروبی این ترکیبات متنوع بوده و شامل اختلال در دیواره و غشای سلولی، مهار فعالیت آنزیم‌ها و مسیرهای بیوسنتزی مایکوتوکسین‌ها می‌شود. این مقاله مروری بر کاربرد ترکیبات ضدمیکروبی گیاهان دارویی در کنترل قارچ‌های فسادزا در زنجیره نگهداری مواد غذایی تمرکز دارد و راهبردی طبیعی و موثر برای افزایش ایمنی و ماندگاری مواد غذایی ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: قارچ‌های فسادزا، گیاهان دارویی، ترکیبات ضدمیکروبی طبیعی، مایکوتوکسین‌ها

مقدمه

فساد مواد غذایی، به‌ویژه توسط قارچ‌ها مانند کپک‌ها و مخمرها، یک مشکل جدی جهانی است که تقریباً یک سوم غذای تولید شده را به هدر می‌دهد و امنیت غذایی را به خطر می‌اندازد (Mitsagga et al., 2021). برخی از این قارچ‌ها، نظیر *Aspergillus* و *Penicillium*، قادر به تولید مایکوتوکسین‌های سمی مانند آفلاتوکسین و اکراتوکسین A هستند که حتی پس از فرآوری نیز باقی مانده و برای سلامت انسان و حیوان خطرناک می‌باشند (Burenjargal et al., 2023؛ Loi et al., 2020).

روش‌های سنتی کنترل فساد شامل استفاده از مواد نگهدارنده شیمیایی و قارچ‌کش‌های مصنوعی است. با این حال، نگرانی‌های فزاینده‌ای در مورد سمیت باقی‌مانده، سرطان‌زایی، آلودگی محیط زیست و ایجاد سویه‌های مقاوم قارچی وجود دارد (Abouloifa et al., 2022؛ Fik-Jaskółka et al., 2024؛ Loi et al., 2020). این نگرانی‌ها، به همراه تقاضای روزافزون مصرف‌کنندگان برای محصولات غذایی طبیعی، ایمن و کم‌فرآوری‌شده، منجر به جستجو برای جایگزین‌های طبیعی و زیست‌تخریب‌پذیر شده است (Abouloifa et al., 2022؛ Burenjargal et al., 2023؛ Mitsagga et al., 2021؛ Loi et al., 2020).

ترکیبات فعال زیستی مشتق‌شده از گیاهان دارویی به عنوان گزینه‌های طبیعی امیدوارکننده برای کنترل فساد قارچی مواد غذایی مطرح شده‌اند (Loi et al., 2020؛ Fik-Jaskółka et al., 2024؛ Burenjargal et al., 2023). بسیاری از این ترکیبات، وضعیت "به‌طور کلی ایمن شناخته‌شده" (GRAS) را دارند و می‌توانند علاوه بر خاصیت نگهدارندگی، به عنوان طعم‌دهنده یا آنتی‌اکسیدان نیز عمل کنند (Loi et al., 2020؛ Abouloifa et al., 2022). این ترکیبات شامل فنول‌ها، فلاونوئیدها، ترپن‌ها، ساپونین‌ها، آلکالوئیدها و ترکیبات حاوی گوگرد هستند (Burenjargal et al., 2023؛ Fik-Jaskółka et al., 2024؛ Loi et al., 2020). مکانیسم‌های عمل این ترکیبات اغلب با آنتی‌بیوتیک‌ها متفاوت است و می‌تواند شامل موارد زیر باشد (Loi et al., 2020؛ Fik-Jaskółka et al., 2024):

ایجاد اختلال در غشای سلولی و افزایش نفوذپذیری آن، مهار بیوسنتز دیواره سلولی یا آنزیم‌های کلیدی قارچی، اختلال در عملکرد میتوکندری و تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)، مهار بیوسنتز ارگوسترول (جزء حیاتی غشای سلولی قارچ)، مهار تشکیل بیوفیلم و سنتز اسیدهای نوکلئیک و پروتئین

با وجود پتانسیل بالا، چالش‌هایی نظیر نوسانات در ترکیبات فعال، پایداری پایین، فراریت بالا و تأثیر بر ویژگی‌های ارگانولپتیک مواد غذایی وجود دارد. راهکارهایی مانند کپسوله‌سازی می‌توانند به غلبه بر این محدودیت‌ها کمک کنند (Loi et al., 2020؛ Mitsagga et al., 2021).

هدف از این مقاله مروری، بررسی جامع آخرین یافته‌ها در مورد استفاده از ترکیبات ضد میکروبی گیاهان دارویی در کنترل قارچ‌های فسادزا در زنجیره نگهداری مواد غذایی است.

چالش‌های فساد قارچی مواد غذایی و لزوم جایگزین‌های طبیعی

ضایعات مواد غذایی، که تقریباً یک سوم کل غذای تولیدی را شامل می‌شود، یک نگرانی جهانی مهم است. فساد مواد غذایی توسط قارچ‌ها، به‌ویژه کپک‌ها و مخمرها، منجر به خسارات اقتصادی قابل توجهی و تهدید سلامت مصرف‌کنندگان به دلیل تولید مایکوتوکسین‌های خطرناک مانند آفلاتوکسین‌ها توسط گونه‌هایی نظیر *Aspergillus* و *Penicillium* می‌شود (Burenjargal et al., 2023؛ Loi et al., 2020؛ Mitsagga et al., 2021). این مایکوتوکسین‌ها پایداری شیمیایی بالایی دارند و حتی پس از فرآوری نیز باقی می‌مانند (Burenjargal et al., 2023؛ Loi et al., 2020).

مصرف‌کنندگان به دلیل نگرانی‌های بهداشتی ناشی از مواد نگهدارنده شیمیایی مصنوعی و ظهور سویه‌های مقاوم، خواستار جایگزین‌های طبیعی هستند (Abouloifa et al., 2022؛ Burenjargal et al., 2023؛ Loi et al., 2020). ترکیبات فعال زیستی گیاهان دارویی، شامل فنول‌ها، فلاونوئیدها، ترپن‌ها، آلکالوئیدها و ترکیبات حاوی گوگرد، جایگزین‌های نویدبخشی را ارائه می‌دهند (Burenjargal et al., 2023؛ Fik-Jaskółka et al., 2024؛ Loi et al., 2020؛ Mitsagga et al., 2021). این ترکیبات، که بسیاری از آن‌ها دارای وضعیت GRAS هستند (Loi et al., 2020)، دارای فعالیت ضدقارچی گسترده‌ای بوده و از طریق مکانیسم‌های مختلفی مانند اختلال در غشای سلولی و مهار سنتز آنزیم‌ها عمل می‌کنند و می‌توانند عفونت‌های قارچی و تولید مایکوتوکسین را کنترل کنند (Fik-Jaskółka et al., 2024؛ Loi et al., 2020).

ترکیبات ضدمیکروبی گیاهی

فساد مواد غذایی ناشی از قارچ‌ها، به‌ویژه کپک‌ها و مخمرها، نگرانی اصلی در زنجیره نگهداری مواد غذایی است که منجر به زیان‌های اقتصادی قابل توجه و تولید مایکوتوکسین‌های خطرناک مانند آفلاتوکسین‌ها می‌شود (Burenjargal et al., 2023؛ Loi et al., 2020؛ Mitsagga et al., 2021). این سموم قارچی پایداری شیمیایی بالایی دارند و حتی پس از فرآوری نیز باقی می‌مانند، که سلامت انسان و حیوان را تهدید می‌کند (Burenjargal et al., 2023؛

Loi et al., 2020). با افزایش نگرانی‌های بهداشتی ناشی از نگهدارنده‌های شیمیایی مصنوعی، تقاضا برای جایگزین‌های طبیعی افزایش یافته است (Abouloifa et al., 2022؛ Burenjargal et al., 2023؛ Loi et al., 2020).

ترکیبات فعال زیستی گیاهان دارویی، از جمله فنول‌ها، فلاونوئیدها، ترپن‌ها، آلکالوئیدها و ترکیبات حاوی گوگرد، جایگزین‌های نویدبخشی هستند (Burenjargal et al., 2023؛ Fik-Jaskółka et al., 2024؛ Loi et al., 2020). این ترکیبات از طریق مکانیسم‌های مختلفی مانند تخریب غشای سلولی و مهار بیوسنتز دیواره سلولی، فعالیت ضدقارچی گسترده‌ای نشان می‌دهند (Fik-Jaskółka et al., 2024؛ Loi et al., 2020). به عنوان مثال:

- عصاره‌های زیتون، انار و پوست پرتقال فعالیت ضدقارچی در برابر *Aspergillus niger*، *Penicillium italicum* و *Rhodotorula mucilaginosa* در مواد غذایی مانند ماست و آب گوجه‌فرنگی نشان دادند؛ ترکیبی با ۹۰٪ عصاره زیتون و ۱۰٪ عصاره انار مؤثرترین بود (Mitsagga et al., 2021).
- باکتری *Lactiplantibacillus plantarum S61* و سوپَرناتانت بدون سلول آن، اثر محافظتی در برابر فساد ناشی از *Penicillium digitatum* در سیب و پرتقال و همچنین کاهش *Rhodotorula glutinis* در آب سیب را نشان دادند (Abouloifa et al., 2022).
- آلیسین (ترکیب حاوی گوگرد) نیز فعالیت ضدقارچی دارد (Fik-Jaskółka et al., 2024).

مواد و روش‌ها

این مقاله مروری با هدف جمع‌آوری و تحلیل ادبیات موجود در زمینه استفاده از ترکیبات ضد میکروبی گیاهان دارویی برای کنترل قارچ‌های فسادزا در زنجیره نگهداری مواد غذایی تدوین شده است. جستجوی جامع ادبیات با رعایت دستورالعمل‌های PRISMA در پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Scopus، ScienceDirect و Google Scholar انجام گرفت. راهبرد جستجو شامل کلمات کلیدی مانند "ضد میکروب" (antimicrobial)، "گیاهان دارویی" (medicinal plants)، "قارچ‌های فسادزا" (spoilage fungi)، "نگهداری مواد غذایی" (food preservation) و ترکیبات آن‌ها بود (Fik-Jaskółka et al., 2024). مطالعاتی که بر ترکیبات گیاهی (شامل فنل‌ها، ترپن‌ها و آلکالوئیدها) و اثربخشی آن‌ها علیه قارچ‌های فسادزای رایج مانند *Aspergillus*، *Penicillium*، *Fusarium* و *Rhodotorula* تمرکز داشتند، اولویت‌بندی شدند (Abouloifa et al., 2022; Burenjargal et al., 2023; Loi et al., 2020; Mitsagga et al., 2021). داده‌های استخراج شده شامل حداقل غلظت بازدارندگی (MIC) و قطر منطقه بازدارندگی (IZ) ترکیبات فعال زیستی شناسایی‌شده و مکانیسم‌های پیشنهادی عمل (Fik-Jaskółka et al., 2024; Loi et al., 2020) بودند.

نتایج و بحث

ترکیبات ضد میکروبی مشتق‌شده از گیاهان دارویی فعالیت قابل توجهی در کنترل قارچ‌های فسادزا در زنجیره نگهداری مواد غذایی دارند (Abouloifa et al., 2022; Burenjargal et al., 2023; Fik-Jaskółka et al., 2024; Mitsagga et al., 2021). عصاره‌های کشت *Lactiplantibacillus plantarum S61* فعالیت ضد قارچی قوی علیه مخمرها و کپک‌هایی چون *Aspergillus niger*, *Penicillium digitatum* و *Fusarium oxysporum* با نواحی بازدارندگی بیش از ۱۰ میلی‌متر نشان دادند. همچنین، سوپرویبدان بدون سلول این سویه، رشد بیومس و میسلیوم کپک‌ها را مهار کرد (Abouloifa et al., 2022).

فنل‌ها، فلاونوئیدها، تانن‌ها، ترپن‌ها، ساپونین‌ها و آلکالوئیدها از ترکیبات گیاهی دارای خواص ضد قارچی هستنداسانس روغنی Mentha pulegium فعالیت ضد *A. niger* را نشان داد و عصاره‌های Filipendula ulmaria علیه *A. alternata*, *F. oxysporum* و *A. niger* مؤثر بودند (Fik-Jaskółka et al., 2024). در کاربردهای غذایی، عصاره کپسوله شده (۹۰٪ زیتون، ۱۰٪ انار) رشد قارچ‌های *Aspergillus niger*, *Penicillium italicum* و *Rhodotorula mucilaginosa* را در ماست و آب گوجه‌فرنگی تا ۲٫۲ لگاریتم واحد در گرم کاهش داد (Mitsagga et al., 2021).

قارچ‌ها از عوامل اصلی فساد پس از برداشت هستند و برخی مانند *Aspergillus* و *Penicillium* تولیدکننده مایکوتوکسین می‌باشند (Abouloifa et al., 2022; Burenjargal et al., 2023). مکانیسم‌های عمل این ترکیبات شامل اختلال در غشای سلولی، مهار بیوسنتز دیواره سلولی، جلوگیری از تشکیل بیوفیلم و تداخل در سنتز اسید نوکلئیک/پروتئین است (Fik-Jaskółka et al., 2024). استفاده از این ترکیبات طبیعی به عنوان جایگزینی ایمن برای مواد نگهدارنده شیمیایی در صنایع غذایی پیشنهاد می‌شود (Loi et al., 2020; Mitsagga et al., 2021).

نتیجه‌گیری کلی

گیاهان دارویی منابع غنی از ترکیبات ضد میکروبی متنوعی هستند که اثرات قابل توجهی در کنترل قارچ‌های فسادزا نشان می‌دهند. این امر آنها را به عنوان یک استراتژی زیست‌نگهداری طبیعی امیدوارکننده برای افزایش ایمنی و ماندگاری مواد غذایی مطرح می‌کند.

منابع

Abouloifa, H., Rokni, Y., Hasnaoui, I., Bellaouchi, R., Gaamouche, S., Ghabbour, N., Karboune, S., Ben Salah, R., Brasca, M., D'hallewin, G., Saalaoui, E., & Asehraou, A. (2022). Characterization of antimicrobial compounds obtained from the potential probiotic Lactiplantibacillus plantarum S61 and their application as a biopreservative agent. Food Microbiology - Research Paper, 53, 1501–1513. https://doi.org/10.1007/s42770-022-00791-5

Burenjargal, M., Narangerel, T., Batmunkh, T., Dong, A., & Idesh, S. (2023). A review of the bioactive properties of Mongolian plants, with a focus on their potential as natural food preservatives. Food Science & Nutrition, 11(11), 5736–5752. https://doi.org/10.1002/fsn3.3529

Fik-Jaskółka, M., Mittova, V., Motsonelidze, C., Vakhania, M., Vicidomini, C., & Roviello, G. N. (2024). Antimicrobial Metabolites of Caucasian Medicinal Plants as Alternatives to Antibiotics. Antibiotics, 13(6), 487. https://doi.org/10.3390/antibiotics13060487

Loi, M., Paciolla, C., Logrieco, A. F., & Mulè, G. (2020). Plant Bioactive Compounds in Pre-and Postharvest Management for Aflatoxins Reduction. Frontiers in Microbiology, 11, 243. https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00243

Mitsagga, C., Petrotos, K., & Giavasis, I. (2021). Antimicrobial Properties of Lyophilized Extracts of Olive Fruit, Pomegranate and Orange Peel Extracts against Foodborne Pathogenic and Spoilage Bacteria and Fungi In Vitro and in Food Matrices. Molecules, 26(22), 7038. https://doi.org/10.3390/molecules26227038

Antimicrobial Compounds from Medicinal Plants in Inhibiting Spoilage Fungi in the Food Preservation Chain

Amirmohammad Vatandust*
Bachelor's degree student in Food Hygiene, Tabriz Azad University of Medical Sciences
*Corresponding Author: reza1400ezrail@gmail.com

Abstract

Food spoilage by microorganisms, particularly spoilage fungi, presents a significant global challenge, causing considerable economic losses and public health concerns Moreover, certain fungal genera such as Aspergillus, Penicillium, Alternaria, and Fusarium are capable of producing mycotoxins, posing severe health risks. The increasing consumer demand for natural products highlights an urgent need for safe alternatives to synthetic chemical preservatives and fungicides. Medicinal plants are rich sources of bioactive compounds like phenols, terpenes, saponins, and alkaloids, generally considered "Generally Recognized As Safe" (GRAS). Their diverse antimicrobial mechanisms include disrupting cell membranes and inhibiting mycotoxin biosynthesis.

Keyword: Spoilage Fungi, Medicinal Plants, Natural Antimicrobial Compounds, Mycotoxins

تأثیر اسانس گیاهان دارویی بر کنترل جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار

محبوبه ناصری*
استادیار گروه تولیدات گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربت حیدریه
*نویسنده مسئول: m.naseri@torbath.ac.ir

چکیده

کنترل جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار برای کاهش ضایعات و حفظ کیفیت محصول اهمیت زیادی دارد. اسانس‌های گیاهی، شامل ترکیبات فعال فنولی، ترپنوئیدی و آلدهیدهای فرار، با اثرات بیولوژیکی خاص خود، به عنوان روش طبیعی و ایمن جایگزین مواد شیمیایی مطرح می‌شوند. مکانیزم اثر این اسانس‌ها عمدتاً شامل مهار آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره سلولی جوانه‌ها (مانند پکتیناز و سلولاز)، تغییر تعادل هورمونی به نفع هورمون‌های خواب (افزایش ABAو کاهش هورمون‌های رشد) و کاهش استرس اکسیداتیو در غده‌ها است. همچنین، اثر ضد میکروبی موضعی آنها موجب کاهش بار بیماری‌ها و حفظ سلامت غده می‌شود که به طور غیرمستقیم به مهار جوانه‌زنی کمک می‌کند.البته محدودیت‌هایی در استفاده از اسانس‌ها وجود دارد (غلظت اسانس، ناپایداری و تبخیر اسانس، نوع اسانس، کنترل شرایط انبار، کیفیت حسی محصول). بطورکلی اسانس‌های گیاهی با مکانیزم‌های متنوع فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی می‌توانند به عنوان روشی طبیعی، مؤثر و ایمن برای مهار جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار به کار روند؛ اما رعایت دقیق غلظت مصرف، مدیریت دوره‌ای تکرار، انتخاب اسانس مناسب و کنترل پارامترهای انباری ضروری می‌باشد تا عملکرد مطلوب حاصل شود و از اثرات منفی احتمالی جلوگیری گردد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، مهار جوانه زنی، ترکیبات فنولی و تریپنوئیدی،

مقدمه

جوانه‌زنی سیب‌زمینی در دوره انبارداری یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری این محصول است که منجر به کاهش ارزش اقتصادی و افزایش ضایعات می‌شود. کنترل مؤثر جوانه‌زنی نه تنها به حفظ ویژگی‌های کیفی و تغذیه‌ای سیب‌زمینی کمک می‌کند، بلکه باعث کاهش هزینه‌های ذخیره‌سازی و توزیع می‌گردد. روش‌های متداول کنترل جوانه‌زنی مانند استفاده از ترکیبات شیمیایی (مانند کلروپروفام) و نگهداری در دماهای پایین، با وجود اثربخشی، به دلیل نگرانی‌های زیست‌محیطی، اثرات جانبی بر کیفیت محصول و محدودیت‌های قانونی، روز به روز با محدودیت بیشتری مواجه شده‌اند. در این راستا، اسانس‌های گیاهان دارویی به عنوان منابع طبیعی غنی از ترکیبات زیست فعالی همچون ترپن‌ها و فنل‌ها، توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. این مواد طبیعی به دلیل خواص مهارکنندگی جوانه‌زنی، ایمنی بالا برای انسان و محیط زیست، و سازگاری با کشاورزی ارگانیک، جایگزینی مطلوب برای روش‌های شیمیایی به شمار می‌آیند (Alzarqaa et al., 2024) اسانس‌هایی مانند نعناع، میخک، اکالیپتوس و اسطوخودوس با اثرات مهاری اثبات شده در پژوهش‌های متعدد، توانسته‌اند روند جوانه‌زنی را به شکل قابل توجهی کاهش دهند و در نتیجه ماندگاری سیب‌زمینی را افزایش دهند (Alzarqaa et al., 2024). به‌کارگیری اسانس‌ها در کنترل جوانه‌زنی، نیازمند شناخت مکانیسم‌های عملکرد، تعیین غلظت‌های بهینه و روش‌های مناسب انتشار در فضای

انبار است تا اثر بخشی و پایداری مطلوب به دست آید (گودرزی، ۱۳۹۸). این رویکرد زیست‌پایدار می‌تواند به عنوان راهکاری موثر در کاهش ضایعات سیب‌زمینی و ارتقاء کیفیت محصول در طول دوره انبارداری مورد استفاده قرار گیرد.

مکانیسم اثر اسانس‌ها بر جوانه‌زنی سیب زمینی

اسانس‌های گیاهی با ترکیبات فعال زیستی خود، به‌ویژه ترپن‌ها، ترپنوئیدها و فنل‌ها، از طریق مکانیسم‌های مختلفی بر جوانه‌زنی سیب‌زمینی تأثیر می‌گذارند و آن را مهار می‌کنند. این مکانیسم‌ها شامل موارد زیر است (Shukla, et al, 2019)

تغییر در تعادل هورمونی: اسانس‌ها می‌توانند تعادل هورمون‌های گیاهی دخیل در جوانه‌زنی را بر هم بزنند. برای مثال، آن‌ها ممکن است باعث افزایش سطح اسید آبسیزیک (ABA) که یک هورمون بازدارنده جوانه‌زنی است، یا کاهش سطح جیبرلین‌ها که محرک جوانه‌زنی هستند، شوند. این تغییرات هورمونی به تأخیر یا مهار جوانه‌زنی کمک می‌کنند.

آسیب به بافت مریستمی جوانه: برخی ترکیبات موجود در اسانس‌ها قادرند به طور مستقیم به بافت‌های مریستمی جوانه آسیب برسانند و از رشد آن‌ها جلوگیری کنند. این آسیب فیزیکی به جوانه مانع از ادامه فرآیند جوانه‌زنی می‌شود. بافت مریستمی شامل سلول‌های نابالغ و تمایز نیافته‌ای است که دارای توان تقسیم مکرر و رشد هستند و مسئول شروع فرآیند جوانه‌زنی و رشد اولیه غده سیب‌زمینی می‌باشند. ترکیبات موجود در اسانس‌ها می‌توانند به طور مستقیم به سلول‌های مریستمی جوانه صدمه وارد کنند، باعث توقف یا کاهش فعالیت تقسیم سلولی شده و در نتیجه رشد جوانه متوقف شود. آسیبی که به مریستم وارد می‌شود، می‌تواند باعث تغییر در تعادل هورمونی و پیام‌رسان‌های سلولی شود که برای شروع و ادامه جوانه‌زنی نیاز است.

تاثیر بر فرآیندهای متابولیکی

تأثیر اسانس‌ها بر فرآیندهای متابولیکی جوانه‌زنی سیب‌زمینی به طور عمده از طریق اختلال در عملکرد آنزیم‌ها و مسیرهای متابولیکی کلیدی که برای تامین انرژی و مواد مغذی رشد جوانه مورد نیازند، اعمال می‌شود. در فرآیند جوانه‌زنی سیب‌زمینی، آنزیم‌هایی مانند فسفریلاز نشاسته به قندهای قابل جذب و متابولیزه تبدیل می‌کنند که این قندها انرژی لازم برای رشد اولیه جوانه‌ها را فراهم می‌کنند. اسانس‌های گیاهی می‌توانند فعالیت این آنزیم‌ها را کاهش داده یا مهار کنند، در نتیجه شکستن نشاسته و تامین انرژی لازم برای جوانه‌زنی مختل می‌شود. علاوه بر آن، اسانس‌ها ممکن است باعث کاهش شدت تنفس غده شوند؛ کاهش تنفس موجب کاهش فرآیندهای انرژی‌زا در سلول‌های غده و جوانه شده و رشد جوانه به تعویق می‌افتد (دهدار، ۱۳۸۶). تأثیرات متابولیکی موجب مهار یا به تأخیر افتادن جوانه‌زنی سیب‌زمینی می‌شوند.

کاهش شدت تنفس غده

کاهش شدت تنفس غده سیب‌زمینی یکی از مکانیسم‌های مهار جوانه‌زنی است که نقش مهمی در افزایش ماندگاری و کاهش ضایعات محصول دارد. شدت تنفس غده به فرآیندهای متابولیکی درون سلول‌های غده مربوط است که انرژی لازم برای رشد و جوانه‌زنی را تأمین می‌کند. کاهش این تنفس با کند کردن سوخت‌وسازهای سلولی، به تعویق افتادن یا مهار جوانه‌زنی کمک می‌کند. بطور کلی حفظ دمای انبار در محدوده ۳ تا ۵ درجه سانتی‌گراد می‌تواند شدت تنفس غده‌ها را کاهش دهد و به تأخیر در جوانه‌زنی منجر شود. دمای پایین باعث کندی واکنش‌های متابولیکی

می‌شود که انرژی مورد نیاز برای رشد جوانه را محدود می‌کند. برخی اسانس‌های گیاهی با ایجاد اختلال در مسیرهای متابولیکی، کاهش فعالیت آنزیم‌های کلیدی و کند کردن تنفس، اثر مهارکننده روی جوانه‌زنی دارند.

روش‌های استفاده از اسانس‌ها در کنترل جوانه‌زنی سیب‌زمینی: معمولاً به شکل‌هایی اعمال می‌شود که بتوانند بخار یا ترکیبات فرار اسانس را به صورت یکنواخت و مؤثر در فضای انبار پخش کنند. مهم‌ترین روش‌ها عبارتند از (Boivin et al., 2020)

تبخیر فیتیله‌ای (Evaporative wick method): در این روش، اسانس‌ها بر روی فتیله‌های قابل اشباع ریخته می‌شوند و با کمک هوای عبوری یا تهویه داخل انبار، بخار اسانس به صورت یکنواخت در فضای انبار منتشر می‌شود. این روش به دلیل پخش مداوم و کنترل‌شده اسانس، اثر خوبی در مهار جوانه‌زنی دارد.

بخور سرد (Cold fumigation): در این روش، اسانس‌ها به وسیله بخار سرد یا ذرات معلق در هوا به انبار پخش می‌شوند .این روش نیز امکان توزیع یکنواخت اسانس‌ها را فراهم می‌آورد و برای کنترل بلندمدت جوانه‌زنی موثر است.

استفاده دوره‌ای و منظم: به علت تبخیر کامل اسانس‌ها، باید انتشار آن‌ها در فواصل زمانی معین (مثلاً هر ۴ هفته یک بار) تکرار شود تا اثر کنترل جوانه‌زنی حفظ شود.

در برخی موارد اسانس‌ها به همراه مواد جاذب یا حامل مانند بنتونیت، آلومینا، یا کائولین به کار می‌روند تا ماندگاری و پخش یکنواخت ترکیبات افزایش یابد. انتخاب غلظت مناسب و نوع اسانس (مانند نعناع، میخک، اکالیپتوس) بسیار مهم است، زیرا غلظت‌های کم ممکن است باعث تحریک جوانه‌زنی شوند و غلظت‌های زیاد نیز بوی نامطلوب یا اثرات جانبی به همراه دارد. این روش‌ها به عنوان راهکارهای طبیعی و ایمن (مجاز در محصولات ارگانیک) جایگزین مناسبی برای ترکیبات شیمیایی مانند کلروپروفام هستند و اثربخشی آن‌ها در کنترل جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار تأیید شده است.

محدودیت‌ها و نکات مهم در استفاده از اسانس‌ها برای مهار جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار (Owolabi,et al.,2010):

۱- پایداری و ماندگاری اسانس‌ها اثربخشی اسانس‌ها شدیداً به غلظت کافی و ماندگاری بخاراتشان در فضای انبار بستگی دارد. معمولاً استفاده از اسانس‌ها طی دوره‌های زمانی معین (معمولاً هر ۳ تا ۴ هفته یک‌بار) تکرار شود تا اثربخشی حفظ شود نیاز می‌باشد.

۲- غلظت مصرف: افزایش زیاد غلظت برخی اسانس‌ها ممکن است به تحریک جوانه‌زنی منجر شود یا عملاً اثربخشی را کاهش دهد. برای مثال، استفاده از غلظت‌های پایین (۰/۵ گرم در لیتر) برخی عصاره‌ها گاهی جوانه‌زنی را حتی تحریک می‌کند و بهترین نتیجه معمولاً در غلظت حدود ۲ گرم در لیتر مشاهده شده است.

۳- انتخاب اسانس مناسب: تاثیر اسانس‌ها وابسته به گونه گیاهی آن‌ها است. عصاره‌هایی مانند نعنا فلفلی، اکالیپتوس و گشنیز معمولاً اثرات بازدارنده مؤثری دارند، اما همه اسانس‌ها (مثلاً رازیانه) تاثیر مشابه ندارند و حتی برخی در غلظت بالا جوانه‌زنی را افزایش می‌دهند.

روش کار استفاده از اسانس گیاهان دارویی در کنترل جوانه زنی غده سیب زمینی در انبار

روش‌های کاربرد اسانس‌ها معمول شامل استفاده از بخور سرد و اسپری مستقیم با غلظت‌های کنترل شده است که باید قبل از شروع جوانه زنی سیب زمینی شروع و در فواصل زمانی منظم تکرار شود. شرایط محیطی انبار مانند دما

و رطوبت نیز به منظور بهبود اثربخشی فرآیند کنترل باید به دقت تنظیم شوند. در جدول ذیل برخی از روش‌های کاربرد اسانس گیاهان دارویی در کنترل جوانه زنی غده سیب زمینی در انبار آورده شده است.

جدول ۱. روش کاربرد برخی اسانس‌ها برای کنترل جوانه زنی غده سیب‌زمینی در انبار

اسانس گیاهی	غلظت مصرف / میزان مصرف	روش مصرف	مدت نگهداری / زمان آزمایش	تأثیر بر جوانه زنی (کاهش ٪ یا طول جوانه	منبع
(رزماری) Rosmarinus officinalis	متغیر (ppm یا گرم در لیتر)	بخور سرد، اسپری	تا ۹۰ روز	بیشترین کاهش سریع جوانه زنی و رشد جوانه	گودرزی (۲۰۱۹)
بابونه Matricaria chamomilla	۵۰٪–۸۲٪ (ترکیب با سایر اسانس‌ها)	بخور سرد	تا ۹۰ روز	طول جوانه کمتر از ۱ میلی‌متر، کاهش تعداد جوانه	Thoma و همکاران (2022)
برگ بو Laurus nobilis	۱۷٪–۵۰٪ (ترکیب با سایر اسانس‌ها)	بخور سرد، اسپری	تا ۴۵ روز	طول جوانه حدود ۳٫۲ میلی‌متر، کم یا بی‌تأثیر روی تعداد جوانه	گودرزی (۱۳۹۸)
میخک Syzygium aromaticum	۰٪–۱٪ (ترکیب با سایر اسانس‌ها)	بخور سرد، اسپری	تا ۹۰ روز	اثر ناچیز بر طول و تعداد جوانه، ولی دارای فعالیت ضدقارچی	گودرزی(۲۰۱۹)
علف لیمو Cymbopogon L citrartus	غلظت آزمایش شده (مشخص نشده)	اسپری یا بخور سرد	تا ۹۰ روز	سرکوب کامل جوانه زنی در ۹۰ روز	Thoma و همکاران (2022)
نعناع فلفلی	متغیر	بخور سرد، اسپری	تا ۶۰–۹۰ روز	موثرترین در کاهش طول و تعداد جوانه ها	Alzarqaa و همکاران (۲۰۲۴)
مریم گلی Salvia officinalis	متغیر	بخور سرد	تا ۶۰ روز	مهار جوانه زنی تا ۶۰ روز	Alzarqaa و همکاران (۲۰۲۴)
نعناع (Mentha spp.)	۰٫۵ تا ۲ گرم در لیتر	اسپری یا بخور سرد	تا ۳ ماه	کاهش ۴۵–۷۶٪ در جوانه زنی	Kader – El Abd و همکاران (۲۰۱۶)
گشنیز Coriandrum L sativum	۰٫۵ تا ۲ گرم در لیتر	اسپری یا بخور سرد	تا ۳ ماه	کاهش حدود ۴۵٪ در جوانه زنی	گودرزی (۲۰۱۹)

نتیجه‌گیری

اسانس‌های گیاهی با ترکیبات فعال مانند فنول‌ها و ترپنوئیدها، از طریق مهار آنزیم‌های مرتبط با رشد جوانه، تغییر تعادل هورمونی به نفع هورمون‌های خواب، کاهش استرس اکسیداتیو و اثرات ضد میکروبی موضعی، موجب تأخیر و مهار جوانه‌زنی سیب‌زمینی می‌شوند. تحقیقات نشان داده‌اند غلظت بهینه این اسانس‌ها حدود ۲ گرم در لیتر است که بیشترین تأثیر را در کاهش جوانه‌زنی دارد و غلظت‌های بالاتر ممکن است اثر معکوس داشته باشند. تحقیقات آینده در زمینه پایدارسازی اسانس‌ها با استفاده از فناوری‌های نوین مثل نانوکپسوله‌سازی، بهینه‌سازی دوز و فواصل کاربرد، بررسی مکانیزم‌های مولکولی اثر، و توسعه کاربردهای گسترده‌تر در حفاظت پس از برداشت متمرکز خواهد بود.

منابع

گودرزی، ف. (۱۳۹۸). روش‌های مهار جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار. *مجله ترویجی علوم کاربردی سیب زمینی*، ۲ (سال دوم شماره ۲)، ۲۷-۳۶.

گودرزی، ف. (۲۰۱۹). اثر بازدارندگی عصاره اکالیپتوس و اسطوخدوس بر جوانه‌زنی سیب‌زمینی. *تحقیقات مهندسی صنایع غذایی*، *۱۸* (۱)، ۴۷-۶۰.

دهدار بهرام. (۲۰۰۷). اثر پیش جوانه زنی و تراکم بوته بر عملکرد و خصوصیات زراعی شش رقم تجاری سیب زمینی در اردبیل: ۱۲۷-۱۳۰.

Alzarqaa, A. A., Astatkie, T., Cantrell, C. L., & Zheljazkov, V. D. (2024). Efficacy of essential oils in suppressing potato sprouting. *Industrial Crops and Products*, *222*, 119561.

Boivin, M., Bourdeau, N., Barnabé, S., & Desgagné-Penix, I. (2020). Sprout suppressive molecules effective on potato (*Solanum tuberosum*) tubers during storage: A review. *American Journal of Potato Research*, *97*(5), 451-463.

Finger, F. L., Santos, M. M. D. S., Araujo, F. F., Lima, P. C. C., Costa, L. C. D., França, C. D. F. M., & Queiroz, M. D. C. (2018). Action of essential oils on sprouting of non-dormant potato tubers. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *61*, e18180003.

Owolabi, M. S., Lajide, L., Oladimeji, M. O., & Setzer, W. N. (2010). The effect of essential oil formulations for potato sprout suppression. *Natural product communications*, *5*(4), 1934578X1000500431.

Thoma, J. L., Cantrell, C. L., & Zheljazkov, V. D. (2022). Evaluation of essential oils as sprout suppressants for potato (*Solanum tuberosum*) at room temperature storage. *Plants*, *11*(22), 3055.

Thoma, J. L., Cantrell, C. L., Tamang, P., & Zheljazkov, V. D. (2023). Determining the optimum mixture of three essential oils for potato sprout suppression at room temperature storage. *Frontiers in Plant Science*, *14*, 1199117.

Shukla, S., Pandey, S. S., Chandra, M., Pandey, A., Bharti, N., Barnawal, D., ... & Kalra, A. (2019). Application of essential oils as a natural and alternate method for inhibiting and inducing the sprouting of potato tubers. *Food Chemistry*, *284*, 171-179.

The Effect of Essential oil of Medicinal Plant on Controlling Potato Sprouting in Storage

Mahboobeh Naseri*
Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydariyeh
*Corresponding Author: m.naseri@torbath.ac.ir

Abstract

Controlling potato sprouting in storage is of great importance for reducing losses and maintaining product quality. Plant essential oils, including active phenolic, terpenoid and volatile aldehyde compounds, with their specific biological effects, have been proposed as a natural and safe alternative to chemicals. The mechanism of action of these essential oils mainly includes inhibiting the enzymes that degrade the cell wall of sprouts (such as pectinase and cellulase), changing the hormonal balance in favor of dormancy hormones (increasing ABA and decreasing growth hormones), and reducing oxidative stress in tubers. Also, their local antimicrobial effect reduces the burden of diseases and maintains tuber health, which indirectly helps to inhibit sprouting. There are limitations in the use of essential oils (essential oil concentration, essential oil instability and evaporation, essential oil type, controlling storage conditions, sensory quality of the product). In general, plant essential oils with diverse physiological and biochemical mechanisms can be used as a natural, effective, and safe method to inhibit potato germination in storage; however, careful adherence to the concentration of use, periodic management of repetition, selection of appropriate essential oils, and control of storage parameters are essential to achieve optimal performance and prevent possible negative effects.

Keywords: Essential oil, germination inhibition, phenolic and terpenoid compounds,

بررسی برهم‌کنش ترکیب Apigenin با آنزیم COX-2 به روش داکینگ مولکولی

آیلین حسین‌پورزیوری *[۱]، پارسا لطفی[۱]
۱- گروه زیست‌شناسی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
*نویسنده مسئول: mpec2025@azaruniv.ac.ir

چکیده

بومادران (*Achillea millefolium*) از گیاهان دارویی مهم منطقه ارسباران (استان آذربایجان شرقی) است که به دلیل دارا بودن ترکیباتی چون Apigenin، دارای خواص ضدالتهابی و ضدسرطانی می‌باشد. آنزیم سیکلواکسیژناز-۲ (COX-2) یکی از اهداف مهم دارویی در بیماری‌های التهابی و سرطان‌ها محسوب می‌شود. Apigenin، یکی از ترکیبات فعال موجود در این گیاه، پتانسیل مهار آنزیم COX-2 را دارد.در این مطالعه، اتصال Apigenin با COX-2 با روش داکینگ مولکولی بررسی شد. ساختار سه‌بعدی لیگاند از Pub chem و ساختار آنزیم با کد F195 از بانک اطلاعاتی RCSB PDB دریافت و آماده‌سازی‌ها با Open Babel شد. فرآیند داکینگ با نرم‌افزار PyRx انجام گرفت و نتایج Binding Affinity استخراج شد. Apigenin انرژی اتصال kcal/mol ۹/۰- در بهترین حالت نشان داد که بیانگر اتصال قوی با سایت فعال آنزیم است. این نتایج نشان می‌دهند که Apigenin می‌تواند مهارکننده بالقوه‌ای برای COX-2 و همچنین نشان دهنده پتانسیل بالای این ترکیب در طراحی داروهای ضدالتهاب گیاهی می‌باشد و نیازمند بررسی‌های بیشتر تجربی است.

واژه‌های کلیدی: *Achillea millefolium* ، Apigenin، COX-2، PyRx، داکینگ مولکولی

مقدمه

گیاهان دارویی از دیرباز به عنوان منابع مهم درمانی در طب سنتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. یکی از این گیاهان، بومادران (*Achillea millefolium*) است که در نواحی کوهستانی منطقه ارسباران در استان آذربایجان شرقی به وفور یافت می‌شود. این گیاه به دلیل دارا بودن فلاونوئیدهای فعال نظیر Apigenin، دارای خواص ضدالتهابی، ضدتوموری و آنتی‌اکسیدانی اثبات‌شده‌ای است. از طرفی، آنزیم سیکلواکسیژناز ۲ (COX-2) به عنوان یکی از مهم‌ترین آنزیم‌ها در مسیرهای التهابی شناخته می‌شود که مهار آن نقش مهمی در کنترل التهاب و پیشگیری از برخی سرطان‌ها دارد (Rehman et al., 2020).

آنزیم سیکلواکسیژناز-۲ (COX-2) یکی از ایزوفرم‌های کلیدی در مسیر بیوسنتز پروستاگلاندین‌ها است که در پاسخ به محرک‌های التهابی و آسیب بافتی، بیان آن به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد. فعالیت بیش از حد این آنزیم در بسیاری از بیماری‌های التهابی، خودایمنی و حتی برخی سرطان‌ها گزارش شده است. از این رو، مهار انتخابی COX-2 یکی از راهبردهای مؤثر در طراحی داروهای ضدالتهاب غیراستروئیدی (NSAIDs) با عوارض جانبی کمتر محسوب می‌شود. گیاه بومادران *Achillea millefolium* از خانواده کاسنیان *Asteraceae*، یکی از گونه‌های دارویی بومی منطقه ارسباران است که ترکیبات فعال زیستی مانند Apigenin را در خود دارد (Patel et al., 2015).

اپی‌ژنین (Apigenin) یک ترکیب فلاونوئیدی طبیعی است که به‌طور گسترده در گیاهانی مانند بابونه، کرفس و جعفری یافت می‌شود و خواص زیستی متعددی از جمله فعالیت ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی از خود نشان داده است (Salehi et al., 2019).

با توجه به ساختار شیمیایی این ترکیب و ظرفیت آن در برهم‌کنش با پروتئین‌های زیستی، هدف از مطالعه حاضر، بررسی توانایی اتصال ترکیب Apigenin استخراج‌شده از گیاه بومادران به آنزیم COX-2 با استفاده از داکینگ مولکولی در نرم‌افزار PyRx است، تا امکان استفاده از این ترکیب در طراحی داروهای گیاهی ضدالتهاب مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

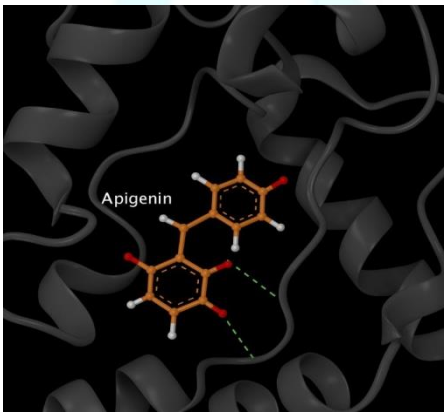
در این مطالعه ابتدا ساختار Apigenin از پایگاه PubChem با کد CID: 5280443 دریافت و با نرم‌افزار Open Babel به فرمت pdbqt تبدیل شد. ساختار سه‌بعدی آنزیم COX-2 با کد PDB: 5F19 از پایگاه RCSB دریافت گردید. آنزیم و لیگاند در نرم‌افزار PyRx بارگذاری شده و فرآیند داکینگ با استفاده از AutoDock Vina اجرا شد. نتایج شامل مقادیر Binding Affinity برای چند مود مختلف ثبت شد. پس از تعیین جایگاه فعال و پارامترها، محاسبه انرژی اتصال انجام گردید و بهترین کانفورماسیون انتخاب شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از داکینگ مولکولی ترکیب اپی‌ژنین (Apigenin) با آنزیم سیکلواکسیژناز-۲ (COX-2) نشان‌دهنده توان بالای این ترکیب در برقراری برهم‌کنش مؤثر با محل فعال آنزیم است. بر اساس خروجی‌های نرم‌افزار PyRx، اپی‌ژنین در مود اول دارای انرژی اتصال معادل ۹/۰- کیلوکالری بر مول بوده که نسبت به سایر مودها از پایداری بیشتری برخوردار است. این مقدار بیانگر تمایل قوی اپی‌ژنین برای اتصال به ناحیه فعال COX-2 می‌باشد. در مودهای دوم و سوم نیز انرژی‌های اتصال به ترتیب برابر با ۸/۷- و ۸/۵- کیلوکالری بر مول به‌دست آمد که همچنان در محدوده‌ی قابل توجهی برای مهار آنزیمی قرار دارند.

جدول ۱. نیروی اتصال Apigenin به جایگاه فعال آنزیم Cox-2 در PyRx

Mode	Binding Affinity (kcal/mol)	RMSD Lower Bound	RMSD Upper Bound
1	-9.0	0.000	0.000
2	-8.7	1.3	2.1
3	-8.5	2.2	3.5



شکل ۱. پیوند اپیژنین به جایگاه فعال آنزیم Cox-2

نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان داد که ترکیب طبیعی اپی‌ژنین توانایی اتصال مؤثر و پایدار به ناحیه فعال آنزیم سیکلواکسیژناز-۲ (COX-2) را دارا می‌باشد. مقادیر قابل توجه انرژی اتصال (Binding Affinity) و جای‌گیری مناسب این ترکیب در محل فعال آنزیم، بیانگر پتانسیل بالای اپی‌ژنین به‌عنوان یک مهارکننده طبیعی COX-2 است. با توجه به نقش کلیدی این آنزیم در فرآیندهای التهابی، اپی‌ژنین می‌تواند به‌عنوان یک کاندید ارزشمند در طراحی داروهای ضدالتهاب با منشأ گیاهی مطرح باشد. با این حال، برای تأیید کارایی زیستی این ترکیب، انجام مطالعات تکمیلی در شرایط آزمایشگاهی (in vitro) و در جانوران آزمایشگاهی (in vivo) ضروری است.

منابع

Trott, O., & Olson, A. J. (2010). AutoDock Vina: improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization, and multithreading. Journal of Computational Chemistry, 31(2), 455-461.

Rehman, M. U., Khan, A. Q., Tahir, M., Khan, R., Lateef, A., & Hamiza, O. O. (2020). Apigenin reverses LPS-induced oxidative stress and inflammation in lungs of rats via NF-κB signaling pathway suppression. Inflammation, 43(1), 150–162

Patel, D., Shukla, S., & Gupta, S. (2015). Apigenin and cancer chemoprevention: progress, potential and promise (review). International Journal of Oncology, 48(5), 1771–1780.

Salehi, B., Venditti, A., Sharifi-Rad, M., Kręgiel, D., Sharifi-Rad, J., Durazzo, A., … & Martorell, M. (2019). The therapeutic potential of apigenin. International Journal of Molecular Sciences, 20(6), 1305.

PubChem Database, Berberine. https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2353

RCSB PDB: 1U72. https://www.rcsb.org/structure/1U72

Molecular Docking Study of Apigenin Interaction with COX-2 Enzyme

Aylin Hosseinpoor zivary[1]*, Parsa Lotfi[2]
Department of biology, University of Maragheh, Maragheh, Iran
*Corresponding Author: mpec2025@azaruniv.ac.ir

Abstract

Achillea millefolium (yarrow) is a medicinal plant native to the Arasbaran region of Iran, known for its anti-inflammatory properties attributed to Apigenin.Cyclooxygenase-2 (COX-2) plays a key role in inflammation and is a major therapeutic target. Apigenin is a flavonoid compound with anti-inflammatory properties found in medicinal plants of the Arasbaran region. In this study, we used molecular docking to analyze the interaction between Apigenin and COX-2. The 3D structure of Apigenin was retrieved from PubChem (CID: 5280443) and the structure of COX-2 enzyme (PDB ID: 5F19) from the RCSB PDB database. Docking was performed using PyRx and AutoDock Vina. The results showed that Apigenin has a binding affinity of -9.0 kcal/mol, indicating a strong interaction.These findings suggest that Apigenin could serve as a potential COX-2 inhibitor and may be considered for further pharmacological studies.

Keywords: A*chillea millefolium* Apigenine, Cox-2, Molecular docking, PyRx

مکانیسم عمل، کاربرد و پتانسیل درمانی آنزیم‌های پراکسیداز با منشا گیاهی

زهرا اخباری*[۱]، مریم خوش‌منظر[۱]، دینا موسوی[۱]

۱- گروه صنایع غذایی، مرکز آموزش علمی کاربردی گروه صنایع غذایی شیرین عسل، واحد استان آذربایجان شرقی، تبریز

*نویسنده مسئول: pazhouhesh@uast-sha.ir

چکیده

آنزیم‌های پراکسیداز در طیف گسترده‌ای از صنایع بیولوژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این آنزیم‌ها به عنوان کاتالیزور واکنش‌های بیولوژیکی در فرآیندهای مختلفی شرکت کرده و انجام فرآیند را ممکن ساخته و یا تسریع می‌کنند. پراکسیدازها، هیدروژن پراکسید را برای کاتالیزاسیون انواع ترکیبات آلی و معدنی مورد استفاده قرار می‌دهند. بیشتر ترکیباتی که به سلامتی انسان آسیب می‌رسانند به کمک آنزیم‌های پراکسیداز کنترل شده و یا از بین می‌روند. علاوه بر انجام فرآیندهای مختلف و شرکت در واکنش‌های مختلف در بدن جانوران، گیاهان و میکروب‌ها، می‌توان این آنزیم‌ها را از همین منابع استخراج کرد و در صنایع مختلف دارویی، غذایی، صنایع نساجی و کاغذسازی و غیره به کار گرفت. طی این مقاله مروری، سعی شده است؛ ضمن معرفی آنزیم‌های پراکسیداز با منشا گیاهی، مکانیسم عمل پراکسیدازها در حوزه سلامت و کاربرد آن‌ها در صنایع غذایی مورد بررسی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم، پراکسیداز، ترب‌کوهی، کاتالیزور بیولوژیکی، هیدروژن پراکسید

مقدمه

تقریباً تمام فرآیندهای متابولیکی موجود در سلول‌ها، برای اینکه با سرعت کافی و مناسب انجام شوند، به کاتالیز آنزیمی نیاز دارند. در واقع بیش از ۵۰۰۰ نوع واکنش بیوشیمیایی وجود دارد که آنزیم‌ها در آن واکنش‌ها به عنوان کاتالیزور شناخته شده‌اند. همه‌ی گیاهان، جانوران و میکروارگانیسم‌ها، آنزیم‌های مختلف را تولید می‌کنند. آنزیم‌ها مولکول‌های بیولوژیکی بوده و به طور معمول به عنوان پروتئین معرفی می‌شوند که به طور قابل توجهی سرعت تقریباً تمام واکنش‌های شیمیایی موجود در سلول‌ها را تسریع می‌کنند. آنزیم‌ها برای زندگی حیاتی بوده و به طیف گسترده‌ای از عملکردهای مهم بدن کمک کرده و برای هر آنچه که در بدن رخ می‌دهد؛ شامل گوارش، تنفس و جریان خون ضروری می‌باشند. همچنین برای مبارزه با بیماری‌ها، التهاب و کند کردن پروسه‌ی بازگشت بیماری استفاده می‌شوند. در حقیقت عملکردهای بدن ما برای ترمیم جراحات و دفع بیماری‌ها مستقیماً مربوط به تعداد و قدرت آنزیم‌های ما است. آنزیم‌ها دارای یک یا چند محل نفوذ سطحی (جایگاه‌های فعال) بوده که سوبسترا به این نواحی متصل می‌شود. بسیاری از بیماری‌ها بخصوص ناهنجاری‌های ژنتیکی ارثی ممکن است به علت وجود یا عدم وجود یک یا چند آنزیم باشد. در مورد حالات دیگر بیماری علت ممکن است افزایش یا کاهش فعالیت یک آنزیم باشد. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌ها در پلاسما، گویچه‌های قرمز خون یا نمونه‌های بافتی در تشخیص بعضی از بیماری‌ها دارای اهمیت است. بسیاری از داروها اثر خود را از طریق انجام واکنش با آنزیم‌ها اعمال می‌کنند (Kizilgeci et al., 2020). آنزیم‌ها ابزار عملی مهمی در پزشکی، صنعت شیمی، پردازش مواد غذایی و کشاورزی می‌باشند. پراکسیدازها زیرمجموعه‌ی خانواده بزرگی از ایزوآنزیم‌ها به نام اکسیدوردوکتازها بوده که کاهش پراکسیدها و اکسیداسیون انواع زیادی از ترکیبات آلی را

برعهده دارند و بیشتر برای تجزیه پراکسید هیدروژن مورد استفاده قرار می‌گیرند که یکی از سموم تولید شده به عنوان محصول جانبی استفاده از اکسیژن برای تنفس است. این آنزیم‌ها از پراکسید هیدروژن برای کاتالیز اکسیداسیون انواع ترکیبات آلی و معدنی استفاده می‌کنند. این قابلیت پراکسیدازها منجربه استفاده از آن‌ها در کابردهای گسترده بیوتکنولوژی می‌شود. آنزیم‌های پراکسیداز توسط میکروارگانیسم‌ها، گیاهان و جانوران تولید می‌شوند. از جمله بیشترین مطالعاتی که روی این آنزیم‌های پراکسیداز صورت گرفته است مربوط به آنزیم استخراجی از ریشه‌های ترب کوهی است (Almaz et al., 2021).

مواد و روش‌ها

این مقاله مروری با مطالعه منابع معتبر، به بررسی انواع آنزیم‌های پراکسیداز با منشا گیاهی پرداخته و پتانسیل درمانی و کاربرد آنزیم‌های پراکسیداز با منشا گیاهی در صنعت غذا و تاثیر آن‌ها بر سلامتی را مورد بررسی قرار داده است.

ساختار فیزیکی و شیمیایی پراکسیدازهای گیاهی

پراکسیدازها عموماً حاوی کوفاکتورهای هم می‌باشند و وزن مولکولی آن‌ها از ۳۵ تا ۱۰۰ کیلودالتون متغیر است. پراکسیداز یک پلی‌پپتید منفرد، شامل ۳۰۸ اسیدآمینه است. از نظر ساختاری، ترمینال N پروتئین توسط پیروگلوتامات مسدود شده در حالی که پایانه‌ی C ناهمگن است. هریک از اسیدآمینه‌ها در یک پلی‌پپتید دارای کاربرد خاصی است. برای مثال His170 مختصات پیوند با اتم هم را تشکیل داده و Asp247 به کنترل ایمیدازولات حلقه His170 کمک می‌کند. Arg38 نقش اساسی در تشکیل و تثبیت لیگاندها و بسترهای معطر دارد وآمینواسید Pro139 ساختار پراکسیدازهای گیاهی را حفظ می‌کند. اکثر پراکسیدازها حاوی کوفاکتورهای هم و یون آهن می‌باشند. برخی پراکسیدازها نیز وجود دارند که در آن‌ها آهن هِم با مس، منگنز، وانادیوم یا سلنیوم جایگزین شده است. علاوه بر این، بسته به نقطه ایزوالکتریک، می‌توان پراکسیدازها را به پراکسیداز اسیدی، پراکسیداز خنثی و پراکسیداز پایه تقسیم کرد. همچنین با توجه به حالت اتصال، می‌توان این آنزیم‌ها را به پراکسیداز محلول، پراکسیداز متصل به یون و پراکسیداز متصل به کووالانسی تقسیم کرد. مشخصات الکتروفورتیک پراکسیدازها در شرایط خاصی نسبتاً پایدار می‌باشند. در زمینه بیوتکنولوژی میکروبی و مهندسی آنزیم‌ها، پراکسیدازهای گیاهان بسیار مورد توجه می‌باشند؛ زیرا استخراج پراکسیدازها از منابع گیاهی از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است. ازجمله منابع گیاهی برای استخراج پراکسیداز می‌توان به شلغم، ترب‌کوهی، سیب زمینی، ذرت، موز، لیمو، کاکائو، دانه کولا و سویا اشاره کرد (Camiscia et al., 2020).

تا به امروز، پراکسیداز ترب‌کوهی به طور گسترده در بیشتر کاربردهای بالینی مورد استفاده قرار گرفته است. استخراج از ریشه‌های ترب، نیاز به روش‌های پیچیده و طولانی دارد که شامل چندین مرحله رسوب‌دهی، بخش بخش کردن، کروماتوگرافی و فیلتراسیون می‌شود و کل فرآیند بسته به درجه خلوص آنزیم از چند روز تا چند هفته طول می‌کشد. این خانواده شامل ۴ پل دی سولفیدی حفاظت شده، دو یون کلسیم و بین ۱۰-۲۵ درصد کربوهیدرات است. به علاوه همه پراکسیدازهای گیاهی در ناحیه دیستال دو اسید آمینه حفاظت شده هیستیدین و آرژنین و در ناحیه پروکسیمال یک هیستیدین حفاظت شده دارند. به دلیل اینکه، عصاره‌های گیاهی ترکیباتی با منشا طبیعی می‌باشند، آثار مخربی بر سلامت انسان ندارند، سریع تجزیه شده و تا به امروز گزارشی مبنی بر مقاومت بیمارگرها نسبت به اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی گزارش نشده است. پراکسیدازهای گیاهی در حال حاضر تقاضای زیادی دارند و استفاده

و کاربرد آن‌ها در حال افزایش است؛ زیرا محصولات مشتق شده از گیاهان دارای مزایای سلامتی زیادی می‌باشند (De Oliveria et al., 2021).

کاربردهای آنزیم‌های پراکسیداز با منشا گیاهی در صنایع غذایی

هنگامی که شیر تحت فرآیند پاستوریزاسیون قرار می‌گیرد، ایده‌آل این است که آنزیم غیرفعال نشود تا ثابت شود که فرآیند پاستوریزاسیون از دمای مناسب فراتر نرفته است. همچنین، لاکتوپراکسیداز آنزیمی است که توسط پراکسید هیدروژن موجود در شیر خام با فعالیت ضد میکروبی فعال می‌شود، بنابراین برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها در مواقع کمبود یخچال استفاده می‌شود.کاتالاز یک پروتئین ترامری است که در موجودات هوازی یافت می‌شود. مکانیسم عمل این آنزیم شامل تجزیه پراکسید هیدروژن در اکسیژن و آب است که استرس اکسیداتیو ناشی از این سوبسترا را کاهش می‌دهد. کاتالاز را می‌توان در تولید پنیر در صنایع غذایی استفاده کرد. این آنزیم مسئول حذف باقیمانده‌های ناخواسته هیدروژن پراکسید در پنیر است. صنعت نوشیدنی در مناطق گرمسیر با مشکل pH بالا مواجه است. نوشیدنی‌های با pH بالا اغلب از نظر میکروبیولوژیکی ناپایدار می‌باشند که ممکن است، مشکلاتی در پایداری رنگ داشته باشند و منجر به نوشیدنی‌های نامتعادل از نظر ارگانولپتیکی شوند. محققان از ترکیب آنزیم‌های پراکسیداز برای متابولیزه کردن گلوکز به اسید گلوکونیک استفاده کردند که منجر به افزایش اسیدیته کل شد و در نتیجه، نشان داده شد که پراکسیدازها در کاهش قابل توجه pH آبمیوه و سایر نوشیدنی‌ها در مدت زمان کوتاهی و با تأثیر مثبت بر پروفایل‌های ارگانولپتیک نوشیدنی‌های تیمار شده مؤثر است. آنزیم گلوکز اکسیداز در صنایع غذایی برای نگهداری مواد غذایی، حذف اکسیژن آزاد، مهار میکروارگانیسم‌ها و حفظ طعم و رنگ، علاوه بر ایجاد تغییرات مطلوب در برخی از محصولات غذایی، مانند محصولات نانوایی یا تعدیل تخمیر اتانول، مورد استفاده قرار می‌گیرد. لیپوکسیژناز در سنتز اسیدهای چرب در گیاهان و حیوانات مهم است و به ویژه از گیاهان سویا به دست می‌آید. لیپوکسیژناز، اکسیژن‌زدایی اسیدهای چرب غیراشباع را کاتالیز می‌کند تا هیدروپراکسیدهای لیپیدی ایجاد کند. مطالعات انجام شده با لیپوکسیژناز، اثربخشی این کاتالیزورها را اثبات کرده است که بسیاری از آن‌ها مربوط به محصولات نانوایی و تولید عطر می‌باشند. مشاهده شده است که این آنزیم، سفیدی آرد گندم را در محصولات نانوایی بهبود می‌بخشد. در خواص نان تیمار شده، عمدتاً رنگ خرده نان، حجم مخصوص، انعطاف‌پذیری، قابلیت جویدن و سختی آن، بهبود یافته است (Motta et al., 2023).

پتانسیل سلامتی بخشی پراکسیدازهای گیاهی

پراکسیدازها خانواده ایزوآنزیم‌هایی می‌باشند که به طور فعال در اکسیداسیون گونه‌های فعال اکسیژن، ایمنی ذاتی، بیوسنتز هورمون‌ها و پاتوژنز چندین بیماری نقش دارند. در واقع، این آنزیم‌ها به طور مستقیم یا غیرمستقیم با برخی از بیماری‌های پیشرو بشر مانند بیماری پارکینسون، بیماری عروق کرونر، بیماری‌های تشنجی، بیماری‌های پریودنتال، بیماری‌های پوستی و سرطان ارتباط دارند؛ این بیماری‌ها همچنین می‌توانند به دلیل عوامل مختلف مانند آنتی‌بادی‌های خودکار، فلاونوئیدها و تیوسیانات‌ها کنترل شوند که شامل مسیرهای متابولیک عمل آنزیم‌های پراکسیداز است. گفته می‌شود آنزیم‌های پراکسیداز جدا شده از سویا، قارچ، ذرت، سیب زمینی، نخود و لوبیا سفید دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی پراکسیدازها به محتوای اسیدآمینه، میل بستر، قطبیت، ساختار، ماهیت و ترکیب بقایای اسیدآمینه آن‌ها بستگی دارد. توصیف شده است که درصد بالایی از آمینواسیدهای آبگریز در آنزیم‌ها می‌توانند حلالیت چربی را افزایش داده و در نتیجه به دسترسی به رادیکال‌های آزاد موجود در چربی کمک کرده و از

سرطانی شدن بافت چربی جلوگیری کنند. به عنوان مثال، فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی آمینواسیدهای تیروزین و فنیل‌آلانین به دلیل توانایی آن‌ها در اهدای پروتون به رادیکال‌های آزاد است و آمینواسید تریپتوفان شامل گروه ایندول بوده که به عنوان یک ترکیب آلی هتروسیکلیک معطر عمل کرده و می‌تواند هیدروژن به منظور کاهش رادیکال آزاد در بافت چربی اهدا کند. در مقابل، بقایای اسیدهای‌آمینه‌ی لیزین، آرژنین، آسپارتات و گلوتامات با کلاته کردن یون‌های فلزی فعالیت آنتی‌اکسیدانی انجام می‌دهند. همچنین، بقایای پرولین پپتیدها به دلیل ساختار آن برای از بین بردن رادیکال‌ها قابل توجه بوده، در حالی که هیستیدین می‌تواند ظرفیت به دام انداختن رادیکال‌ها را بهبود بخشد. آنزیم‌های پراکسیداز به دلیل وجود ایمیدازول به عنوان یک شلاتور فلزی می‌توانند از سرطانی شدن بافت چربی جلوگیری کنند. مطالعات نشان داده‌اند که ترکیبی از پراکسیداز و ایندول-۳-استیک اسید در حال حاضر به عنوان عامل درمانی سرطان استفاده می‌شود (Imbabi et al., 2021).

نتیجه گیری

طی مطالعاتی ثابت شده مصرف گیاهان تولیدکننده پراکسیداز، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را در بدن افزایش می‌دهند. با توجه به کاربرد بالقوه آنزیم‌های گیاهی، گروه آنزیم‌های پراکسیداز به یک منطقه اصلی تمرکز در زمینه طب سنتی و صنعت داروسازی تبدیل شده است. فعالیت آنتی‌اکسیدانی پراکسیدازها به ماهیت و ترکیب بقایای اسیدآمینه‌ی آن‌ها بستگی دارد. بنابراین واضح است که عوامل مختلفی از جمله محتوای اسید آمینه ، میل بستر ، قطبیت‌ها و ساختارها، می‌توانند بر توانایی آنتی‌اکسیدانی پراکسیدازها تأثیر گذارند، بنابراین از پراکسیداز می‌توان به عنوان شاخصی برای شناسایی گیاهان و کنترل کیفیت استفاده کرد. واضح است که پراکسیدازها نقش امیدوارکننده‌ای در فرآیندهای تجاری و پتانسیل وسیعی برای کاربردهای مختلف دارند. پراکسیدازها به دلیل تطبیق پذیری، زنده ماندن و ماهیت اقتصادی دارای جایگاه برجسته‌ای در بیوتکنولوژی و زمینه‌های مرتبط مانند میکروبیولوژی، هیستوشیمی، پزشکی، ژنتیک و شیمی بالینی است.

منابع

Almaz, Z., Oztekin, A., Abul, N., Gerni, S., Erel, D., Kocak, S. M., ... & Ozdemir, H. (2021). A new approach for affinity-based purification of horseradish peroxidase. *Biotechnology and applied biochemistry*, *68*(1), 102-113.

Camiscia, P., Silva, J. M., Picó, G., & Valetti, N. W. (2020). Extraction and purification of peroxidase and trypsin inhibitor from soybean hulls: A strategy to revalue a waste as a source of different types of molecules of biotechnological interest. *Separation and Purification Technology*, *252*, 117456.

De Oliveira, F. K., Santos, L. O., & Buffon, J. G. (2021). Mechanism of action, sources, and application of peroxidases. *Food Research International*, *143*, 110266.

Imbabi, T. A., Ahmed-Farid, O., Selim, D. A., & Sabeq, I. I. (2021). Antioxidant and anti-apoptotic potential of whole-pomegranate extract promoted growth performance, physiological homeostasis, and meat quality of V-line rabbits under hot summer conditions. *Animal Feed Science and Technology*, *276*, 114911.

Kizilgeci, F., Mokhtari, N. E. P., & Hossain, A. (2020). Growth and physiological traits of five bread wheat (Triticum aestivum L.) genotypes are influenced by different levels of salinity and drought stress. *Fresenius Environ. Bull*, *29*, 8592-8599.

Motta, J. F. G., FREITAS, B. C. B. D., ALMEIDA, A. F. D., MARTINS, G. A. D. S., & Borges, S. V. (2023). Use of enzymes in the food industry: a review. *Food Science and Technology*, *43*, e106222.

Mechanism of action, application and therapeutic potential of peroxidase enzymes of plant origin

Zahra Akhbari[1]*, Maryam Khosh Manzar[1], Dina Mousavi[1]
1. Food Industry Department, Applied Scientific Training Center, Shirin Asal Food Industry Department, East Azerbaijan Province, Tabriz
*Corresponding Author: pazhouhesh@uast-sha.ir

Abstract

Peroxidase enzymes are used in a wide range of biological industries. These enzymes participate as catalysts of biological reactions in various processes and make the process possible or accelerate it. Peroxidases use hydrogen peroxide to catalyze a variety of organic and inorganic compounds. Most of the compounds that harm human health are controlled or destroyed with the help of peroxidase enzymes. In addition to carrying out various processes and participating in various reactions in the bodies of animals, plants and microbes, these enzymes can be extracted from these sources and used in various pharmaceutical, food, textile and paper industries, etc. In this review article, an attempt has been made to introduce peroxidase enzymes of plant origin, as well as to examine the mechanism of action of peroxidases in the field of health and their application in the food industry.

Keywords: Enzyme, Peroxidase, Horseradish, Biological Catalyst, Hydrogen Peroxide

بررسی برهم‌کنش ترکیب Berberine با آنزیم DHFR به روش داکینگ مولکولی

پارسا لطفی [*۱]، آیلین حسین پورزیوری [۲]
گروه زیست شناسی، دانشگاه مراغه ، مراغه، ایران
[*]نویسنده مسئول: mpec2025@azaruniv.ac.ir

چکیده

مطالعات مولکولی در سال‌های اخیر نقش مهمی در شناسایی و طراحی ترکیبات زیست‌فعال از منابع طبیعی ایفا کرده‌اند. یکی از ترکیبات شاخص، Berberine است که به دلیل ساختار ایزوکینولینی و خواص فارماکولوژیک متعدد، مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. این ماده در گیاهانی مانند *Berberis vulgaris* و سایر گیاهان خانواده *Zingiberaceae* یافت می‌شود.آنزیم دی‌هیدروفولات ردوکتاز (DHFR)[1] یکی از آنزیم‌های کلیدی در سنتز نوکلئوتیدهای DNA و رشد سلول و همچنین یکی از اهداف مهم دارویی در درمان سرطان‌ها و بیماری‌های عفونی است. ترکیب Berberine که در گیاه زردچوبه *Curcuma longa* از خانواده *Zingiberaceae* و بومی منطقه کردستان یافت می‌شود، پتانسیل مهار این آنزیم را دارد. در این مطالعه با استفاده از روش داکینگ مولکولی، اتصال Berberine به DHFR بررسی شد. ساختار ترکیب از پایگاه pubchem و ساختار آنزیم با کد U721 از بانک اطلاعاتی RCSB PDB دریافت و در نرم‌افزار PyRx آماده‌سازی گردید. نتایج داکینگ نشان داد Berberine با انرژی اتصال ۸,۷- kcal/mol توانایی برهم‌کنش با محل فعال DHFR را دارد و می‌تواند به عنوان مهارکننده بالقوه آنزیم در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: Berberine، *Curcuma longa*، DHFR، Pyrx، داکینگ مولکولی

مقدمه

افزایش مقاومت دارویی در درمان بیماری‌های عفونی و سرطان، موجب جلب توجه به منابع طبیعی برای تولید داروهای جدید شده است. ترکیبات گیاهی، به‌ویژه آلکالوئیدها، به دلیل زیست‌دسترس‌پذیری و سمیت پایین، جایگزین مناسبی برای ترکیبات شیمیایی سنتزی محسوب می‌شوند. دی‌هیدروفولات ردوکتاز (DHFR) یکی از آنزیم‌های کلیدی در مسیر سنتز نوکلئوتیدها و تکثیر DNA است که نقش مهمی در تقسیم سلولی و رشد سلول‌ها ایفا می‌کند. مهار این آنزیم می‌تواند منجر به توقف رشد سلولی و القای مرگ سلولی در سلول‌های سرطانی شود. از این رو، DHFR به‌عنوان یک هدف دارویی مهم در طراحی داروهای ضدسرطان و ضدباکتریایی مطرح است. بربرین (Berberine)، یک آلکالوئید ایزوکینولینی با منشاء گیاهی، دارای خواص زیستی متعددی از جمله فعالیت‌های ضدسرطانی، ضدباکتری و ضدالتهاب می‌باشد (Tillhon et al., 2012).

در سال‌های اخیر، مطالعات متعددی بر روی پتانسیل بربرین در مهار آنزیم‌های حیاتی صورت گرفته است. زردچوبه *Curcuma longa*، از خانواده *Zingiberaceae*، یکی از گیاهان دارویی مهم در منطقه کردستان است که حاوی ترکیبات فعالی مانند بربرین می‌باشد. داروهایی مانند متوترکسات نیز با هدف مهار DHFR طراحی شده‌اند، اما

1. Dihydrofolate reductase

عوارض جانبی شدید و مقاومت دارویی، استفاده از آن‌ها را محدود کرده است. از این‌رو، شناسایی مهارکننده‌های طبیعی جدید مانند Berberine می‌تواند راهکار مناسبی برای توسعه داروهای نوین باشد هدف از پژوهش حاضر، بررسی برهم‌کنش مولکول بربرین با آنزیم DHFR به کمک روش داکینگ مولکولی است تا از این طریق پتانسیل این ترکیب در مهار آنزیم و کاربردهای درمانی احتمالی آن مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

ساختار سه‌بعدی Berberine از پایگاه PubChem با کد CID: 2353 دریافت و با نرم‌افزار Open Babel به فرمت pdbqt تبدیل شد (PubChem CID:2353).

ساختار آنزیم DHFR نیز از پایگاه RCSB با کد PDB: U721 دریافت گردید. آنزیم و لیگاند در نرم‌افزار PyRx بارگذاری شده و عملیات داکینگ با موتور AutoDock Vina انجام گرفت. Binding Affinity حاصل از چند مود مختلف بررسی و ثبت شد (RCSB PDB ID: U721).

از نرم‌افزار Pyrx نسخه (۰,۹,۸) جهت شبیه‌سازی اتصال Berberine به DHFR استفاده شد. در تعیین ابعاد Grid Box، مختصات X=28.5، Y=30.2، Z=25.7 با ابعاد ۲۵×۲۵×۲۵ انتخاب شد تا محدوده فعال آنزیم پوشش داده شود. سپس با استفاده از AutoDock Vina، فرایند داکینگ آغاز شد. انرژی‌های اتصال (Binding Affinity) و نحوه برهم‌کنش بررسی و تجزیه و تحلیل شدند. از نرم‌افزار PyMOL و Discovery Studio برای مشاهده برهم‌کنش‌ها استفاده شد.

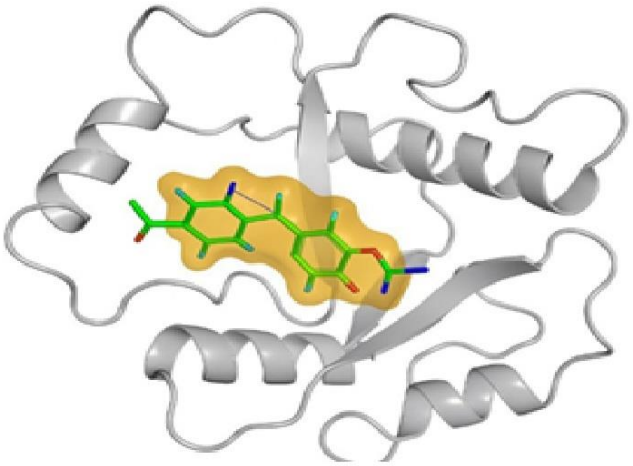
نتایج و بحث

نتایج حاصل از داکینگ مولکولی نشان داد که ترکیب بربرین (Berberine) با انرژی اتصال ۸,۷- kcal/mol توانایی اتصال مؤثر به ناحیه فعال آنزیم DHFR را داراست. مطالعات قبلی نیز به اثرات مهارکنندگی Berberine بر روی مسیرهای زیستی مهم در سلول‌های انسانی اشاره دارند (Ganguly et al., 2015).

براساس محاسبات انجام‌شده، بربرین در چندین مود اتصال متفاوت، برهم‌کنش‌های پایداری را با باقی‌مانده‌های کلیدی محل فعال آنزیم برقرار کرده است. مقادیر به‌دست‌آمده برایBindig Affinity در این مودها بیانگر تمایل بالای این ترکیب به اتصال به DHFR است. علاوه بر این، نحوه‌ی برهم‌کنش‌ها حاکی از حضور پیوندهای هیدروژنی و برهم‌کنش‌های هیدروفوبیک است که می‌توانند نقش مهمی در پایداری کمپلکس بربرین- DHFR ایفا کنند. نتایج جدول زیر نشان می‌دهند که بربرین ممکن است به‌عنوان یک مهارکننده بالقوه DHFR مورد توجه قرار گیرد و پتانسیل توسعه به عنوان داروی ضدسرطان یا ضدباکتریایی را داشته باشد (Imenshahidi & Hosseinzadeh, 2019).

جدول ۱. نتایج قدرت اتصال Berberine به جایگاه فعال آنزیم DHFR در PyRx

Mode	Binding Affinity (kcal/mol)	RMSD Lower Bound	RMSD Upper Bound
1	-8.7	0.000	0.000
2	-8.4	1.1	1.9
3	-8.2	2.0	3.4



شکل ۱. نمای سه‌بعدی اتصال Berberine به محل فعال آنزیمDHFR

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که ترکیب بربرین توانایی اتصال مؤثر به ناحیه فعال آنزیم DHFR را دارد و می‌تواند از طریق برهم‌کنش‌های پایدار، عملکرد این آنزیم را تحت تأثیر قرار دهد. مقادیر قابل توجه Binding Affinity در مودهای مختلف اتصال، پتانسیل بربرین را به‌عنوان یک مهارکننده احتمالی DHFR تقویت می‌کند. با توجه به نقش کلیدی DHFR در مسیرهای زیستی حیاتی مانند سنتز نوکلئوتیدها، یافته‌های حاضر می‌توانند زمینه‌ساز مطالعات بیشتر در راستای توسعه داروهای ضدسرطان یا ضدباکتریایی مبتنی بر بربرین باشند. برای تأیید این نتایج، انجام مطالعات آزمایشگاهی و درون‌سلولی پیشنهاد می‌شود. با توجه به وجود Berberine در گیاه زردچوبه بومی منطقه کردستان، این گیاه می‌تواند در توسعه داروهای طبیعی هدفمند علیه آنزیم DHFR نقش مؤثری ایفا کند.

منابع

Trott, O., & Olson, A. J. (2010). AutoDock Vina: improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization, and multithreading. Journal of Computational Chemistry, 31(2), 455-461.

Tillhon, M., et al. (2012). Berberine: new perspectives for old remedies. Biochemical Pharmacology, 84(10), 1260-1267.

Ganguly, S., et al. (2015). Inhibitory effect of Berberine on human DHFR: insights from docking and simulation. Journal of Molecular Graphics and Modelling, 60, 156-163.

Imenshahidi, M., & Hosseinzadeh, H. (2019). Berberine and its effect on DNA replication and cancer progression. Iranian Journal of Basic Medical Sciences, 22(10), 1095–1103

PubChem Database, Berberine. https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2353

RCSB PDB: 1U72. https://www.rcsb.org/structure/U721

Molecular Docking Study of Berberine Interaction with DHFR Enzyme

Parsa Lotfi[1]*,Aylin Hosseinpoor zivary[2]
Department of biology, University of Maragheh, Maragheh, Iran
*Corresponding Author: mpec2025@azaruniv.ac.ir

Abstract

Berberine, a prominent isoquinoline alkaloid extracted from medicinal plants such as *Berberis vulgaris*, possesses a wide range of pharmacological effects including antimicrobial, anti-inflammatory, antioxidant, and anticancer properties.Dihydrofolate reductase (DHFR) is a critical enzyme in DNA synthesis and is targeted by anticancer and antimicrobial drugs. Berberine, found in the medicinal flora of Kurdistan, Iran, shows potential inhibitory activity against DHFR. In this study, molecular docking analysis was performed using PyRx to investigate the binding of Berberine to DHFR. Berberine structure was retrieved from PubChem (CID: 2353), and DHFR enzyme structure from the RCSB PDB (PDB ID: U721). Docking results revealed a binding affinity of -8.7 kcal/mol in the best mode, indicating a strong interaction. This suggests Berberine could serve as a promising natural DHFR inhibitor for future pharmacological applications.

Keywords: Berberine, *Curcuma longa*, DHFR, Molecular docking, PyRx

سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه ریحان مقدس (*Ocimum sanctum* L.)

حسین ربی انگورانی*
استادیار پژوهشکده فناوری‌های نوین زیستی-دانشگاه زنجان – زنجان-ایران
*نویسنده مسئول: Rabbihossein@znu.ac.ir

چکیده

ریحان مقدس یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی خانواده نعناعیان محسوب می‌شود، رشد گیاهان در شرایط تنش شوری ممکن است از طریق تغییرات پتانسیل اسمزی بر اثر پایین رفتن پتانسیل آب در محیط ریشه و یا بر اثر تاثیرات ویژه یون‌ها در فرآیندهای فیزیولوژیکی کاهش یابد در این تحقیق تاثیر سطوح مختلف تنش شوری شامل سطوح مختلف تنش شوری محلول‌های صفر، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولارکلرید سدیم بر روی جوانه زنی و رشد اولیه بذر گیاه دارویی ریحان مقدس و رشد اولیه محور ریشه‌چه و ساقه‌چه در محل آزمایشگاه گیاهان دارویی پژوهشکده فناوری‌های نوین دانشگاه زنجان مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که سطوح بالای شوری (۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) موجب کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی (به ترتیب ۲۵ درصد و ۴۲ درصد) گردید، رشد ریشه‌چه از سطح ۵۰ میلی‌مولار تحت تأثیر قرار گرفت و در ۱۵۰ میلی‌مولار به ۶۰ درصد کاهش رسید، درحالی‌که ساقه‌چه مقاومت بیشتری نشان داد. نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه از ۱,۲ در شاهد به ۰,۶ در بالاترین سطح شوری کاهش یافت. این مطالعه نشان می‌دهد که ریحان مقدس در مراحل اولیه رشد به‌ویژه در سیستم ریشه‌ای نسبت به تنش شوری حساسیت بیشتری نشان می‌دهد نتایج آزمایش حاضر نشان می‌دهد که اثر بازدارندگی تنش شوری بر جوانه زنی بذر و رشد اولیه گیاه معنی دار می‌باشد. همچنین اثرات بازدارندگی تنش اعمال شده بر رشد محور ریشه‌چه در مقایسه با رشد محور ساقه‌چه بیشتر می‌باشد. به نظر می‌رسد اثرات شدید بازدارندگی تنش شوری، ناشی از اثرات تجمعی حاصل از تغییرات پتانسیل اسمزی محیط ریشه و اثرات ویژه یونی سدیم و و کلر در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش‌های محیطی، تنظیم اسمزی، جوانه‌زنی، ریحان مقدس، شوری.

مقدمه

ریحان مقدس با نام انگلیسی"Holy Basil" یا "Tulsi"وبا نام علمی (*Ocimum tenuiflorum* L.) از خانواده نعناعیان (Lamiaceae) یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی در طب آیورودا و طب سنتی کشورهای مختلف می‌باشد (Pattanayak et al., 2010). این گیاه بومی هند بوده و به‌عنوان "ملکه گیاهان دارویی" در طب آیورودا شناخته می‌شود(Cohen, 2014). اهمیت این گیاه به‌ویژه به دلیل ترکیبات موثره ارزشمند آن است مانند اوژنول (تا ۷۰ درصد اسانس)، کارواکرول، اورسولیک اسید، لینالول و متیل کاویکول می‌باشد (Gupta *et al*., 2021). این ترکیبات مسئول خواص دارویی متعدد از جمله فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضد میکروبی، ضد دیابتی و تعدیل‌کنندگی سیستم ایمنی هستند (Jamshidi & Cohen, 2017). از دیدگاه زراعی، ریحان مقدس گیاهی روزکوتاه با نیاز نوری بالا (حداقل ۶ ساعت نور مستقیم روزانه) است که در خاک‌های با زهکش خوب و pH 6-7.5 به‌خوبی رشد می‌کند (Khalid & Cai, 2011).

این گیاه نسبت به تنش‌های محیطی واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهد .در شرایط تنش خشکی گیاه حساسیت متوسطی نشان می‌دهد و کاهش آبیاری بیش از ۵۰ درصد ظرفیت زراعی باعث کاهش معنادار در عملکرد بیولوژیک و محتوای اسانس می‌شود (Jisha *et al*., 2013). به‌طور کلی، ریحان مقدس با توجه به ترکیبات ارزشمند و سازگاری نسبتاً خوب با شرایط محیطی، گزینه مناسبی برای کشت در سیستم‌های زراعی پایدار و تولید مواد موثره دارویی محسوب می‌شود. این گیاه به دلیل تولید متابولیت‌های ثانویه ارزشمند مانند اوژنول، کارواکرول و اورسولیک اسید از اهمیت دارویی بالایی برخوردار است (Cohen, 2014) در بسیاری از مناطق کشت این گیاه، مشکل شوری آب و خاک به عنوان یک عامل محدودکننده مطرح است (Singh *et al*., 2020) مطالعات نشان داده‌اند که تنش شوری می‌تواند بر فرایندهای فیزیولوژیک گیاه از جمله جوانه‌زنی بذر،رشد گیاهچه و تولید متابولیت‌های ثانویه تأثیر منفی بگذاردبا این حال اطلاعات محدودی درباره پاسخ ریحان مقدس به تنش شوری در مراحل اولیه رشد وجود دارد، هدف این پژوهش بررسی اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه ریحان مقدس بود (Zengin & Munzuroglu, 2005).

مواد و روش‌ها

بذر گیاه ریحان مقدس از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد تیمار شوری ناشی از نمک کلرید سدیم در پنج سطح محلول‌های صفر، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولارکلرید سدیم به‌صورت کشت درون شیشه‌ای و در قالب طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار در در محل آزمایشگاه گیاهان دارویی پژوهشکده فناوری‌های نوین دانشگاه زنجان انجام گرفت. پتری دیشهاجت ایجاد شرایط تاریکی داخل خاک توسط فویل آلومینیومی پوشانیده شدند و در داخل اتاقک رشد با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد به مدت ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی قرار گرفتند. صفات مورد بررسی شامل درصد جوانه‌زنی برحسب، سرعت جوانه زنی تعداد بذر جوانه زده به روز و میانگین طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه با کولیس برحسب میلی‌متر مورد اندازه‌گیری قرارگرفتند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار آماری SAS,Version 9.1 و برای انجام مقایسه میانگین‌ها، از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطوح ۱ و ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج مقایسه میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه ای دانکن نشان‌دهندۀ تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف تنش شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه ریحان مقدس بود (جدول ۱).

جدول ۱. مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیۀ ریحان مقدس

سطح شوری (میلی‌مولار)	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (بذر/روز)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر)
۰ (شاهد)	^{a}۹۲	^{a}۱۲/۴	^{a}۴۸	^{a}۴۸
۵۰	^{a}۸۹	^{b}۱۰/۱	^{b}۳۵	^{b}۳۵
۷۵	^{a}۸۵	^{c}۸/۷	^{c}۲۸	^{c}۲۸
۱۰۰	^{b}۶۹	^{d}۶/۵	^{d}۲۲	^{d}۲۲
۱۵۰	^{c}۵۳	^{e}۴/۸	^{d}۱۹	^{d}۱۹

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ندارند.

تیمار شوری در سطوح بالا باعث کاهش درصد جوانه زنی بذر می‌گردد در سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار، اگرچه درصد جوانه‌زنی کاهش محسوسی نداشت (۸۹ درصد در مقایسه با ۹۲ درصد در شاهد) اما تغییرات قابل توجهی در رشد ریشه‌چه مشاهده شد. طول ریشه‌چه در این سطح کاهش یافت که نشان‌دهنده حساسیت بالای سیستم ریشه‌ای حتی در سطوح متوسط شوری است. این یافته با نتایج Singh و همکاران (۲۰۲۰) در مورد مکانیسم‌های پاسخ به شوری در گونه‌های Ocimum همخوانی داردبا افزایش شوری به ۷۵ میلی‌مولار، اگرچه درصد جوانه‌زنی هنوز کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد نداشت اما سرعت جوانه‌زنی به میزان کاهش یافت. این موضوع نشان می‌دهد که شوری بیشتر بر سرعت فرآیندهای متابولیکی مؤثر در جوانه‌زنی تأثیر می‌گذارد تا بر درصد نهایی آن. در این سطح شوری، طول ریشه‌چه ۴۲ و طول ساقه‌چه کاهش یافت که بیانگر پاسخ تفاضلی اندام‌های گیاه به تنش شوری است. در سطوح بالای شوری (۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) اثرات بازدارنده به‌طور چشمگیری افزایش یافت. درصد جوانه‌زنی در این سطوح به ترتیب ۲۵ درصد و ۴۲ درصد کاهش نشان داد. جالب توجه اینکه در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار، رشد ریشه‌چه ۶۰ درصد و رشد ساقه‌چه ۴۰ درصد کاهش یافت. این نتایج مؤید آن است که سیستم ریشه‌ای به عنوان اولین بخش در تماس با محیط شور، بیشترین آسیب را متحمل می‌شود. ، گیاهچه در شرایط شور، کاهش قابل توجهی درنسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه نشان داد (از ۱,۲ به ۰,۶) که می‌تواند بیانگر حساسیت گیاه به تنش شوری باشد.

که می‌تواند پیامدهای مهمی در جذب آب و مواد غذایی گیاه داشته باشد یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که ریحان مقدس در مرحله جوانه‌زنی تا سطح ۷۵ میلی‌مولار NaCl مقاومت نسبی از خود نشان می‌دهد، اما رشد گیاهچه به‌ویژه سیستم ریشه‌ای از سطوح پایین‌تر شوری تحت تأثیر قرار می‌گیرد. این الگوی پاسخ به شوری را میتوان در چارچوب چندین مکانیسم فیزیولوژیک و بیوشیمیایی تفسیر کرد. از دیدگاه فیزیولوژیک، مقاومت نسبی جوانه‌زنی در سطوح متوسط شوری ممکن است ناشی از فعال‌سازی سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی باشد (Cohen, 2014). از جنبه بیوشیمیایی، تجمع اسمولیت‌های سازگارکننده مانند پرولین، گلیسین بتائین و قندهای محلول میتواند در حفظ تعادل اسمزی سلول‌های جنین و بافت‌های در حال رشد نقش کلیدی داشته باشد Pattanayak و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کرده‌اند که در ریحان مقدس، تجمع پرولین تحت تنش شوری تا ۵ برابر افزایش می‌یابد. این ترکیبات نه‌تنها در تنظیم فشار اسمزی نقش دارند، بلکه به عنوان محافظت‌کننده‌های ماکرومولکول‌های سلولی نیز عمل می‌کنند. حساسیت بیشتر سیستم ریشه‌ای به تنش شوری را می‌توان از چند منظر تحلیل کرد. نخست آنکه ریشه به عنوان اولین اندام در تماس با محیط شور، بیشترین غلظت یون‌های سمی را دریافت می‌کند. دوم اینکه تقسیم سلولی در منطقه مریستمی ریشه به اختلال در تعادل یونی بسیار حساس است. مطالعات نشان داده‌اند که جایگزینی یون‌های Ca^{2+} توسط Na^{+} در غشای پلاسمایی می‌تواند به تخریب ساختار غشا و افزایش نفوذپذیری آن منجر شود (Zengin & Munzuroglu, 2005). سوم آنکه تجمع انتخابی یون‌های سدیم و کلر در بافت‌های ریشه می‌تواند مستقیماً بر فعالیت آنزیم‌های کلیدی مؤثر در رشد تأثیر بگذارد. تفاوت در پاسخ ریشه‌چه و ساقه‌چه به تنش شوری را نیز می‌توان به عوامل متعددی نسبت داد. ساقه‌چه به دلیل قرار گرفتن در معرض مستقیم نور و انجام فتوسنتز، ممکن است منابع کربنی بیشتری برای مقابله با تنش در اختیار داشته باشد. همچنین، وجود کوتیکول ضخیم‌تر در اندام‌های هوایی می‌تواند تا حدی از ورود یون‌های سمی جلوگیری کند. از سوی دیگر، توزیع مجدد یون‌ها در گیاه به شکلی است که بخشی از یون‌های جذب‌شده در واکوئل‌های سلول‌های ریشه ذخیره می‌شوند و به اندام‌های هوایی منتقل نمی‌گردد. از دیدگاه اکوفیزیولوژیک، کاهش نسبت ریشه به ساقه تحت تنش شوری پیامدهای مهمی برای گیاه دارد. این تغییر می‌تواند منجر به کاهش کارایی جذب آب و مواد غذایی شود که خود موجب تشدید اثرات منفی تنش می‌گردد. همچنین،

کاهش شاخص در مقایسه با گونه‌های مشابه، به نظر می‌رسد ریحان مقدس از نظر تحمل به شوری در موقعیت متوسطی قرار دارد. گزارش‌های موجود نشان می‌دهند که این گونه در مقایسه با *Ocimum basilicum* مقاومت بیشتری به شوری نشان می‌دهد، اما در مقایسه با برخی گونه‌های هالوفیت خانواده نعناعیان از تحمل کمتری برخوردار است (Singh et al., 2020) تفاوت‌ها احتمالاً ناشی از تفاوت در مکانیسم‌های تحمل در سطح مولکولی و سلولی است.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش چندین پیام مهم برای کشت و کار ریحان مقدس در شرایط شور دارد: اول آنکه آستانه تحمل ۷۵ میلی‌مولار می‌تواند به عنوان معیاری برای مدیریت آبیاری در مناطق شور مورد استفاده قرار گیرد. دوم آنکه حساسیت بیشتر سیستم ریشه‌ای نشان می‌دهد که استفاده از روش‌هایی مانند پیش‌تیمار بذرها می‌تواند در افزایش تحمل به شوری مؤثر باشد. سوم آنکه کاهش رشد ریشه در سطوح بالای شوری لزوم توجه به بسترهای کشت با زهکشی مناسب را خاطر نشان می‌سازد.

منابع

Cohen, M. M. (2014). Tulsi - *Ocimum sanctum*: A herb for all reasons. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine, 5*(4), 251-259. https://doi.org/10.4103/0975-9476.146554

Gupta, P., Nahak, G., & Sahu, R. K. (2021). Review on phytochemical and pharmacological aspects *of Ocimum sanctum* Linn. (Tulsi). *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 12*(3), 1330-1342. https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.12(3).1330-42

Jamshidi, N., & Cohen, M. M. (2017). The clinical efficacy and safety of Tulsi in humans: A systematic review of the literature. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2017*, 1-13. https://doi.org/10.1155/2017/9217567

Jisha, K. C., Vijayakumari, K., & Puthur, J. T. (2013). Seed priming for abiotic stress tolerance: An overview. *Acta Physiologiae Plantarum, 35*(5), 1381-1396. https://doi.org/10.1007/s11738-012-1186-5

Pattanayak, P., Behera, P., Das, D., & Panda, S. K. (2010). *Ocimum sanctum* Linn. A reservoir plant for therapeutic applications: An overview. *Pharmacognosy Reviews, 4*(7), 95-105. https://doi.org/10.4103/0973-7847.65323

Singh, V., Krishan, P., & Shri, R. (2020). Salinity stress responses and adaptive mechanisms in *Ocimum species*. *Plant Physiology Reports, 25*(3), 381-397. https://doi.org/10.1007/s40502-020-00531-7

Zengin, F. K., & Munzuroglu, O. (2005). Effects of some heavy metals on content of chlorophyll, proline and some antioxidant chemicals in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica, 47*(2), 157-164.

The effect of salinity stress on seed germination and primery growth of holy basil (*Ocimum sanctum* L.)

Hossein Rabbi Angourani*
Assistant Professor Research Institue of Modern Biological Techniques, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
*Corresponding Author: Rabbihosein@znu.ac.ir

Abstract

Holy basil is one of the most important medicinal plants of the mint family. Plant growth under salt stress conditions may be reduced through changes in osmotic potential due to a decrease in water potential in the root environment or due to the specific effects of ions on physiological processes. In this study, the effect of different levels of salt stress, including different levels of salt stress of 0, 50, 75, 100, and 150 mM sodium chloride solutions, on the germination and initial growth of Holy basil seeds and the initial growth of the root and shoot axis was investigated at the Medicinal Plants Laboratory of the Institute of New Technologies, University of Zanjan. The experiment was conducted in a completely randomized design with four replications. The results showed that high salinity levels (100 and 150 mM) significantly reduced the germination percentage (25 درصد and 42 درصد , respectively), root growth was affected from 50 mM and decreased to 60 درصد at 150 mM, while the shoot showed greater resistance. The root to shoot length ratio decreased from 1.2 in the control to 0.6 at the highest salinity level. This study shows that Holy Basil is more sensitive to salinity stress in the early stages of growth, especially in the root system. The results of the present experiment show that the inhibitory effect of salinity stress on seed germination and early plant growth is significant. Also, the inhibitory effects of stress on root axis growth are greater than those on shoot axis growth. It seems that the severe inhibitory effects of salt stress are due to the cumulative effects of changes in the osmotic potential of the root environment and the specific effects of sodium and chlorine ions on plant physiological processes.

Keywords: Environmental stresses, Germination, Holy basil, Osmotic regulation, Salinity.

بررسی محتوی اسانس گیاه جاشیر (*Prangos ferulacea* L) در مراحل مختلف رشد در رویشگاه‌های طبیعی استان زنجان

حسین ربی انگورانی *
استادیار پژوهشکده فناوری‌های نوین زیستی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
*نویسنده مسئول: Rabbihossein@znu.ac.ir

چکیده

جاشیر با نام علمی (*Prangos ferulacea* L.) گیاهی چندساله پایا و بومی مناطق کوهستانی غرب آسیا و ایران و متعلق به تیرهٔ چتریان می‌باشد که به دلیل داشتن خواص ضدالتهابی و ضددرد در معالجه بیماریهای گوارشی به کار می‌رود همچنین به عنوان ماده ضدعفونی کننده طبیعی و حشره‌کش کاربرد داشته و دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی است. که صمغ، دانه، ریشه، برگ و اسانس آن در صنایع غذایی، دارویی و بهداشتی کاربرد داشته و پیکرهٔ رویشی آن در تغذیه دام‌ها کاربرد دارند.

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر مراحل مختلف رشد و شرایط اکولوژیک بر عملکرد اسانس گیاه جاشیر در استان زنجان اجرا شد. مطالعه به روش میدانی-آزمایشگاهی در سال‌های ۱۴۰۲-۱۴۰۱ انجام گرفت. طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور اصلی طراحی گردید. فاکتور اول منطقه در پنج سطح (شامل طارم علیا، انگوران، ماهنشان، زنجانرود و خدابنده) و فاکتور دوم مرحله رشد در سه مرحله فنولوژیک (رویشی، گلدهی و بذردهی) و با چهار تکرار در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد مرحله گلدهی با میانگین بازده ۱/۴۲٪ در منطقه طارم علیا به عنوان بهینه‌ترین زمان برداشت شناخته می‌شود، در حالی که مراحل رویشی (۰/۹۲-۰/۵۸٪) و بذردهی (۰/۸۵-۰/۵۲٪) بازده کمتری داشتند. عوامل محیطی مانند ارتفاع از سطح دریا، نوع خاک و شرایط اقلیمی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد اسانس نشان دادند. ($p< ۰/۰۵$) این یافته می‌تواند مبنای علمی برای برنامه‌ریزی کشت صنعتی این گیاه دارویی ارزشمند و احیای مراتع مستعد در استان زنجان باشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، استان زنجان، جاشیر، عوامل اکولوژیک، مراحل رشد.

مقدمه

گیاه جاشیر (*Prangos ferulacea* L.) از تیره چتریان (Apiaceae) به عنوان گنجینه ای از ترکیبات زیست فعال در طب سنتی ایران شناخته می‌شود، جنس Prangos ۱۵ گونه در ایران دارد (Saeidi et al., 2018). این گیاه چندساله پایا و بلند بومی مناطق کوهستانی غرب آسیا بوده و در طب سنتی ایران برای درمان بیماری‌های گوارشی (اسپاسمولیتیک)، خاصیت ضدالتهابی و ضددردهای مفصلی و به عنوان ماده ضدعفونی کننده کاربرد داشته و دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی است (Saeidi et al., 2018). همچنین عمدتا به عنوان علوفه‌ای غنی در تغذیه دام‌ها استفاده می‌شود (Amiri et al., 2016). صمغ، دانه، ریشه، برگ و اسانس گیاه جاشیر در صنایع غذایی، دارویی و بهداشتی کاربرد دارند. از اسانس این گیاه به عنوان طعم‌دهنده در صنایع غذایی همچنین در صنعت عطرسازی و تولید ادکلن، کاربرد فراوانی دارد، همچنین به شکل حشره‌کشی طبیعی نیز استفاده می‌شود (Rustaiyan et al., 2019).

مطالعات اکوفیتوشیمیایی نشان داده‌اند که عوامل محیطی متعددی از جمله: ارتفاع از سطح دریا (بین ۲۵۰۰-۱۲۰۰ متر) میزان بارندگی سالانه (۴۵۰-۲۵۰ میلی‌متر) نوع خاک (عمدتا لومی-رسی) و درجه حرارت متوسط سالانه (۱۲-۸ درجه سانتی‌گراد) می‌توانند بر کمیت و کیفیت اسانس جاشیر تأثیر بگذارند (Rustaiyan et al., 2019). از اهمیت اکولوژیک این گیاه دارویی و مرتعی می‌توان بر ارزش غذایی بالا برای انسان و دام و حیوانات اشاره نمود همچنین نقش آن در جلوگیری از فرسایش خاک تغذیه حشرات زنبورهای عسل می‌باشد (Amiri & Joharchi, 2013). استان زنجان با مساحتی حدود ۲۲،۱۶۴ کیلومتر مربع و تنوع ارتفاعی ۳۰۰ تا ۳۴۰۰ متر از سطح دریا، شرایط اکولوژیک منحصر به فردی را برای رویش این گیاه فراهم آورده است. هدف این پژوهش بررسی اثر منطقه مرحلهٔ رشد بر میزان اسانس گیاه جاشیر در شرایط رویشگاه‌های طبیعی استان زنجان بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به روش میدانی-آزمایشگاهی طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۴۰۱ شمسی در پنج رویشگاه طبیعی استان زنجان انجام شد. طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور اصلی طراحی گردید. فاکتور اول منطقه در پنج سطح (شامل طارم علیا، انگوران، ماهنشان، زنجانرود و خدابنده) و فاکتور دوم مرحله رشد در سه مرحله فنولوژیک (رویشی، گلدهی و بذردهی) و با چهار تکرار در نظر گرفته شد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۸). در مجموع ۶۰ نمونه (۵ منطقه × ۳ مرحله رشد × ۴ تکرار) جمع‌آوری و مورد بررسی و نمونه‌برداری قرار گرفت در هر مرحله از نمونه‌ها پس از برداشت بلافاصله و به صورت مجزا در شرایط اتاق در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. جهت استخراج اسانس با روش تقطیر با آب به مدت ۳ ساعت با استفاده از دستگاه کلونجر انجام گرفت. اسانس بوسیله سولفیت سدیم انهیدرید آب‌گیری شدند و مقدار اسانس برحسب درصد وزن خشک اندام گیاهی محاسبه گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار آماری SAS,Version 9.1 و برای انجام مقایسات میانگین‌ها، از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطوح ۱ و ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج مقایسه میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه ای دانکن نشان دهندهٔ مراحل مختلف رشد و رویشگاه‌های مختلف تأثیر معنی‌دار بر مقدار اسانس گیاه جاشیر در استان زنجان دارد ($p<۰/۰۵$) (جدول ۱).

جدول ۱. مقایسه میانگین بازده اسانس گیاه جاشیر (Prangos ferulacea L.) در مناطق مختلف استان زنجان

موقعیت جغرافیایی رویشگاه			درصد اسانس در ۱۰۰ گرم مادهٔخشک گیاهی		
منطقه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	موقعیت جغرافیایی (درجه و دقیقه)	مرحله رویشی (برگ)	مرحله گلدهی(گل)	مرحله بذردهی(بذر)
طارم علیا(اراضی تازه کند)	۱۲۵۰	(36° 56.139'N)(48° 41.734'E)	^{a}۰/۹۲	^{a}۱/۴۲	^{a}۰/۸۵
انگوران	۱۵۱۸	(36° 36.574'N)(47° 40.086'E)	^{b}۰/۸۵	^{b}۱/۱۸	^{b}۰/۷۸
ماهنشان(پری)	۱۶۷۸	(36° 51.516'N)(47° 28.489'E)	^{c}۰/۷۲	^{c}۰/۹۵	^{c}۰/۶۵
قره‌پشتلو(ماری)	۲۰۹۳	(36° 58.654'N)(48° 25.040'E)	^{d}۰/۶۸	^{d}۰/۸۸	^{d}۰/۶۰
خدابنده	۲۲۰۰	(36° 5.718'N)(48° 32.280'E)	^{e}۰/۵۸	^{e}۰/۷۵	^{e}۰/۵۲

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح ۵٪ ندارند.

بیشترین بازده اسانس (۱/۴۲٪) در مرحله گلدهی در منطقه طارم علیا (ارتفاع ۱۲۵۰ متر) و کمترین مقدار (۰/۵۲٪) در مرحله بذردهی در منطقه خدابنده (ارتفاع ۲۲۰۰ متر) مشاهده شد، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که تأثیر مراحل مختلف رشد و شرایط اکولوژیک بر عملکرد اسانس گیاه جاشیر در استان زنجان تأثیر معنی‌داری بر بازده اسانس در سطح ۵ درصد دارد، مرحله رویشی میانگین بازده اسانس بین ۰/۵۸تا ۰/۹۲ درصد متغیر بود که پایین‌ترین مقدار در بین مراحل مختلف رشد محسوب می‌شد. این یافته با مطالعه روی سایر گونه‌های خانواده چتریان همخوانی دارد (Amiri & Joharchi., 2013). مرحله گلدهی به عنوان مطلوب‌ترین زمان برداشت شناسایی شد که در آن بازده اسانس در منطقه طارم علیا به حداکثر مقدار ۱/۴۲ درصد رسید. این افزایش قابل توجه را می‌توان به عوامل متعددی از جمله نیاز گیاه به جذب حشرات گرده‌افشان، افزایش فعالیت متابولیکی و تکامل سیستم‌های تولید متابولیت‌های ثانویه نسبت داد (Karimi et al., 2020). در مرحله بذردهی، کاهش تدریجی تولید اسانس به میزان ۰/۵۲تا ۰/۸۵ درصد مشاهده شد که احتمالاً ناشی از تغییر جهت متابولیسم گیاه به سمت تولید بذر است (Saeidi et al., 2018). از دیدگاه اکولوژیک، نتایج نشان داد که تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر تولید اسانس در مراحل مختلف رشد یکسان نیست و بیشترین حساسیت در مرحله گلدهی مشاهده شد (Rustaiyan et al., 2019). در مطالعات مشابه اثرات عوامل محیطی مانند ترکیب خاک، میزان بارندگی و دمای هوا تأثیر قابل توجهی بر عملکرد اسانس دارند مقایسه با مطالعات انجام شده در سایر مناطق ایران نشان داد که اگرچه الگوی کلی تولید اسانس مشابه است، اما درصد برخی ترکیبات در نمونه‌های زنجان متفاوت است که می‌تواند ناشی از شرایط خاص میکروکلیمایی این منطقه باشد از دیدگاه فیزیولوژیک، تغییرات در تولید اسانس در مراحل مختلف رشد را می‌توان به تغییرات در فعالیت آنزیم‌های کلیدی مسیرهای بیوسنتزی نسبت داد (Farhoudi et al., 2020). با این حال، برخی محدودیت‌ها از جمله عدم بررسی تغییرات روزانه در تولید اسانس و تأثیر شرایط آب‌وهوایی خاص سال‌های مختلف نیاز به مطالعات تکمیلی دارد (Rahimi et al., 2023). پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده، تأثیر روش‌های مختلف برداشت، تغییرات ساعتی تولید اسانس و اثر تغییرات اقلیمی بر الگوی تولید اسانس مورد بررسی قرار گیرد یافته‌های این پژوهش نشان داد مرحله گلدهی بهینه‌ترین زمان برای برداشت جاشیر است که با نتایج Saeidi et al. (2018) همخوانی دارد. کاهش بازده اسانس در ارتفاعات بالاتر ممکن است ناشی از کاهش دما و تغییر در ترکیب خاک باشد که تفاوت در بازده اسانس بین مراحل رشد را می‌توان به تغییرات در فعالیت آنزیم‌های مسیرهای بیوسنتزی نسبت داد (Farhoudi et al., 2020). از جنبه کاربردی، برداشت در مرحله گلدهی و در مناطق کم‌ارتفاع (زیر ۱۵۰۰ متر) برای حداکثر بازده توصیه می‌شود (Babaei et al., 2023). این مطالعه با محدودیت‌هایی مانند عدم بررسی تغییرات روزانه و سالانه مواجه بود که نیاز به پژوهش‌های تکمیلی دارد و همچنین پیشنهاد می‌گردد در ادامه نیز تحقیق اثرات رویشگاه‌های اسانس بر کیفیت و فیتوشیمی اسانس گیاه جاشیر نیز بررسی گردد.

منابع

Amiri, M. S., & Joharchi, M. R. (2013). Ethnobotanical knowledge of Apiaceae family in Iran. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 3(3), 254-271. https://doi.org/10.22038/ajp.2013.43

Farhoudi, R., et al. (2020). Biochemical pathways in essential oil biosynthesis. *Phytochemistry Reviews*, 19(4), 875-896. https://doi.org/10.1007/s11101-020-09693-6

Karimi, A., Krähmer, A., Herwig, N., Schulz, H., & Hadian, J. (2020). Variation of secondary metabolite profile of *Zataria multiflora* Boiss. populations linked to geographic, climatic, and edaphic factors. Frontiers in Plant Science, 11, 969. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00969.

Rahimi, A., et al. (2023). Challenges in medicinal plant research. *Journal of Ethnopharmacology*, 301, 115-128. https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115128

Rustaiyan, A., Masoudi, S., & Monfared, A. (2019). Comparative study of the essential oils of *Prangos ferulacea* from different regions of Iran. Journal of Essential Oil Research, 31(4), 312-318. https://doi.org/10.1080/10412905.2019.1577309

Saeidi, K., Sefidkon, F., & Teimouri, M. (2018). Chemical composition and antioxidant activity of essential oil from *Prangos ferulacea* (L.) Lindl. in Iran. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 21(1), 246-253. https://doi.org/10.1080/0972060X.2018.1451387.

Investigating the essential oil content of Jashir plant (*Prangos ferulacea* L.) in different stages of growth in natural habitats of Zanjan province

Hossein Rabbi Angourani*
Assistant Professor Research Institue of Modern Biological Techniques, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
*Corresponding Author: Rabbihosein@znu.ac.ir

Abstract

Jashir, with the scientific name (*Prangos ferulacea* L.), is a perennial plant native to the mountainous regions of West Asia and Iran and belongs to the Asteraceae family. It is used in the treatment of digestive diseases due to its anti-inflammatory and analgesic properties. It is also used as a natural disinfectant and insecticide and has strong antioxidant activity. Its gum, seeds, roots, leaves and essential oil are used in the food, pharmaceutical and health industries, and its vegetative body is used in animal nutrition. This study aimed to investigate the effect of different growth stages and ecological conditions on the yield of Jashir essential oil in Zanjan province. The study was conducted using a field-laboratory method in 1401-1402. The experimental design was designed as a factorial design in the form of a completely randomized block design with two main factors. The first factor was the region at five levels (including Tarom-Olia, Angouran, Mahneshan, Zanjanroud and khodabandeh) and the second factor was the growth stage at three phenological stages (vegetative, flowering and seeding) and with four replications. The results showed that the flowering stage with an average yield of 1.42% in the Tarom-Olia region is known as the most optimal harvesting time, while the vegetative (0.58-0.92%) and seeding (0.52-0.85%) stages had lower yields. Environmental factors such as altitude above sea level, soil type and climatic conditions showed a significant effect on the yield of essential oil ($p<0.05$). These findings can be a scientific basis for planning the industrial cultivation of this valuable medicinal plant and the restoration of susceptible pastures in Zanjan province.

Keywords: Essential oil, Ecological factors, Growth stages, Jashir, Zanjan province

سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

مطالعه تشریحی ساقه و دم‌گل در برخی گونه‌های دارویی جنس *Cousinia* sect. *Platyacanthae* از تیره Asteraceae در ایران

فائزه دانشی‌پور*[۱]، میثم حبیبی[۱]، فریده عطار[۲]، راضیه صلاحی[۳]

۱- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه و فنی مهندسی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

۲- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم و فناوری‌های زیستی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

*نویسنده مسئول: faezehdaneshi.76@gmail.com

چکیده

جنس *Cousinia* از تیره‌ی Asteraceae با حدود ۷۰۰ گونه، یکی از متنوع‌ترین جنس‌های گیاهی در ناحیه‌ی فلور ایرانیکا به‌شمار می‌رود. با وجود انجام مطالعات گسترده در زمینه‌های ریخت‌شناسی و مولکولی، بررسی ویژگی‌های تشریحی در بسیاری از گونه‌های این جنس همچنان محدود باقی مانده است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی ساختار تشریحی مقایسه‌ای در سه گونه‌ی *C. freynii* و *Cousinia trachyphyllaria, C. bienerti* و ارزیابی کارایی این صفات در مطالعات تاکسونومیکی است. نمونه‌های گیاهی از هرباریوم دانشگاه تهران (TUH) تهیه شدند. برش‌های عرضی از ساقه و دم‌گل با تیغ به روش دستی تهیه شده و با رنگ‌های کارمن‌زاجی و سبز متیل رنگ‌آمیزی شدند. مشاهدات با میکروسکوپ نوری انجام گرفت و ویژگی‌های بافتی مانند ساختار اپیدرم، کلانشیم، پارانشیم، فیبرهای اسکلرانشیمی، نوع و آرایش دستجات آوندی و ساختار مغز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد مقطع عرضی ساقه‌ها شش‌ضلعی، دایره‌ای و مقطع دم‌گل‌ها دایره‌ای، پنج‌ضلعی و شش‌ضلعی است. همچنین، تفاوت‌هایی در ضخامت اپیدرم، شکل، تعداد لایه‌های کلانشیم و پارانشیم، تعداد دستجات آوندی بین گونه‌ها مشاهده شد. این تفاوت‌ها می‌توانند به‌عنوان صفات کمکی در تشخیص گونه‌ای مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: دم‌گل، ساختار تشریحی، ساقه، Asteraceae، *Cousinia*

مقدمه

جنس *Cousinia* Cass (هزار خار) با بیش از ۷۰۰ گونه، بزرگترین جنس در گروه *Arctium-Cousinia* از طایفه *Cardueae* و زیرطایفه *Carduinae* تیره Asteraceae است. این جنس، اندمیک منطقه ایران-تورانی و ترکستانی بوده و در آسیای میانه، جنوب غربی آسیا و شرق اروپا پراکندگی وسیعی دارد. (Rechinger, 1972, 1979; Attar & Ghahreman, 2006). مرکز اصلی تنوع این جنس، مناطق کوهستانی پامیر-آلای در آسیای میانه با حدود ۱۷۰ گونه است (Knapp, 1987). شمال شرق ایران و جنوب ترکمنستان نیز با حدود ۱۰۰ گونه (۷۰ گونه انحصاری) به عنوان دومین مرکز تنوع این جنس شناخته می‌شوند. ایران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مراکز تنوع گونه‌ای *Cousinia*، با بیش از ۲۵۰ گونه‌ی شناخته‌شده، جایگاه مهمی در مطالعات تاکسونومیکی و فیلوژنتیکی این جنس دارد (Zare et al., 2013). جنس *Cousinia* در طب سنتی کاربرد دارویی داشته و از ریشه یا شیره تازه‌ی آن‌ها برای درمان بیماری‌هایی مانند استسقاء، اسهال مزمن، اسهال خونی، خون‌ریزی ادراری، و ناراحتی‌های کبدی و آسم استفاده شده است. این گیاهان خواص ادرارآور، ضدعفونی‌کننده و ضداستفراغ نیز دارند (Tareen et al., 2010).

مطالعات انجام‌شده بر روی گونه‌های بخش *Serratuloideae* نشان داده‌اند که ساختار رگبرگ میانی و برگ می‌تواند معیار مناسبی برای تفکیک تاکسونومیکی این گونه‌ها باشد. با این‌حال، علیرغم انجام مطالعات مولکولی، مرزبندی دقیق گونه‌ها و تعیین روابط بین آن‌ها همچنان به‌طور کامل روشن نشده است. بررسی ویژگی‌های تشریحی برگ و ساقه در گونه‌ی *Cousinia aucheri* DC و *Cousinia boissieri* Buhse در ترکیه نشان داد که تعداد لایه‌های پارانشیم نرده‌ای، شکل رگبرگ میانی، تعداد و آرایش دستجات آوندی اطلاعات تاکسونومیکی مهمی را فراهم می‌کنند (Atasagun et al., 2021; Ulukuş, 2019). هدف این پژوهش، مقایسه‌ی ساختار تشریحی سه گونه از جنس *Cousinia* و ارزیابی کارایی ویژگی‌های آناتومیکی در مطالعات تاکسونومیکی است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، صفات تشریحی ساقه و دم‌گل در سه گونه از جنس *Cousinia* sect. *Platyacanthae*، مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های مورد مطالعه از هرباریوم دانشگاه تهران (TUH) تهیه شدند و تمامی آن‌ها از پیش در مناطق مختلف ایران جمع‌آوری و نگهداری شده بودند (جدول ۱).

جدول ۱. لیست گونه‌های مطالعه شده

ردیف	گونه‌ها	شماره هرباریومی	محل جمع‌آوری	ارتفاع (m)	جمع‌آوری کننده
۱	*C. trachyphyllaria*	21917	خراسان: جاده نیشابور، کوه بینالود	1800	قهرمان، عطار
۲	*C. freynii*	27675	سمنان: شاهرود، تاش	2300	قهرمان، عطار و مهدی‌قلی
۳	*C. bienerti*	28682	خراسان: نیشابور، جاده کاشمر، کوه بزد	–	عطار، مهدی‌قلی

جهت آماده‌سازی نمونه‌ها برای مطالعه میکروسکوپی، قطعاتی از ناحیه میانی ساقه و قسمت میانی دم‌گل انتخاب شدند. نمونه‌های خشک هرباریومی، ابتدا به‌مدت کوتاه در آب جوشانده شدند تا بافت آن‌ها نرم شود، سپس به‌مدت ۴۸ ساعت در محلول تثبیت‌کننده کارنوی (شامل ۳ قسمت الکل و ۱ قسمت اسید استیک گلاسیال) قرار گرفتند. پس از تثبیت، نمونه‌ها در آب مقطر شست‌وشو داده شدند و در الکل قرار گرفتند. برش‌های عرضی به روش دستی با استفاده از تیغ انجام شد. سپس برش‌ها با استفاده از روش رنگ‌آمیزی مضاعف کارمن زاجی و سبز متیل رنگ‌آمیزی شدند. نمونه‌های رنگ‌آمیزی‌شده با استفاده از میکروسکوپ نوری Nikon eclipse مدل E100 و دوربین دیجیتال Canon تصویربرداری شدند. در نهایت، تصاویر به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار Image Tool (نسخه ۳) مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گرفتند و صفات آناتومیکی مختلف ثبت و تحلیل گردیدند (جدول ۲ و ۳).

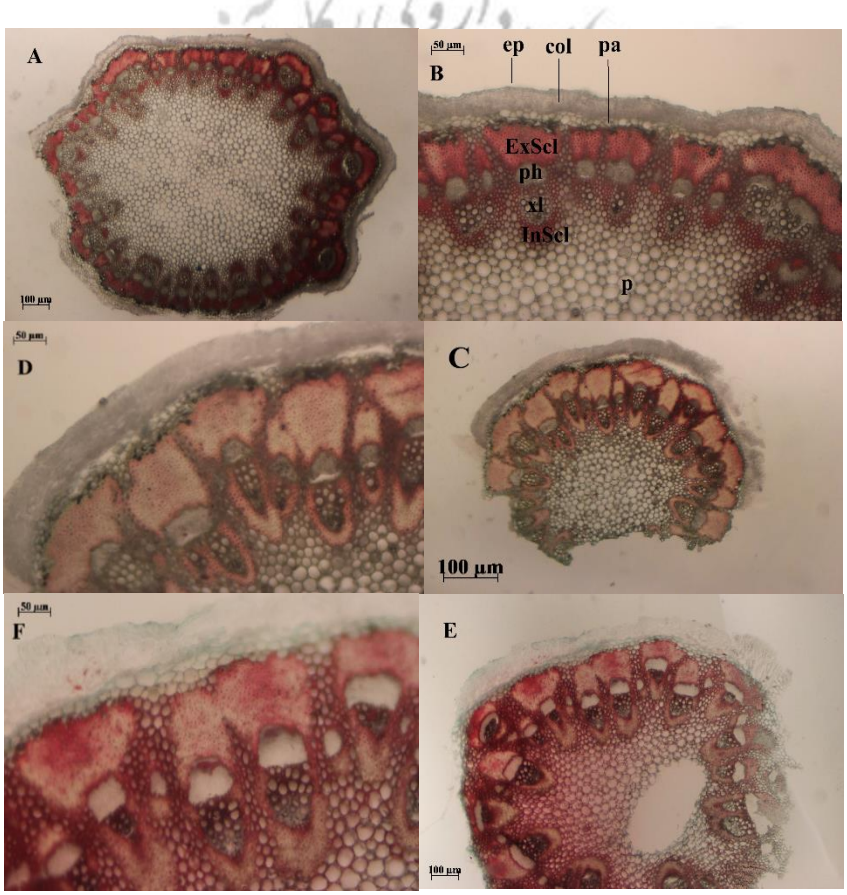
نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی ساختار تشریحی ساقه

گونه *C. trachyphyllaria*: مقطع عرضی شش‌ضلعی با برجستگی‌های مشخص در نواحی دسته‌های آوندی است. اپیدرم، یک لایه و متشکل از سلول‌های مستطیلی که توسط کوتیکول ضخیمی پوشیده شده است. کلانشیم از ۵ تا ۶ لایه سلول‌های مستطیلی تشکیل شده و پارانشیم شامل ۱ تا ۶ لایه سلول‌های بیضی، مستطیلی، پنج‌ضلعی و شش‌ضلعی می‌باشد. تعداد دسته‌های آوندی ۳۶ تا ۳۸ عدد است که بصورت بیضی کشیده در حاشیه ساقه قرار دارند.

آوند آبکش توسط سلول‌های اسکلرانشیمی خارجی احاطه شده است و آوند چوبی بین آوند آبکش و اسکلرانشیم داخلی جای گرفته است. ناحیه مغز بخش وسیعی از ناحیه مرکزی ساقه را اشغال کرده و از سلول‌های پارانشیمی بزرگ دایره‌ای و شش‌ضلعی تشکیل شده است و قطر ناحیه مغزی ۵۹/۱۵ µm ± ۷۴۵/۹۶ است (جدول۲) (شکل۱، A-B).

گونه *C. freynii*: مقطع عرضی دایره‌ای است. اپیدرم از یک لایه سلول‌های مستطیلی تشکیل شده که با کوتیکولی ضخیم پوشیده شده‌اند. در زیر اپیدرم، ۵ تا ۷ لایه بافت کلانشیم دیده می‌شود که سلول‌های آن مستطیلی و پنج‌ضلعی هستند. پارانشیم از ۱ تا ۳ ردیف از سلول‌های مستطیلی، پنج‌ضلعی و شش‌ضلعی تشکیل شده است. تعداد دسته‌های آوندی بین ۲۵ تا ۲۷ عدد متغیر بوده و بصورت بیضی کشیده در اطراف ساقه دیده می‌شوند. آوند آبکش توسط سلول‌های اسکلرانشیمی خارجی احاطه شده‌اند و آوند چوبی بین آوند آبکش و اسکلرانشیم داخلی قرار دارد. ناحیه مغز از سلول‌های پارانشیمی بزرگ بیضی، دایره‌ای و شش‌ضلعی تشکیل شده و قطر آن ۳۳/۵۱ µm ± ۴۸۵/۴۴ می‌باشد (جدول۲) (شکل۱، C-D).



شکل ۱. مقاطع عرضی ساقه (A, B: *C. trachyphyllaria*; C, D: *C. freynii*; E, F: *C. bienerti*.)

ep: اپیدرم، col: کلانشیم، pa: پارانشیم، ExScl: اسکلرانشیم خارجی، ph: آوند آبکش، xl: آوند چوب، InScl: اسکلرانشیم داخلی، p: مغز.

گونه *C. bienerti*: مقطع عرضی تقریباً دایره‌ای با برجستگی‌های مشخص است. اپیدرم از یک لایه سلول‌های مستطیلی و پوشیده از کوتیکول ضخیم می‌باشد. در زیر اپیدرم، ۴ تا ۷ لایه بافت کلانشیم با سلول‌های پنج‌ضلعی و

شش‌ضلعی قرار گرفته است. پارانشیم از ۱ تا ۶ لایه سلول‌های مستطیلی، پنج‌ضلعی و شش‌ضلعی تشکیل شده است. تعداد دسته‌های آوندی بین ۲۱ تا ۲۴ عدد متغیر بوده و بصورت بیضی کشیده در پیرامون ساقه پخش شده‌اند. آوند آبکش توسط سلول‌های اسکلرانشیمی خارجی احاطه شده و آوند چوبی بین آوند آبکش و اسکلرانشیم داخلی قرار دارد. ناحیه مغز شامل سلول‌های پارانشیمی بزرگ شش‌ضلعی، پنج‌ضلعی و بیضی بوده و قطر آن ۸۰/۸۶ µm ± ۶۰۲/۳۰ می‌باشد (جدول۲) (شکل۱، E-F).

جدول ۲. لیست صفات تشریحی ساقه (صفات کمی میانگین داده‌ها و انحراف معیار می‌باشد)

گونه‌ها	*C. trachyphyllaria*	*C. freynii*	*C. bienerti*
شکل مقطع	شش‌ضلعی	دایره‌ای	دایره‌ای
تعداد لایه اپیدرم	۱	۱	۱
تعداد لایه کلانشیم	۶-۵	۷-۵	۷-۴
تعداد لایه پارانشیم	۶-۱	۳-۱	۶-۱
ضخامت اپیدرم (µm)	۶/۶۳ ± ۱/۴۷	۷/۹۱ ± ۱/۵۹	۷/۵۰ ± ۱/۵۱
ضخامت اسکلرانشیم خارجی (µm)	۶۱/۶۰ ± ۱۰/۷۴	۹۱/۰۱ ± ۱۷/۹۹	۹۸/۸۱ ± ۱۶/۰۴
ضخامت اسکلرانشیم داخلی (µm)	۲۶/۲۳ ± ۹/۶۱	۳۸ ± ۱۷/۱۳	۵۲/۲۲ ± ۱۳/۱۲
ضخامت لایه کلانشیم (µm)	۳۲/۳۸ ± ۳/۸۸	۵۴/۶۲ ± ۱۳/۸۶	۵۰/۶۸ ± ۱۵/۷۳
ضخامت لایه پارانشیم (µm)	۱۸/۶۴ ± ۷/۰۹	۲۵/۰۹ ± ۶/۲۴	۲۵/۸۷ ± ۸/۲۴
ضخامت آوند آبکش (µm)	۲۹/۶۵ ± ۵/۸۲	۳۶/۲۳ ± ۷/۳۳	۴۴/۷۷ ± ۹/۱۳
ضخامت آوند چوب (µm)	۶۱/۰۶ ± ۵/۷۶	۹۴/۱۳ ± ۹/۳۰	۱۰۰/۱۱ ± ۱۷/۳۴
تعداد دستجات آوندی	۳۸-۳۶	۲۷-۲۵	۲۴-۲۱

نتایج حاصل از بررسی ساختار تشریحی دم‌گل

گونه *C. trachyphyllaria*: مقطع عرضی دایره‌ای است. اپیدرم از یک لایه سلول‌های مستطیلی تشکیل شده و پوشیده از کوتیکول ضخیم است. کلانشیم شامل ۶ لایه از سلول‌های شش‌ضلعی و بیضی است. پارانشیم از ۱ تا ۵ لایه سلول‌های مستطیلی، پنج ضلعی و شش‌ضلعی تشکیل شده است. تعداد دسته‌های آوندی ۱۶ تا ۱۷ عدد است که به‌صورت حلقوی پیرامون مغز مرکزی قرار دارند و عمدتاً شکل بیضی کشیده دارند. آوند آبکش در هر دستجات توسط سلول‌های اسکلرانشیمی خارجی احاطه شده و آوند چوبی میان آوند آبکش و اسکلرانشیم داخلی قرار گرفته است. ناحیه مغز از سلول‌های پارانشیمی بزرگ دایره‌ای و شش‌ضلعی تشکیل شده و قطر آن ۲۱/۰۹ µm ± ۳۳۱/۶۹ است (جدول۳) (شکل۲، A-B).

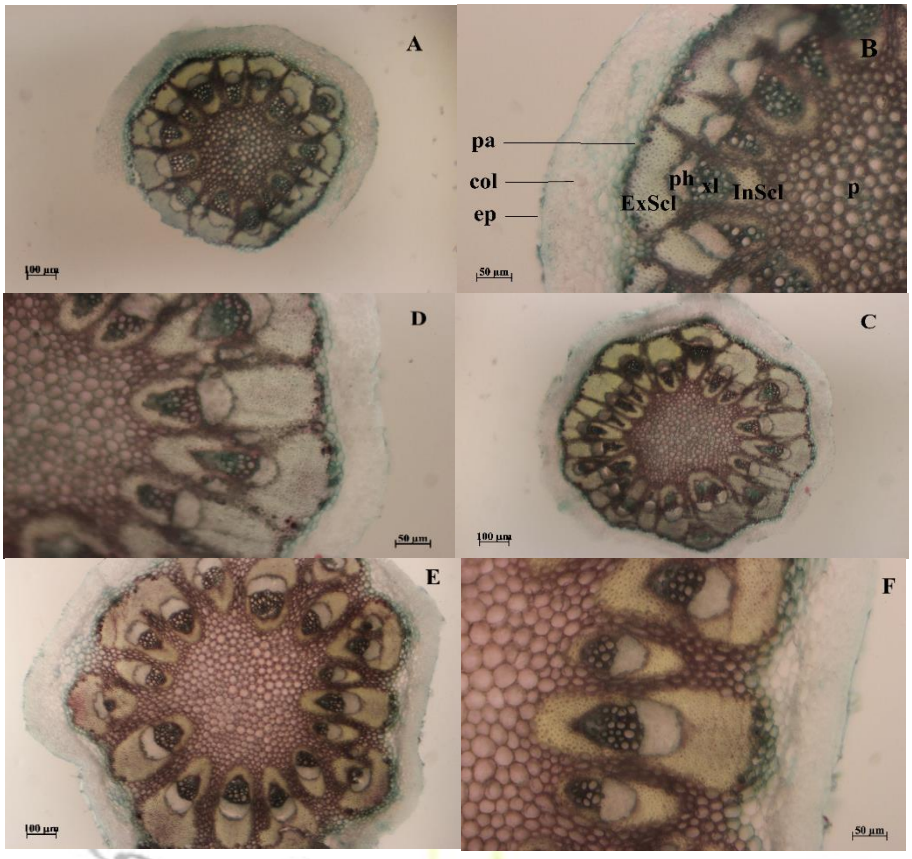
گونه *C. freynii*: مقطع عرضی شش‌ضلعی است. اپیدرم از یک لایه سلول‌های مستطیلی تشکیل شده و پوشیده از کوتیکول ضخیم می‌باشد. کلانشیم شامل ۶ تا ۹ لایه از سلول‌های پنج‌ضلعی و شش‌ضلعی است. پارانشیم نیز از ۱ تا ۳ لایه سلول‌های مستطیلی، پنج‌ضلعی و شش‌ضلعی تشکیل شده است. تعداد دسته‌های آوندی بین ۲۴ تا ۲۵ عدد و بصورت بیضی کشیده است. در هر دسته آوندی، آوند آبکش توسط سلول‌های اسکلرانشیمی خارجی احاطه شده و آوند چوبی میان آوند آبکش و اسکلرانشیم داخلی جای گرفته است. ناحیه مغز از سلول‌های پارانشیمی بزرگ دایره‌ای و بیضی تشکیل شده و قطر آن ۳۷/۸۲ µm ± ۳۸۱/۷۸ است (جدول۳) (شکل۲، C-D).

گونه *C. bienerti*: مقطع عرضی پنج‌ضلعی است. اپیدرم یک لایه و متشکل از سلول‌های مستطیلی و دایره‌ای و پوشیده از کوتیکول ضخیم است. کلانشیم شامل ۴ تا ۷ لایه از سلول‌های پنج‌ضلعی و شش‌ضلعی است. پارانشیم شامل ۲ تا ۱۰ لایه از سلول‌های پنج‌ضلعی، شش‌ضلعی، بیضی و مستطیلی می‌باشد. تعداد دسته‌های آوندی ۲۱ تا ۲۲ عدد و بصورت بیضی کشیده است. آوند آبکش توسط سلول‌های اسکلرانشیمی خارجی احاطه شده و آوند چوبی بین آوند آبکش و اسکلرانشیم داخلی قرار دارد. ناحیه مغز شامل سلول‌های پارانشیمی بزرگ دایره‌ای، شش‌ضلعی است و قطر آن ۴۲/۷۴ ± ۵۲۵/۷۹ µm است (جدول۳) (شکل۲، E-F).

یافته‌های تشریحی حاصل از بررسی ساقه و دم‌گل سه گونه‌ی *Cousinia trachyphyllaria, C. freynii, C. bienerti* نشان‌دهنده‌ی تنوع ساختاری در بین گونه‌های مورد مطالعه است. تفاوت‌هایی در شکل مقطع عرضی، ضخامت اپیدرم، تعداد لایه‌های کلانشیم و پارانشیم و تعداد دستجات آوندی مشاهده شد که می‌توانند به‌عنوان صفات مکمل در شناسایی گونه‌ها مورد استفاده قرار گیرند. نتایج این پژوهش در مقایسه با مطالعه‌ی (Attar et al., 2004) که آناتومی ۱۴ گونه از بخش *Serratuloideae* را بررسی کرده‌اند، نشان می‌دهد که در حالی که ساختار ساقه در بیشتر گونه‌های آن بخش نسبتاً یکنواخت گزارش شده، در گونه‌های مورد بررسی از بخش *Platyacanthae* تفاوت‌های مشخصی دیده می‌شود. این موضوع نشان می‌دهد که صفات آناتومیکی ساقه و دم‌گل در بخش‌های مختلف جنس *Cousinia* ممکن است تنوع بالاتری داشته باشند و بررسی جداگانه‌ی آن‌ها ضروری است. از آنجا که تاکنون مطالعه‌ی آناتومیکی مستقلی از گونه‌های بخش *Platyacanthae* گزارش نشده است، این پژوهش می‌تواند به‌عنوان نخستین بررسی مستند در این گروه به‌شمار رود. بنابراین داده‌های به‌دست‌آمده، گامی در جهت تکمیل دانش آناتومیکی این جنس در ایران و کمک به درک بهتر تنوع درون‌جنسی آن محسوب می‌شوند.

جدول۳. لیست صفات تشریحی دم‌گل (صفات کمی میانگین داده‌ها و انحراف معیار می‌باشد)

گونه‌ها	*C. trachyphyllaria*	*C. freynii*	*C. bienerti*
شکل مقطع	دایره‌ای	شش‌ضلعی	پنج‌ضلعی
تعداد لایه اپیدرم	۱	۱	۱
تعداد لایه کلانشیم	۶	۹-۶	۷-۴
تعداد لایه پارانشیم	۵-۱	۳-۱	۱۰-۲
ضخامت اپیدرم (µm)	۹/۱۶ ± ۱/۴۷	۷/۳۸ ± ۱/۵۹	۶/۶۹ ± ۱/۳۳
ضخامت اسکلرانشیم خارجی (µm)	۵۷/۹۱ ± ۸/۴۹	۸۴/۹۳ ± ۲۶/۴۹	۱۰۱/۲۶ ± ۱۵/۵۶
ضخامت اسکلرانشیم داخلی (µm)	۳۲/۸۳ ± ۱۱/۲۰	۳۹/۸۴ ± ۲۰/۴۵	۵۶/۰۵ ± ۱۹/۲۰
ضخامت لایه کلانشیم (µm)	۷۵/۱۶ ± ۱۹/۱۵	۵۴/۳۶ ± ۱۷/۶۷	۷۳/۰۷ ± ۱۶/۰۹
ضخامت لایه پارانشیم (µm)	۳۱/۰۱ ± ۱۱/۷۴	۲۱/۶۹ ± ۳/۲۶	۶۷/۳۳ ± ۲۳/۹۸
ضخامت آوند آبکش (µm)	۳۰/۲۵ ± ۷/۴۸	۳۴/۷۴ ± ۹/۰۲	۵۱/۶۰ ± ۷/۳۳
ضخامت آوند چوب (µm)	۷۵/۷۳ ± ۱۱/۵۶	۷۶/۳۵ ± ۱۱/۵۲	۹۷/۱۱ ± ۹/۹۸
تعداد دستجات آوندی	۱۷-۱۶	۲۵-۲۴	۲۲-۲۱



شکل ۲. مقاطع عرضی دم‌گل (A, B: *C. trachyphyllaria*; C, D: *C. freynii*; E, F: *C. bienerti*.)

ep: اپیدرم، col: کلانشیم، pa: پارانشیم، ExScl: اسکلرانشیم خارجی، ph: آوند آبکش، xl: آوند چوب، InScl: اسکلرانشیم داخلی، p: مغز.

منابع

Atasagun, B., Ulukuş, D., & Tugay, O. (2021). Endemic *Cousinia aucheri* DC. (İnce Kızan) üzerine anatomik, palinolojik ve mikromorfolojik araştırmalar. Selçuk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Dergisi, 47(2), 181–191. https://doi.org/10.35238/sufefd.997787

Attar, F., Ghahreman, A., Mahdigholi, K. & Sheidai, M. (2004). Anatomy-taxonomy studies of the species of Section *Serratuloideae* (*Cousinia*, Compositae) in Iran. Iranian Journal of Botany, 10 (2), 119-141.

Attar, F., & Ghahreman, A. (2006). A synopsis of sect. *Cynaroideae* (*Cousinia*, Compositae), distribution patterns & diversity centres. Rostaniha, 7(Suppl. 2), 315–342.

Knapp, H. D. (1987). On the distribution of the genus *Cousinia* (Compositae). Plant Systematics and Evolution, 155, 15–25.

Rechinger, K.-H. (1972). Compositae-*Cynareae* I. *Cousinia* in K. H. Rechinger (Ed.), Flora Iranica (No. 90). Graz, Austria: Akad. Druck.

Rechinger, K.-H. (1979). Compositae III-*Cynareae*. *Cousinia* in K. H. Rechinger (Ed.), Flora Iranica (No. 139a, pp. 108–153). Graz, Austria: Akad. Druck.

Ulukuş, D. (2019). Anatomical, palynological and achene micromorphological characteristics of *Cousinia boissieri* Buhse (Sect. *Leiocaules*, Asteraceae) growing in Turkey. Biological Diversity and Conservation, 12(2), 119–125. https://doi.org/10.5505/biodicon.2019.98752

Zare, M., Khosravi, A. R., & Joharchi, M. R. (2013). Distribution patterns of the genus *Cousinia* (Asteraceae) in Iran. Iranian Journal of Botany, 19(1), 127–141.

Tareen, R. B., Bibi, T., Khan, M. A., Ahmad, M., Zafar, M., & Hina, S. (2010). Indigenous knowledge of folk medicine by the women of Kalat and Khuzdar regions of Balochistan, Pakistan. Pakistan Journal of Botany, 42(3), 1465–1485.

Anatomical study of stem and peduncle in some medicinal species of *Cousinia* sect. *Platyacanthae* (Asteraceae) in Iran

Faezeh Daneshipour[1]*, Meisam Habibi[1], Farideh Attar[2], Razieh Salahi[3]
1. Department of Biology, Faculty of Basic Sciences and Engineering, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
2. Department of Biology, Faculty of Science, University of Tehran, Tehran, Iran
3. Department of Biology, Faculty of Biological Sciences and Technologies, University of Isfahan, Isfahan, Iran
*Corresponding Author: faezehdaneshi.76@gmail.com

Abstract

Cousinia Cass. (Asteraceae), comprising about 700 species, is considered one of the most diverse genera in the Irano-Turanian floristic region. Despite extensive morphological and molecular studies, anatomical investigations remain limited for many species within this genus. The present study aimed to examine the comparative anatomical structure of three species, *Cousinia trachyphyllaria*, *C. freynii*, and *C. bienerti*, and to evaluate the usefulness of these traits in taxonomic studies. Plant specimens were obtained from the Tehran University Herbarium (TUH). Transverse sections of the stem and peduncle were manually prepared with a razor blade and stained with carmine-alum and methyl green. Observations were performed using a light microscope, and tissue characteristics such as epidermal structure, collenchyma, parenchyma, sclerenchyma fibers, the type and arrangement of vascular bundles, and the structure of the pith were examined. The results showed that stem cross-sections were hexagonal or circular, while peduncle cross-sections were circular, pentagonal, or hexagonal. Differences were also observed among species in epidermal thickness, as well as in the shape, number of collenchyma and parenchyma layers and number of vascular bundles. These differences may serve as supplementary diagnostic characters for species identification.

Keywords: Anatomical structure, Asteraceae, *Cousinia*, peduncle, stem

اهلی‌سازی و اصلاح گیاه موسیر (*Allium hirtifolium*)، رویکردی جدید در کشت، تکثیر و تجاری سازی آن

کیهان رضایی*[۱]، چنور ساعدی [۲]، مدینه عثمانپور[۳]

۱- کارشناس ارشد زراعت (سازمان جهاد کشاورزی، کامیاران، ایران)

۲- کارشناس ارشد ترویج کارآفرینی و نوآوری (سازمان جهاد کشاورزی، کامیاران، ایران)

۲- دکتری ترویج (مرکز تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران)

*نویسنده مسئول: keyhan.rezaei694@gmail.com

چکیده

با توجه به نیاز آبی کم گیاه موسیر (*Allium hirtifolium*)، خواص دارویی، قابلیت صادرات و ارزآوری آن و همچنین امکان برداشت زودهنگام که شرایط کشت دوم را در مناطق سردسیر فراهم می‌کند، این تحقیق با هدف انتقال و اهلی‌سازی موسیر وحشی از ارتفاعات به زمین‌های کشاورزی استان کردستان انجام شد.

به منظور بررسی اثر تاریخ کاشت و منبع بذر بر عملکرد دانه، آزمایشی به صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. تاریخ‌های کاشت شامل ۱۵ مهر D1، ۳۰ مهر D2، ۱۵ آبان D3 و ۳۰ آبان D4، به عنوان عامل اصلی و منابع پیاز بذری شامل پیاز موسیر کوهی V1، موسیر تولیدی از پیاز بذری سال اول V2، سال دوم V3، سال سوم V4و سال چهارم V5 به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. در هر تکرار ۲۰ تیمار مورد بررسی قرار گرفت و صفت عملکرد پیاز یا سوخ اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاریخ کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد پیازها نداشت، اما ژنوتیپ (پیاز بذری) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بررسی اثر متقابل نشان داد که، تاریخ کاشت دوم D2 با میانگین عملکرد ۹۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد در بین تاریخ کاشت‌ها و موسیر برداشت شده از موسیر کشت شده حاصل از موسیر سال اول V2 با ۹۳۴۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را در میان پیازهای بذری داشت، همچنین تاریخ کاشت چهارم D4 با میانگین عملکرد ۷۷۸۶ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد در میان تاریخ کاشت‌ها و موسیر برداشت شده از موسیر کشت شده حاصل از موسیر سال چهارم V5 با ۷۸۰۱ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد را در میان پیازهای بذری داشتند.

واژه‌های کلیدی: پیاز بذری، تاریخ کاشت، خواص و چشم‌اندازهای توسعه، عملکرد پیاز.

مقدمه

در دنیای امروز، مصرف گیاهان دارویی به طور چشمگیری در حال افزایش است. با توجه به روند رو به رشد علاقه عمومی به استفاده از محصولات طبیعی و دارویی، ایران با دارا بودن بیش از ۸۰٪ از استعداد تولید گیاهان دارویی، این پتانسیل را دارد که نقش مهمی در بازار جهانی ایفا کند. یکی از گیاهان دارویی مهم بومی ایران، گیاه موسیر با نام علمی (*Allium hirtifolium* Boiss)، که در انگلیسی به "Persian shallot" شناخته می‌شود، گیاهی چند ساله و پیازدار از خانواده Alliaceae می‌باشد که دارای برگ‌های استوانه‌ای و تو خالی که طول آنها به حدود ۳۰ سانتی‌متر می‌رسد. گل‌های آن به رنگ صورتی و یا ارغوانی بوده و معمولاً عقیم می‌باشند. پیاز موسیر به قطر ۲/۵-۴ سانتی‌متر،

با پوسته‌های خارجی خاکستری، نازک و شیاردار است. ساقه عریان به ارتفاع ۸۰-۱۲۰ سانتی‌متر و کمی رگه دار می‌باشد. برگ‌ها ۴-۵ عدد، به عرض تا۵ سانتی‌متر، در بخش قاعده‌ای کم و بیش کرکدار یا تقریباً بی‌کرک است. موسیر ایرانی گیاهی پیازی چندساله است که پیاز آن دارای بافت ذخیره‌ای است و معمولاً تنها شامل یک پیاز اصلی و یابه ندرت از دو پیاز تشکیل شده است (Ghahremani-majd et al., 2010; Ebrahimi et al., 2008). اعتقاد بر این است که گونه‌های گیاهی جنس پیاز (*Allium*) می‌توانند دیابت، ورم مفاصل، سرماخوردگی، آنفولانزا، استرس، تب، سرفه، سردرد، بواسیر، آسم، تصلب شرائین، سرطان، رماتیسم و اختلالات التهابی را درمان کنند (Eidi et al., 2006) نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که گونه‌های مختلف جنس پیاز دارای خواص ضد باکتری، ضد قارچ و ضد ویروس هستند (Harris et al., 2001) گیاهان متعلق به جنس پیاز غنی از ترکیبات ارگانوسولفور و فلاونوئیدها هستند و فعالیت‌های آنتیاکسیدان و ضد باکتری را نشان داده‌اند (Ghahremani-majd et al., 2012). همچنین در تحقیقی صفات مورفولوژیک ۱۷ ژنوتیپ موسیر ایرانی شامل ژنوتیپ‌های آشتیان، اراک، بروجرد، دشت ارژن، دشمن زیاری، دیواندره، خمین، خوانسار، سپیدان، سیاخ دارنگون، صحنه، کنگاور، کوهرنگ، کوهمره سرخی، نهاوند، هرسین و یاسوج مورد ارزیابی قرار گرفت. سوخ‌های جمع‌آوری شده از مناطق ذکر شده در مزرعه کشت و صفات کمی و کیفی آن‌ها از جمله صفات طول، عرض، ضخامت و تعداد برگ، طول و قطر ساقه گل دهنده، ضخامت طبق گل آذین، تعداد گل در گل آذین، طول دمگلچه، قطر متوسط سوخ، وزن متوسط سوخ، تعداد سوخک، درصد سوخ خوشه‌ای، درصد ماده خشک و درصد خاکستر اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر کلیه صفات مورد اندازه‌گیری، به جز عرض برگ و طول دمگلچه، تفاوت بسیار معنی‌داری با هم داشتند (ابراهیمی و همکاران ۱۳۸۷). همچنین به منظور بررسی تاثیر نوع توده و اندازه سوخ موسیر بر تغییرات وزن و طول سوخ قبل از کاشت و پس از برداشت و نیز واکنش این گیاه به عملیات زراعی، آزمایشی به منظور بررسی اندازه سوخ در سه سطح (کوچک، متوسط، بزرگ) و فاکتور نوع توده موسیر در دو سطح (الیگودرز و کلات) با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد صورت گرفت. نتایج نشان داد که اندازه پیاز و نوع توده موسیر تفاوت معنی‌داری در طول، حجم و ارتفاع غده داشتند. توده الیگودرز در مقایسه با توده کلات از افزایش وزن و طول سوخ بیشتری برخوردار بود به نحوی که پیازشان از نظر وزنی ۱/۳۶ و ۰/۶۳ گرم افزایش و از نظر طولی ۶۳ و ۱۲ میلی‌متر افزایش نسبت به زمان کاشت داشتند. اندام هوایی توده لرستان در زمان کوتاه تری خشک گردید. بطور کلی توده لرستان نسبت به شرایط آب و هوایی مشهد از افزایش عملکرد بیشتری برخوردار بود (گیمیدیل و همکاران ۱۳۸۷). استان کردستان به دلیل داشتن شرایط آب و هوایی مناسب و منابع آبی کافی، یکی از بهترین مناطق برای کشت موسیر است. این استان می‌تواند به عنوان قطب تولید موسیر در ایران شناخته شود. با توجه به ویژگی‌های موسیر همچون نیاز آبی کم و تحمل سرمای شدید این گیاه می‌تواند در بسیاری از مناطق سردسیر کشور، به ویژه در زمین‌های با منابع آبی محدود، کشت شود. چشم‌انداز توسعه کشت موسیر در سایر مناطق کشور به خصوص در استان‌های شمالی و غربی کشور وجود دارد. بعلت اینکه موسیر در برابر شرایط سخت محیطی مقاوم است، می‌توان به افزایش سطح زیر کشت آن در کشور امیدوار بود. این مطالعه و تحقیق به منظور اقتصادی و اهلی کردن گیاه دارویی موسیر در مناطق مرتفع و سردسیر استان کردستان صورت گرفت و همچنین دانستن این موضوع که کشاورزانی که اقدام به تهیه پیاز بذری موسیر (سوخ) جهت کشت می‌نمایند کدامیک از انواع پیازهای بذری را جهت رسیدن به حداکثر عملکرد محصول انتخاب نمایند.

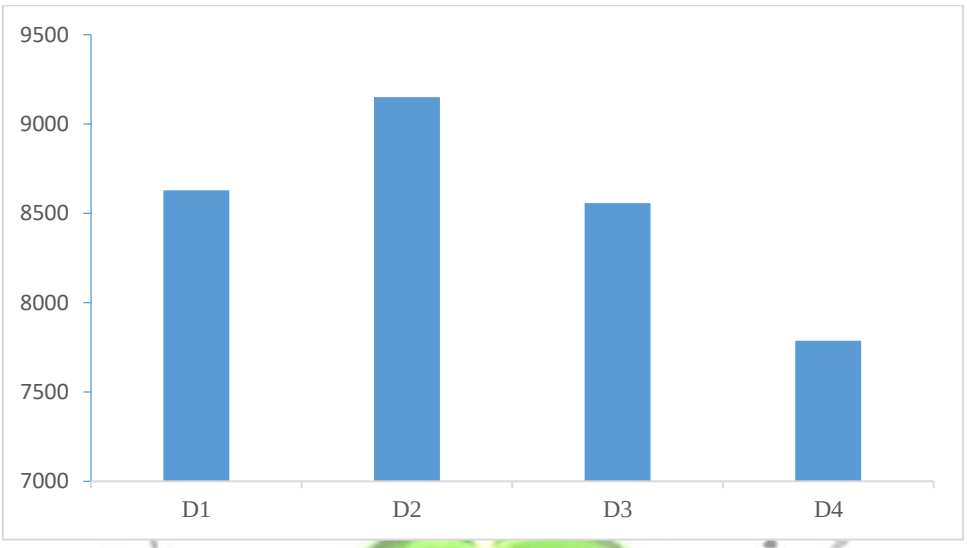
مواد و روش‌ها

محل انجام طرح در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ در اراضی بخش موچش، شهرستان کامیاران، استان کردستان به ارتفاع ۱۶۵۰ متر می‌باشد که دارای آب و هوایی مدیترانه‌ای و کوهستانی سرد است. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل، تجزیه خاک انجام شد. خاک دارای بافت Silty-Clay-loam است. این عملیات و مطالعه و تحقیق به منظور اقتصادی و اهلی کردن گیاه دارویی موسیر در منطقه استان کردستان صورت گرفت. در این مطالعه بمنظور بررسی اثرات تاریخ کاشت بر عملکرد دانه گیاه موسیر و و تفاوت بذور مورد استفاده، آزمایشی بصورت اسپلیت پلات و در قالب طر ح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید که تاریخ‌های کاشت (۱۵ مهر D1، ۳۰ مهر D2، ۱۵ آبان D3 و ۳۰ آبان D4) بعنوان عامل اصلی و پیازهای بذری (پیاز موسیر کوهی V1، پیاز حاصل از موسیر تولیدی سال اول V2، پیاز بذری حاصل از موسیر تولیدی سال دوم V3، پیاز بذری حاصل از موسیر تولیدی سال سوم V4 و پیاز بذری حاصل از موسیر تولیدی سال چهارم V5) بعنوان عامل فرعی معرفی شد. در هر تکرار ۲۰ تیمار بررسی شد. هر کرت فرعی به مساحت ۲۰ مترمربع بوده پس از شخم، دیسک و ماله (جهت خرد شدن کلوخه‌ها و تسطیح زمین) فرمول کودی (P_2O_5)50kg - (N) 50kg - (K_2O)50 kg بر اساس آزمون خاک از منابع فسفات آمونیوم، سولفات پتاسیم و اوره تامین گردید. تمامی کود فسفاته و پتاسه بهمراه دو سوم کود ازته در زمان تهیه زمین و در زمان کاشت مصرف گردید. باقیمانده کود اوره بصورت سرک و در یک مرحله در اواخر فروردین و اوایل گلدهی مصرف گردید. کاشت به روش دستی انجام گرفت و پیاز بذری استفاده شده در هر کرت از نوع گردویی و با تراکم ۳ تن پیاز و سوخ در هکتار است. در مرحله کاشت جهت مبارزه با علف‌های هرز ازعلف کش پیش رویشی ترفلان به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار و سپس به وسیله دیسک سبک کود و علف‌کش با خاک مخلوط می‌شود. و در ۲۰ آذر ماه و در زمان مناسب درجه حرارت محیط از سم پاراکوات جهت مبارزه با علف‌های هرز در زمانی که گیاهچه موسیر هنوز در زیر خاک استفاده گردید. در مرحله داشت وجین علف‌های هرز و چیدن گل‌های موسیر طی چند مرحله صورت گرفت. بعد از رسیدگی کامل گیاه موسیر و خشک شدن برگ‌ها و قسمت هوایی و به منظور تعیین عملکرد در هکتار سطح هر کرت برای هر تیمار در مورخه ۲۰ اردیبهشت ماه لغایت ۷ خرداد ماه برداشت و توزین گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس ثابت بودن ژنوتیپ‌ها و تصادفی بودن سال انجام گرفت.

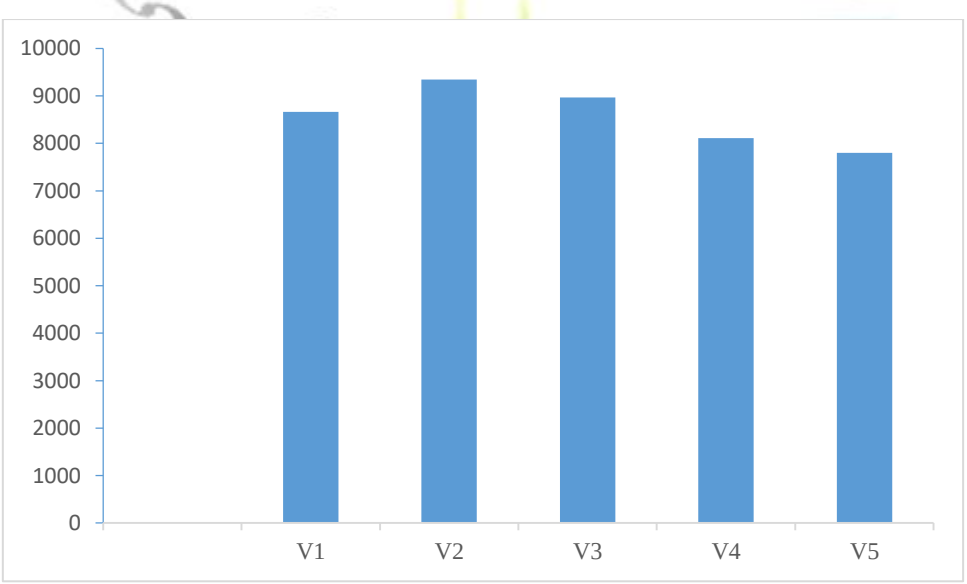
نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، اثر تاریخ کاشت روی صفت عملکرد پیاز موسیر اثر معنی‌داری ندارد. اما اثر پیاز بذری حاصل از کشت سال‌های مختلف بر روی صفت عملکرد سوخ‌ها یا پیازها در سطح یک درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین برای عملکرد پیاز بذری در اثر متقابل تاریخ‌های مختلف کاشت و تفاوت پیازهای بذری مورد استفاده تفاوت آماری وجود دارد و در مقایسه میانگین‌ها، تاریخ کاشت دوم D2 با میانگین عملکرد ۹۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد در بین تاریخ کاشت‌ها و موسیر برداشت شده از موسیر کشت شده حاصل از موسیر سال اول V2 با ۹۳۴۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد و، تاریخ کاشت چهارم D4 با میانگین عملکرد ۷۷۸۶ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد در بین تاریخ کاشت‌ها و موسیر برداشت شده از موسیر کشت شده حاصل از موسیر سال اول V5 با ۷۸۰۱ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد را داشتند. این نتایج نشان می‌دهد که انتخاب منبع پیاز بذری مناسب در مقایسه با تاریخ کاشت نقش مهم‌تری در افزایش عملکرد موسیر دارد. در آزمایشی که در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه مشهد انجام گرفته بود اثرات کاشت و تراکم پیاز بذری اندازه‌گیری شد که کمترین عملکرد پیاز (وزن تر) (۱۱۰/۴گرم

در متر مربع) به تاریخ کاشت چهارم (۲۵ اسفند) و تراکم ۶ بوته در متر مربع و بیشترین عملکرد (۵۹۴/۸گرم در متر مربع) به تاریخ کاشت اول (۲۵ مهر ماه) و تراکم ۱۸ بوته در متر مربع تعلق داشت. بیشترین عملکرد دانه (۲۵/۰۹گرم در متر مربع) به تاریخ کاشت اول (۲۵ مهر ماه) و تراکم ۱۴ بوته در متر مربع و کمترین عملکرد دانه (۳/۴۶ گرم در متر مربع) به تاریخ کاشت چهارم (۲۵ اسفند) و تراکم ۶ بوته در متر مربع تعلق داشت (کافی و همکاران ۱۳۹۰).



شکل ۱. مقایسه میانگین عملکرد موسیر در تاریخ‌های مختلف کشت



شکل ۲. مقایسه میانگین عملکرد انواع پیازهای بذری موسیر

نتیجه‌گیری نهایی

کشت موسیر با توجه به خواص درمانی فراوان، نیاز آبی کم، و پتانسیل‌های صادراتی آن، یک فرصت طلایی برای کشاورزان ایرانی است. با توجه به مزایای اقتصادی و زیست محیطی کشت موسیر، حمایت‌های دولتی. در نهایت، موسیر می‌تواند نقشی مؤثر در توسعه کشاورزی پایدار، اشتغال‌زایی، صادارت و ارز آوری و افزایش درآمد ملی ایفا کند. هدف از اجرای طرح مورد نظر، مشخص شدن بهترین زمان کاشت موسیر در مناطق سردسیر و مرتفع استان کردستان و مشخص نمودن بهترین نوع پیاز بذری جهت کشت و دستیابی به حداکثر عملکرد می‌باشد. هر چند که اثر معنی‌داری در تاریخ‌های کاشت مشاهده نگردید اما تاریخ کاشت ۳۰ مهرماه برای کاشت در مناطق سردسیر و مرتفع استان کردستان و نواحی شبیه آن پیشنهاد می‌گردد و از طرفی بهترین نوع پیاز بذری جهت کشت و دستیابی به عملکرد مناسب و اقتصادی، پیاز بذری است که از عملکرد موسیر کوهی بدست آمده و برای کشت سال بعداستفاده می‌گردد.

منابع

Ebrahimi, R., Zamani, Z. and Kashi, A. (2008). Genetic diversity of Iranian shallot (*Allium hirtifolium* Boiss) genotypes using morphological traits. Iranian Journal of Horticultural Science (Iranian Agricultural Science), 39 (1), 147-154.

Eidi A, Eidi M, Esmaeili E .2006. Antidiabetic effect of garlic (*Allium sativum* L.) in normal and streptozotocin-induced diabetic rats. Phytomedicine 13(9–10): 624–629 .

Ghahremani-majd, H. Dashti, F., Dastan, D. Mumivand, H. Hadian, J. and Esna-Ashari, M. 2012. Antioxidant and Antimicrobial Activities of Iranian Mooseer (*Allium hirtifolium* Boiss) Populations. Hort. Environ. Biotechnol. 53(2):116-122.

Harris, JC., Cottrell, SL., Plunmer, S., Lloyd, D. 2001. Antimicrobial properties of Allium sativum (garlic). Appl Microbiol Biotechnol, 57: 282-86.

Kafi, M., Rezvan Bidokhti, Sh. and Sanjani, S. (2011). Effect of planting date and plant density on yield and morphophysiological traits of shallot (*Allium altissimum* Regel) under Mashhad climatic conditions. Horticultural Science (Agricultural Science and Industries), 25 (3), 310-319.

Domestication and Improvement of Shallot (*Allium stipitatum*) and a New Approach in Cultivation, Propagation, and Commercialization of Shallot

Keyhan Rezaei[*1], Chnoor Saedi[2], Madineh Osmanpour[3]
1. Senior Expert in Agronomy (Agricultural Jihad Organization, Kamyaran, Iran)
2. Senior Expert in Entrepreneurship and Innovation Promotion (Agricultural Jihad Organization, Kamyaran, Iran)
3. PhD in Agricultural Extension (Agricultural Research, Education, and Extension Center, Sanandaj, Iran)
**Corresponding Author: keyhan.rezaei694@gmail.com*

Abstract

Due to its low water requirements, medicinal properties, export potential, and economic value, as well as the advantage of early harvest enabling double cropping in cold regions, shallot (*Allium hirtifolium*) is considered a promising crop for cultivation in Kurdistan Province. This study aimed to transfer and domesticate wild shallot from mountainous areas to agricultural fields. To evaluate the effects of planting date and bulb seed source on bulb yield, a split-plot experiment was conducted using a randomized complete block design with four replications. Planting dates included October 7 (D1), October 22 (D2), November 6 (D3), and November 21 (D4) as main factors, while bulb seed sources consisted of wild shallot bulbs (V1), first-year propagated bulbs (V2), second-year bulbs (V3), third-year bulbs (V4), and fourth-year bulbs (V5) as sub-factors. In total, 20 treatments were assessed, and bulb yield was recorded. Analysis of variance revealed that planting date had no significant effect on bulb yield, whereas bulb seed source showed a highly significant effect at the 1% probability level. Interaction effects indicated that the second planting date (D2) produced the highest average yield (9,150 kg ha^{-1}) among dates, while V2 (first-year propagated bulbs) resulted in the highest yield (9,346 kg ha^{-1}) among bulb sources. Conversely, the fourth planting date (D4) yielded the lowest average (7,786 kg ha^{-1}), and V5 (fourth-year propagated bulbs) produced the lowest bulb yield (7,801 kg ha^{-1}). These findings highlight the importance of seed bulb source in maximizing shallot yield under Kurdistan's climatic conditions.

Keywords: seed onion, planting date, properties and development prospects, onion yield.

بررسی تنوع ژنتیکی جمعیت‌های مختلف آویشن کوهی (*Thymus kotschyanus*) با استفاده از نشانگر مولکولی RAPD

مهدی ضیائی نسب*[۱] و سید محسن حسام زاده حجازی[۲]

۱- استادیار، گروه ژنتیک و به نژادی گیاهی، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران

۲- عضو هیات علمی بخش زیست فناوری موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: mziai2003@yahoo.com

چکیده

آویشن کوهی (*T. kotschyanus*) بعنوان یکی از مهمترین گونه‌های جنس آویشن، بدلیل داشتن خواص داروئی، بهداشتی و غذایی، دارای ارزش تجاری است. در این گونه بدلیل سیستم گرده افشانی باز و هیبریداسیون، تنوع زیادی وجود دارد که بررسی این تنوع جهت شناسایی ژرم پلاسم‌های برتر، از اهمیت زیادی برخوردار است. در این تحقیق بمنظور بررسی تنوع ژنتیکی جمعیت‌های مختلف گونه *T. kotschyanus* و مقایسه گونه مذکور با گونه تجاری *T. vulgaris*، ۲۲ جمعیت از گونه *T. kotschyanus* به همراه ۲ جمعیت از گونه تجاری *T. vulgaris* با استفاده از مارکر مولکولی RAPD، مورد بررسی قرار گرفتند. براین اساس توسط ۱۳ آغازگر مورد استفاده، ۱۴۵ مکان ژنی تکثیر گردید که تعداد ۹۱ مکان ژنی پلی مورفیک بودند. از میان آغازگرهای تصادفی مورد استفاده، ۵ آغازگر OPA-09، OPA-17، OPD-03، OPE-19 و OPE-20 با داشتن بالاترین درصد پلیمورفیسمی، دارای قابلیت بسیار خوبی برای بررسی تنوع ژنتیکی در جمعیت‌های مورد مطالعه بودند. آغازگر OPE-19 با داشتن بیشترین میزان از دو شاخص محتوای اطلاعاتی چند شکلی (PIC) و شاخص نشانگر (MI)، بیشترین قابلیت تفکیک و بیان چند شکلی را در بین جمعیت‌های مورد بررسی، نشان داد. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه کلاستر، جمعیت‌های مختلف در ۷ کلاس مختلف قرار گرفتند. براین اساس دو جمعیت متعلق به گونه *T. vulgaris*، مستقل از جمعیت‌های گونه *T. kotschyanus*، در یک کلاس جداگانه مستقر شدند که این امر بیانگر نقش موثر نشانگر مولکولی RAPD در جداسازی و دسته بندی گونه‌های مختلف است.

واژه‌های کلیدی: آویشن کوهی، تنوع ژنتیکی، RAPD.

مقدمه

جنس آویشن (*Thymus*) متعلق به خانواده نعنا (Lamiaceae)، بعنوان یک گیاه دارویی با حدود ۹۲۸ گونه در دنیا، بیشترین پراکندگی را در منطقه مدیترانه و غرب آسیا دارد. در ایران ۱۴ گونه از این جنس وجود دارد که بیشترین پراکندگی را در شمال و غرب کشور دارند. آویشن کوهی (*T. kotschyanus*) بعنوان یکی از مهمترین گونه‌های جنس آویشن، نقش مؤثری را در درمان بسیاری از بیماری‌ها ایفا می‌کند، بطوریکه مواد مؤثره این گیاه ضد تشنج، ضد نفخ، ضد سرفه و خلط‌آور بوده و در درمان بیماری‌هایی نظیر التهاب دستگاه تنفس، رماتیسم و آسم مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر خواص دارویی، از گیاه آویشن در صنایع غذایی بعنوان ادویه نیز استفاده می‌شود (Dini *et al.*, 2022).

آویشن گیاهی دگرگرده افشان است و بدلیل این نوع گرده افشانی، هیبریداسیون در این جنس رایج است (Kim *et al.*, 2020) این موضوع باعث شده در این جنس از جنبه‌های مختلف مورفولوژیکی، فیتوشیمیایی و ژنتیکی تنوع زیادی وجود داشته باشد. این تنوع گاهی اوقات آنقدر زیاد است که از محدوده بین گونه‌ای و بین جمعیتی گذشته، حتی در بین تک بوته‌های داخل یک جمعیت بوضوح مشاهده می‌شود. از آنجائیکه تنوع شرط لازم برای انتخاب است بنابراین تعیین میزان تنوع بین جمعیت‌ها ضروری بنظر می‌رسد (Govarthanan *et al.*, 2011). با توجه به اهمیت دارویی، غذایی و بهداشتی آویشن و بدلیل تنوع بسیار زیادی که در این جنس وجود دارد و با توجه به اینکه آگاهی از روابط ژنتیکی، برای حفظ تنوع زیستی در این گیاهان مهم و ضروری می‌باشد، بنابراین انجام یک مطالعه جامع در جهت بررسی ژرم پلاسم‌های آویشن در ایران با هدف دستیابی به توده‌های با کیفیت مطلوب ماده مؤثره و انتخاب در بین آنها برای اصلاح و تولید ارقام متناسب با نیاز صنایع وابسته، ضروری بنظر می‌رسد. در این راستا در تحقیق حاضر تنوع ژنتیکی جمعیت هایی از گونه آویشن کوهی (*T. kotschyanus*) مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

ژرم پلاسم مورد بررسی در این تحقیق شامل ۲۲ جمعیت از گونه *T. kotschyanus* و ۲ جمعیت از گونه تجاری *T. vulgaris* بود (جدول ۱) که پس از جمع آوری از مناطق مختلف، در بخش زیست فناوری موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، مورد بررسی قرار گرفتند. استخراج DNA از برگ جمعیت‌های مختلف بصورت جداگانه و به روش CTAB انجام شد. بررسی کمی و کیفی DNA استخراج شده با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انجام گردید.

جدول ۱. فهرست جمعیت‌های مورد مطالعه به همراه منشاء آنها

منشاء	کد بانک ژن	جمعیت	منشاء	کد بانک ژن	جمعیت
تهران- لار	۵۱۳	*T. kotschyanus*	قزوین - قاقازان	۵۰۰	*T. kotschyanus*
تهران- همند	۵۱۴	*T. kotschyanus*	قزوین- طارم	۵۰۱	*T. kotschyanus*
البرز- سیراچال	۵۱۵	*T. kotschyanus*	قم-کهک	۵۰۲	*T. kotschyanus*
قزوین (۲)	۵۱۷	*T. kotschyanus*	قم-کرمجگان	۵۰۳	*T. kotschyanus*
سمنان-شهمیرزاد	۵۱۸	*T. kotschyanus*	قم-کهک	۵۰۴	*T. kotschyanus*
ا. غربی-پیرانشهر	۵۲۱	*T. kotschyanus*	قزوین-الموت	۵۰۵	*T. kotschyanus*
تهران	۵۲۲	*T. kotschyanus*	گیلان	۵۰۶	*T. kotschyanus*
گیلان-رودبار	۵۲۳	*T. kotschyanus*	زنجان- زنجانرود	۵۰۷	*T. kotschyanus*
گیلان-سیاهگل	۵۲۴	*T. kotschyanus*	قزوین (۱)	۵۰۸	*T. kotschyanus*
ارومیه	۵۷۸	*T. kotschyanus*	تهران-ساوجبلاغ	۵۰۹	*T. kotschyanus*
تهران-باغ گیاهشناسی	۲۰۸۸	*T. vulgaris*	آذربایجان-باکو۱	۵۱۰	*T. kotschyanus*
تهران- دماوند	۵۴۷	*T. vulgaris*	آذربایجان-باکو۲	۵۱۲	*T. kotschyanus*

با توجه به اینکه در جنس آویشن هنوز توالی‌های بازی بسیاری از نقاط ژنوم شناسایی نشده است، بنابراین برای بررسی تنوع ژنتیکی، از مارکر مولکولی RAPD استفاده شد که نیازی به اطلاعات اولیه در مورد توالی بازی DNA ندارد. با توجه به اینکه مارکر مذکور مبتنی بر واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR) است، جهت تکثیر قطعات DNA از ۳۴ آغازگر تصادفی ۱۰ نوکلئوتیدی استفاده گردید که در نهایت از بین آنها، ۱۳ آغازگر با پلی مورفیسم بالا، انتخاب شد

(جدول۲). پس از تکثیر قطعات DNA توسط واکنش زنجیره‌ای پلیمراز، بمنظور بررسی تنوع فراورده‌های حاصله و در نهایت بررسی تنوع ژنتیکی جمعیت‌های مختلف، از الکتروفورز ژل آگارز ۰/۸ درصد استفاده شد. پس از تهیه تصاویر ژل حاصل از الکتروفورز، الگوی باندی تمام جمعیت‌ها، برای هر آغازگر بصورت جداگانه رسم گردید و عمل امتیازدهی براساس حضور و یا عدم حضور باندهای DNA انجام شد، بدین ترتیب که در هر جمعیت در صورت حضور باند، امتیاز یک و در صورت عدم حضور باند، امتیاز صفر داده شد و ماتریس صفر و یک تشکیل گردید. براساس ماتریس صفر و یک، تعداد کل مکان‌های ژنی و مکان‌های ژنی پلی مورفیک مشخص و ضرایب فاصله ژنتیکی بین جمعیت‌ها محاسبه شد.

بمنظور بررسی کارایی آغازگرهای مورد استفاده در بررسی تنوع ژنتیکی جمعیت‌ها، مقادیر محتوای اطلاعاتی چند شکلی (PIC) مربوط به هر آغازگر با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$PIC=2Pi(1-Pi)$$

که در آن Pi فراوانی باندها می‌باشد.

شاخص نشانگر(MI) نیز با فرمول زیر محاسبه گردید:

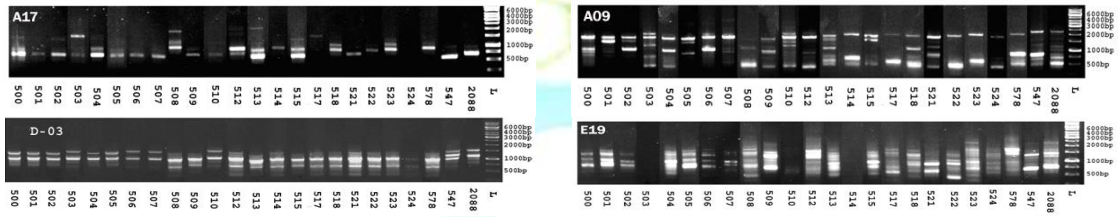
$$MI=PIC*n*\beta$$

که در آن β درصد باندهای چندشکل تولید شده توسط هر آغازگر و n تعداد کل باندهای تولید شده است.

درصد پلیمورفیسم (P%) نیز براساس نسبت تعداد مکان‌های ژنی پلی مورفیک به تعداد کل مکان‌های ژنی، محاسبه شد. تجزیه کلاستر به روش UPGMA با استفاده از ماتریس فاصله ژنتیکی انجام شد. لازم بذکر است که جهت تجزیه آماری داده‌های مولکولی از نرم افزارهای Popgene Version 1.32، Genalex Version 6.1 و J.M.P 3.1.2 استفاده گردید.

نتایج و بحث

الگوی باندی حاصل از تکثیر DNA، در جمعیت‌های مختلف دو گونه *T. kotschanus* و *T. Vulgaris*، براساس آغازگرهای با بالاترین درصد پلیمورفیسمی، در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل۱. الگوی باندی حاصل از تکثیر DNA جمعیت‌های مختلف براساس آغازگرهای A09، A17، E19 و D03

اسامی آغازگرها به همراه برخی از ویژگی‌های مربوط به آنها در جدول ۲ ارائه شده است. در بررسی تنوع ژنتیکی بین جمعیت‌ها توسط ۱۳ آغازگر مورد استفاده، تعداد ۱۴۵ مکان ژنی تکثیر گردید که در بازه طولی ۴۰۰۰bp-۳۰۰bp بودند. از کل مکان‌های ژنی تکثیر شده، ۹۱ مکان ژنی پلی مورفیک بودند، یعنی ۶۳/۶۱ درصد از مکان‌های ژنی، پلیمورفیسم نشان دادند. آغازگر OPA-09 با تکثیر ۱۶ مکان ژنی، بیشترین تعداد مکان‌های ژنی را به خود اختصاص داد. در این بررسی درصد پلیمورفیسم آغازگرهای مختلف بین ۳۵/۷۱ تا ۱۰۰ درصد متغیر بود. بر این اساس آغازگرهای OPA-09، OPA-17، OPD-03، OPE-19 و OPE-20 بالاترین درصد پلیمورفیسمی را نشان دادند. با توجه به موارد فوق ۵ آغازگر مذکور، آغازگرهای مناسبی برای تکثیر نواحی مختلف ژنوم و تفکیک جمعیت‌های مختلف

آویشن کوهی بودند. Sunar و همکاران (۲۰۰۹)، در بررسی تنوع ژنتیکی برخی از گونه‌های جنس آویشن با استفاده از مارکر RAPD، آغازگرهایOPA13، OPB-10، OPH-16، OPH-17، OPH-18 و OPY-7 را بعنوان آغازگرهای مناسب معرفی نمودند. Aghaei و همکاران (۲۰۲۴)، در بررسی هیبریداسیون بین گونه ای آویشن با استفاده از مارکرهای SSR و ISSR، آغازگرهای LT12 و ISCS43 را به عنوان بهترین آغازگرها، پیشنهاد دادند.

مقادیر محتوای اطلاعاتی چند شکلی (PIC) بین ۰/۱۶ در آغازگر OPA-05 و ۰/۲۷ در آغازگر OPE-19 متغیر بود. با توجه به اینکه مقدار PIC بیانگر قدرت تشخیص آغازگرها است بنابراین آغازگر OPE-19 از کارایی بالایی برخوردار است.

شاخص نشانگر (MI) نیز برای آغازگرهای مورد مطالعه، از ۰/۷۲ در آغازگرهای OPD-05 و OPB-02 تا ۳/۷۸ در آغازگر OPE-19 متغیر بود. بیشترین مقادیر شاخص نشانگر متعلق به دو آغازگر OPA-09 و OPE-19 بود. با توجه به اینکه هرچه شاخص نشانگر برای یک آغازگر بیشتر باشد بیانگر قدرت تفکیک بالاتر آن آغازگر است، بنابراین این امر نشان دهنده قدرت تفکیک بالاتر این آغازگرها در مقایسه با سایر آغازگرها است.

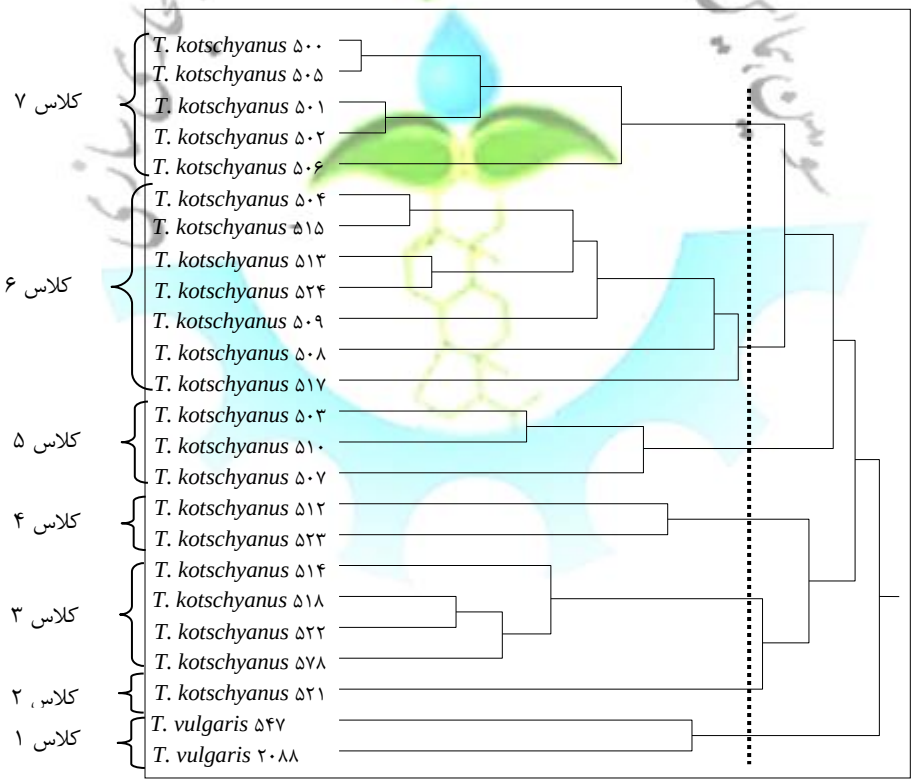
جدول ۲. اسامی آغازگرها به همراه تعداد کل مکان‌های ژنی تکثیر شده، تعداد مکان‌های ژنی پلی مورفیک، درصد پلیمورفیسم (%P)، محتوای اطلاعاتی چند شکلی (PIC) و شاخص نشانگر (MI) تولید شده توسط هر آغازگر

آغازگر	کل مکان‌های ژنی	مکان‌های ژنی پلی‌مورفیک	%P	PIC	MI	محدوده طول قطعات DNA (bp)
OPA-09	۱۶	۱۶	۱۰۰	۰/۲۰	۳/۲	۴۰۰۰-۴۵۰
OPA-17	۷	۷	۱۰۰	۰/۲۳	۱/۶۱	۲۰۰۰-۷۰۰
OPA-04	۱۵	۷	۴۶/۶۷	۰/۱۸	۱/۲۶	۳۵۰۰-۳۰۰
OPA-05	۱۴	۵	۳۵/۷۱	۰/۱۶	۰/۸۰	۳۲۰۰-۳۵۰
OPB-02	۱۰	۴	۴۰	۰/۱۸	۰/۷۲	۲۸۰۰-۴۰۰
OPB-03	۹	۴	۴۴/۴۴	۰/۲۱	۰/۸۴	۳۱۰۰-۳۵۰
OPB-04	۱۱	۵	۴۵/۴۵	۰/۲۳	۱/۱۵	۳۴۰۰-۵۰۰
OPB-06	۱۴	۶	۴۲/۸۶	۰/۱۹	۱/۱۴	۳۸۰۰-۴۵۰
OPB-08	۸	۴	۵۰	۰/۲۲	۰/۸۸	۲۳۰۰-۴۵۰
OPD-03	۶	۶	۱۰۰	۰/۲۶	۱/۵۶	۱۳۰۰-۳۵۰
OPD-05	۱۰	۴	۴۰	۰/۱۸	۰/۷۲	۲۸۰۰-۳۵۰
OPE-19	۱۴	۱۴	۱۰۰	۰/۲۷	۳/۷۸	۲۱۰۰-۳۰۰
OPE-20	۱۱	۹	۸۱/۸	۰/۱۹	۱/۷۱	۲۰۰۰-۴۵۰
جمع کل	۱۴۵	۹۱	-			
میانگین	۱۱/۱۵	۷	۶۳/۶۱			

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه کلاستر (UPGMA)، جمعیت‌های متعلق به دو گونه *T. kotschyanus* و *T. vulgaris* در ۷ گروه مختلف قرار گرفتند (شکل۲). بر این اساس دو جمعیت ۵۴۷ (تهران- دماوند) و ۲۰۸۸ (تهران- باغ گیاهشناسی) متعلق به گونه *T. vulgaris* مستقل از جمعیت‌های گونه *T. kotschyanus*، در یک کلاس جداگانه (کلاس۱) مستقر شدند که با توجه به تفاوت‌های زیاد دو گونه مذکور این امر دور از انتظار نیست ضمن اینکه نقش نشانگر مولکولی RAPD در جداسازی و دسته بندی گونه‌های مختلف را نشان می‌دهد.

با توجه به دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر، جمعیت ۵۲۱ (اذربایجان غربی-پیرانشهر) در کلاس ۲، ۵۱۴ (تهران- همند)، ۵۱۸ (سمنان-شهمیرزاد)، ۵۲۲ (تهران) و ۵۷۸ (ارومیه) در کلاس۳ و جمعیت‌های ۵۱۲ (آذربایجان-باکو۲) و ۵۲۳ (گیلان-رودبار) در کلاس ۴ قرار گرفتند. همچنین جمعیت‌های ۵۰۳ (قم-کرمجگان)، ۵۱۰ (آذربایجان-باکو۱) و ۵۰۷ (زنجان- زنجانرود) در کلاس ۵، جمعیت‌های ۵۰۰ (قزوین-قاقازان)، ۵۰۵ (قزوین-الموت)، ۵۰۱ (قزوین-طارم)، ۵۰۲ (قم-کهک) و ۵۰۶ (گیلان) در کلاس ۷ و بقیه جمعیت‌ها در کلاس ۶ پراکنش یافتند.

همانطور که مشاهده می‌شود جمعیت‌های متعلق به منطقه قم در سه کلاس مختلف (کلاس۵، ۶ و ۷)، جمعیت‌های متعلق به منطقه قزوین در دو کلاس متفاوت (کلاس ۶ و۷) و جمعیت‌های متعلق به منطقه گیلان در سه گروه مختلف (کلاس ۴، ۶ و ۷) پراکنش یافته اند. در همه موارد فوق دیده می‌شود جمعیت هایی که از لحاظ منشاء جغرافیایی بهم نزدیک هستند، از لحاظ ژنتیکی تنوع زیادی را نشان می‌دهند. این تنوع ژنتیکی در گیاه آویشن نه تنها در بین جمعیت‌های مختلف، بلکه در بین تک بوته‌های مختلف یک جمعیت نیز بوضوح قابل مشاهده است که یکی از دلایل آن می‌تواند سیستم گرده افشانی باز در این گیاه باشد. Khoshsokhan و همکاران (۲۰۱۴) در ارزیابی جمعیت‌هایی از آویشن کوهی توسط نشانگر RAPD، بیان داشتند که در تجزیه کلاستر دو جمعیت ایوان (قزوین) و سیاهکل (استان گیلان) بیشترین شباهت و دو جعیت قزوین و مازندران بیشترین عدم تشابه را نشان دادند.



شکل۲. دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر (UPGMA) بر اساس ماتریس فاصله ژنتیکی بین جمعیت‌ها

نتیجه‌گیری نهایی

بطور کلی بین جمعیت‌های مختلف آویشن کوهی (*T. kotschyanus*) تنوع بسیار زیادی وجود دارد زیرا حنی جمعیت هایی که از نظر منشاء جغرافیایی بهم نزدیک بودند، از لحاظ ژنتیکی تنوع زیادی را نشان دادند. دو آغازگر OPA-09 و OPE-19 با توجه به قدرت تفکیک بالاتر، بعنوان بهترین آغازگرها برای بررسی تنوع جمعیت‌های آویشن کوهی معرفی می‌گردند. نشانگر مولکولی RAPD می‌تواند نقش موثری در تفکیک گونه‌های آویشن داشته باشد.

منابع

Aghaei, F. Shokrpour, M. Nazeri, V. and Shaltouki-Rizi, M. 2024. Interspecific hybridization in *Thymus* species: molecular and morphological characterization. J. Med. Plants; 23(92): 83-97.

Dini, S., Chen, Q., Fatemi, F. and Asri, Y. (2022). Phytochemical and biological activities of some Iranian medicinal plants. Pharmaceutical Biology, 60(1), 664-689.

Govarthanan, M., Guruchandar, A., Arunapriya, S., Selvankumar, T. and Selvam, K. 2011. Genetic variability among *Coleus* sp. studied by RAPD banding pattern analysis. International Journal for Biotechnology and Molecular Biology Research, 2(12): 202-208.

Khoshsokhan, F., Babalar, M., Fatahi, M., Poormeidani, A.2014. Assessment of Genetic Diversity of Some Wild Populations of *Thymus Kotschyanus* Usingrapd Molecular Markers. Cercetări Agronomice în Moldova. Vol. XLVII, No. 3 (159).

Kim, H.T., Pak, J.H. and Kim, J.S. 2020. The complete chloroplast genome sequence of *Thymus quinquecostatus* var. *japonicus* (Lamiaceae), an endemic to Ullenung Island of Korea. Mitochondrial DNA Part B, 5: 2401-2402.

Sunar, S., Aksakal, O., Yildirim, N., Agar, G., Gulluce, M. and Sahin, F. 2009. Genetic diversity and relationships detected by FAME and RAPD analysis among *Thymus* species growing in eastern Anatolia region of Turkey. Rom. Biotechnol. Lett, 14(2): 4313-4318.

Investigating genetic diversity of different populations of *Thymus kotschyanus* using RAPD molecular markers

Mahdi Ziaei Nasab[*1], Seyed Mohsen Hesamzadeh Hejazi[2]
1. Department of Plant Breeding and Genetic, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran.
2. Department of Biotechnology, Research Institutes of Forests and Rangelands, Education and Extension Organization, Tehran, Iran.
* *Corresponding Author: mziai2003@yahoo.com*

Abstract

T. kotschyanus, as one of the most important species of the *Thymus* genus, has commercial value due to its medicinal, health and nutritional properties. Due to the open pollination and hybridization system, there is a great deal of diversity in this species, and studying this diversity is of great importance to identify superior germplasm. In this study, in order to investigate the genetic diversity of different populations of *T. kotschyanus* and compare the species with the commercial species *T. vulgaris*, 22 populations of *T. kotschyanus* along with 2 populations of the commercial species *T. vulgaris* were studied using RAPD molecular markers. Based on this, 145 loci were amplified using 13 primers, of which 91 were polymorphic. Among the random primers used, 5 primers OPA-09, OPA-17, OPD-03, OPE-19, and OPE-20 had the highest percentage of polymorphism and had excellent ability to investigate genetic diversity in the studied populations. The OPE-19 primer, with the highest levels of both polymorphic information content (PIC) and marker index (MI), showed the highest ability to discriminate and express polymorphism among the studied populations. Based on the results of cluster analysis, different populations were placed in 7 different classes. Accordingly, two populations belonging to the species *T. vulgaris*, independent of the populations of the species *T. kotschyanus*, were placed in a separate class, which indicates the effective role of the RAPD molecular marker in the separation and classification of different species.

Keywords: Genetic diversity, RAPD, *Thymus kotschyanus*.

بررسی رسوراترول به عنوان مهارکننده NS5A ویروس هپاتیت C از طریق داکینگ مولکولی و مطالعات ADMET

طوبی عبدی زاده*

مرکز تحقیقات بیوشیمی بالینی، پژوهشکده علوم پایه سلامت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران

*نویسنده مسئول: t.abdizadeh@gmail.com

چکیده

عفونت ویروس هپاتیت C (HCV) یک چالش مهم سلامت جهانی است که می‌تواند منجر به سیروز، سرطان کبد و حتی مرگ شود. NS5A به‌عنوان یک پروتئین تنظیمی نقش کلیدی در تکثیر و تجمع ویروس HCV در سلول‌های میزبان دارد و می‌تواند به‌عنوان یک هدف برجسته برای طراحی داروهای ضد ویروسی باشد. رسوراترول یک پلی‌فنول طبیعی در طیف گسترده‌ای از گونه‌های گیاهی است که اثرات مفیدی بر بیماری‌های مختلفی مانند سرطان، بیماری‌های قلبی عروقی، دیابت و بیماری‌های متابولیک دارد. هدف از این مطالعه بررسی فعالیت *in silico* رسوراترول علیه HCV NS5A بود. ساختار سه‌بعدی رسوراترول از PubChem بازیابی و با استفاده از نرم‌افزار Chimera بهینه‌سازی شد. ساختار پروتئین NS5A از بانک داده پروتئین (PDB: 3FQM) به‌دست آمد و داکینگ مولکولی رسوراترول توسط Autodock انجام شد. همچنین، خواص ADMET با استفاده از سرور SwissADME مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج داکینگ مولکولی نشان داد که رسوراترول میل ترکیبی بالایی در جایگاه فعال پروتئین NS5A از خود نشان می‌دهد. رسوراترول خواص فارماکوکینتیک و شباهت دارویی خوبی از خود نشان داد. یافته‌های این مطالعه نشان داد که رسوراترول می‌تواند به‌عنوان کاندیدای امیدوارکننده‌ای برای محدود کردن فعالیت NS5A ویروس هپاتیت C عمل کند و می‌تواند برای اعتبارسنجی تجربی آینده در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: داکینگ مولکولی، رزوراترول، ویروس هپاتیت C، NS5A

مقدمه

ویروس هپاتیت C (HCV) یک ویروس RNA هپاتوتروپیک است که باعث آسیب پیشرونده کبد می‌شود و ممکن است منجر به سیروز کبدی و سرطان کبد شود. در سطح جهان، بیشتر از صد میلیون نفر به طور مزمن به این ویروس آلوده می‌شوند. عوامل خطر اصلی برای این عفونت ویروسی، انتقال از راه خون، تزریق ناایمن مواد مخدر و روش‌های پزشکی غیراستریل (عفونت‌های ایاتروژنیک) در کشورهایی با شیوع بالای HCV است (Sallam et al., 2024).

رسوراترول یک پلی‌فنول طبیعی در طیف گسترده‌ای از گونه‌های گیاهی است که اثرات مفیدی بر بیماری‌های مختلفی مانند سرطان، بیماری‌های قلبی عروقی، دیابت و بیماری‌های متابولیک دارد و در بسیاری از گیاهان از جمله انگور، بادام زمینی و انواع توت یافت می‌شود (Brown et al., 2024).

پروتئین NS5A ویروس هپاتیت C یکی از اهداف اصلی ترکیباتی هستند که مستقیماً عفونت‌های HCV را مهار می‌کنند. NS5A به‌عنوان یک پروتئین تنظیمی نقش کلیدی در تکثیر و تجمع ویروس HCV در سلول‌های میزبان

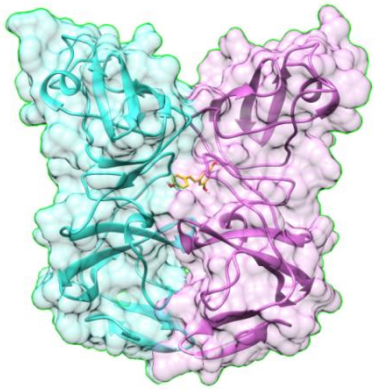
دارد و می‌تواند به‌عنوان یک هدف برجسته برای طراحی داروهای ضد ویروسی باشد (Tudi et al., 2024). بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر رسوراترول در مهار آنزیم NS5A به روش داکینگ مولکولی و بررسی خصوصیات ADME طراحی شده است. استفاده از این تکنیک می‌تواند اطلاعات مفیدی درباره نحوه اتصال، نوع برهم‌کنش‌ها و انرژی اتصال میان ترکیب مورد مطالعه و جایگاه فعال آنزیم فراهم کند و زمینه‌ساز مطالعات آزمایشگاهی آینده باشد.

مواد و روش‌ها

ساختار سه‌بعدی رسوراترول از پایگاه PubChem با کد CID: 445154 دریافت شد و با نرم‌افزار Chimera بهینه شدند. ساختار آنزیم NS5A نیز از پایگاه PDB با کد PDB:3FQM دریافت گردید. داکینگ مولکولی آنزیم و لیگاندها توسط نرم‌افزار Autodock انجام شدBinding Affinity . بهترین مود ترکیب رسوراترول ثبت و بررسی شد.

نتایج و بحث

نتایج داکینگ مولکولی نشان داد که رسوراترول میل ترکیبی بالایی (انرژی آزاد اتصال: ۷/۶۴- کیلوکالری بر مول) در جایگاه فعال پروتئین NS5A از خود نشان می‌دهد. رسوراترول با آمینواسیدهای Thr۹۹ و Arg۱۱۹ هر دو زنجیره A و B پروتئین NS5A پیوند هیدروژنی برقرار می‌کند و با آمینواسیدهای Tyr۹۳، Cys۵۷ و Tyr۹۵ در هر دو زنجیر برهمکنش هیدروفوب دارد (شکل ۱). رسوراترول خواص فارماکوکینتیک و شباهت دارویی خوبی نیز از خود نشان داد. خواص فیزیکوشیمیایی محاسبه‌شده برای رسوراترول برحسب وزن مولکولی، حجم، مساحت سطح توپولوژیکی، ضریب تقسیم اکتانول-آب، تعداد پیوند قابل چرخش، پذیرنده‌های پیوند هیدروژنی، دهنده‌های پیوند هیدروژنی و ضریب شکست مولی در محدوده مجاز پارامترهای مربوطه قرار داشتند.



شکل ۱. نمایش سه‌بعدی برهمکنش رسوراترول و آنزیم NS5A

نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان داد که رسوراترول می‌تواند به‌عنوان کاندیدای امیدوارکننده‌ای برای محدود کردن فعالیت NS5A ویروس هپاتیت C عمل کند و توانایی برهمکنش مؤثر و پایدار به جایگاه فعال آنزیم NS5A را دارا می‌باشد. با توجه به نقش کلیدی آنزیم NS5A در HCV، رسوراترول می‌تواند به‌عنوان یک کاندید ارزشمند در مهار این آنزیم برای اعتبارسنجی تجربی آینده در نظر گرفته شود.

منابع

Sallam. M., and Khalil, R. (2024). Contemporary insights into hepatitis c virus: a comprehensive review. Microorganisms, 12, 1035.

Brown, K., Theofanous, D., Britton, R.G., Aburido, G., Pepper, C., Sri Undru, S., and Howells, L. (2024). Resveratrol for the management of human health: how far have we come? A systematic review of resveratrol clinical trials to highlight gaps and opportunities. International journal of molecular sciences, 25, 747.

Tudi, M., Sawuti., A, Abudurusuli., M, Wu, C., Chen, X., Ailimu, G., Wulayin, K., and Tuerxun, M. (2024). Epitope-based therapeutic targets in HCV genotype 1 non-structural proteins: a novel strategy to combat emerging drug resistance. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, 14, 1480987.

Exploring of Resveratrol as HCV NS5A Inhibitor via Molecular Docking and ADMET Studies

Tooba Abdizadeh*
Clinical Biochemistry Research Center, Basic Health Sciences Institute, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
*Corresponding Author:t.abdizadeh@gmail.com

Abstract

Hepatitis C virus (HCV) infection is a significant global health challenge that can results in cirrhosis, hepatocellular carcinoma and even death. NS5A as a regulatory protein plays a key role in HCV virus replication and assembly within host cells and can be as a prominent target for antiviral drug design. Resveratrol is a natural polyphenol in a wide variety of plant species that has useful effects various diseases such as cancer, cardiovascular disease, diabetes and metabolic disease. The aim of this study was to investigation the in silico activity of resveratrol against the HCV NS5A. The 3D structure of resveratrol was retrived from PubChem and optimized using Chimera software. The NS5A protein structure was obtained from the Protein Data Bank (PDB: 3FQM), and the molecular docking of resveratrol was performed by Autodock. Also, the ADMET properties were studied using SwissADME server. The results of molecular docking showed that resveratrol exhibited high binding affinity in the active site of the NS5A protein. Resveratrol displayed the good pharmacokinetics and drug-likeness properties. The findings of study showed that resveratrol could serve as promising candidate for limiting the NS5A activity of the HCV and could be considered for future experimental validation.

Keyword: Hepatitis C virus, Resveratrol, NS5A, Molecular docking

پتانسیل درمانی و مکانیسم‌های اثر آلوئه‌ورا در بهبود زخم‌های دیابتی: مروری کوتاه

پینار طهماسب‌زاده بسطام[1]، یوسف پناهی*[1]، علیرضا سلمانی[1]، پویا صابرفرزام[1]
گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
*نویسنده مسئول: y.panahi@tabrizu.ac.ir

چکیده

مدیریت زخم‌های دیابتی، به‌ویژه زخم پای دیابتی، به دلیل اختلال در فرایند ترمیم و شیوع بالای عوارض، همچنان یک چالش بالینی بزرگ محسوب می‌شود. این امر جست‌وجو برای درمان‌های کمکی مؤثر را تشدید کرده است و در این میان، آلوئه‌ورا به دلیل خواص برجسته‌اش در ترمیم زخم، توجه علمی قابل‌توجهی را به خود جلب کرده است. با جست‌وجوی کلیدواژه‌های «آلوئه‌ورا»، «دیابت» و «زخم‌های دیابتی» در پایگاه‌های PubMed و MagIran (۲۰۱۵-۲۰۲۵)، از میان ۲۳۲ مقاله، ۲۸ مطالعه که به‌طور مستقیم به مکانیسم‌های اثر آلوئه‌ورا بر بهبود زخم‌های دیابتی پرداخته بودند، بررسی و انتخاب شدند. اثربخشی درمانی آلوئه‌ورا، از جمله بهبود ۷۹ درصدی زخم در مدل موش صحرایی دیابتی پس از ۱۴ روز با ترکیب آلوئه‌ورا و روغن دارچین در یک ژل، به هم‌افزایی پیچیده ترکیبات زیست فعال آن نسبت داده می‌شود که اثرات قدرتمند ضدالتهابی، ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی دارند. مکانیسم عمل این گیاه تحریک تکثیر و مهاجرت فیبروبلاست‌ها، افزایش رسوب کلاژن، تقویت رگ‌زایی از طریق افزایش فاکتورهای رشد مانند VEGF و تعدیل مسیرهای سیگنالینگ حیاتی نظیر MAPK /ERK می‌باشد که یک پاسخ چندجانبه را سازماندهی می‌کند. در نتیجه، مجموعه شواهد علمی، آلوئه‌ورا را نه‌تنها یک درمان سنتی، بلکه عاملی معتبر با مکانیسم‌های چندگانه در درمان زخم‌های دیابتی می‌داند. این گیاه با تعدیل التهاب، مهار رشد میکروبی و تحریک بازسازی بافت، گزینه‌ای مؤثر برای پروتکل‌های مراقبت از زخم است. تحقیقات آتی باید بر استانداردسازی فرمولاسیون‌ها و انجام کارآزمایی‌های بالینی گسترده متمرکز شود تا پتانسیل کامل آن در مدیریت زخم مشخص گردد.

واژه‌های کلیدی: ژل آلوئه‌ورا، زخم پای دیابتی، مکانیسم‌های ترمیم زخم.

The Therapeutic Potential and Mechanisms of Action of *Aloe Vera* in Diabetic Wound Healing: A Short Review

Pinar Tahmasebzadeh Bastam[1], Yousef Panahi[1]*, Alireza Salmani[1], Pouya Saber Farzam[1]
1. Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
Corresponding Author: y.panahi@tabrizu.ac.ir

Abstract

The treatment of diabetic wounds, particularly diabetic foot ulcers, remains a major clinical challenge due to delayed healing processes and high complication rates. *Aloe vera* has intensified the search for effective adjunctive therapies, and among them, *Aloe vera* has drawn growing scientific interest for its notable wound-healing potential. This short review analyzed 28 relevant studies selected from 232 articles indexed in PubMed and Magiran (2015–2025) using the keywords "*Aloe vera*," "diabetes," and "diabetic wounds". The therapeutic effectiveness of *Aloe vera* including a 79% wound improvement in diabetic rat models after 14 days using a gel combining *Aloe vera* and cinnamon oil is attributed to the complex synergy of its bioactive components, which exhibit potent anti-inflammatory, antimicrobial, and antioxidant properties. The plant's mechanism of action involves stimulating the proliferation and migration of fibroblasts, enhancement of collagen deposition, enhancing angiogenesis by boosting growth factors like VEGF, and modulating vital signaling pathways such as MAPK/ERK, thereby organizing a multifaceted response. In conclusion, the body of scientific evidence positions *Aloe vera* not just as a traditional remedy but as a credible therapeutic agent with multiple mechanisms for treating diabetic wounds. By modulating inflammation, inhibiting microbial growth, and promoting tissue regeneration, it stands as an effective option for wound care protocols. Future research should focus on standardizing formulations and conducting large-scale clinical trials to fully determine its potential in wound management.

Keywords: *Aloe vera* gel, Diabetic foot ulcer, Wound healing mechanisms.

بررسی اثرات ضد بیوفیلمی عصاره‌ی آبی *Hypericum coris* بر ضد برخی باکتری‌های پاتوژن‌های دهانی

امیرارسلان کاویانی‌فرد[1*]، نصراله سوری[2]

۱- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- گروه علوم کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: kavyanifard@pnu.ac.ir

چکیده

میکروارگانیزم‌های مختلفی در ایجاد پوسیدگی دندانی تاثیر گذار هستند. استفاده از داروهای شیمیایی در حفره دهان با عوارض ناخواسته‌ای همراه است. *Hypericum coris* گیاهی علفی، گل‌دار و پایا است که در مناطق مختلفی از دنیا و از جمله ایران می‌روید و در طب سنتی مورد استفاده بوده و امروزه در کشورهای زیادی بصورت تجاری کشت می‌شود. هدف از این مطالعه بررسی اثرات ضدبیوفیلمی عصاره‌ی آبی *H. coris* بر باکتری‌های *Enterococcus faecalis* و *Streptococcus mutans* که از عوامل شایع بیماری‌های پریودنتال هستند، بود. از روش خیساندن برای عصاره‌گیری استفاده شد. قدرت ضدبیوفیلمی این عصاره با استفاده از روش‌های کمی (میکرودایلوشن در میکروپلیت) و کیفی، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد این عصاره به ترتیب در غلظت‌های ۶۴، ۱۲۸ و ۳۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و بالاتر از آن؛ مانع تولید بیوفیلم توسط *E. faecalis* و *S. mutans* گردید. این اولین گزارش در مورد اثرات ضد بیوفیلیمی عصاره آبی *H. coris* بر ضد میکروارگانیزم‌های ناحیه‌ی دهانی است که نشان داد این عصاره از قدرت نسبتا بالایی علیه آنها برخوردار است. بر اساس این نتایج می‌توان از این عصاره جهت فرمولاسیون دهانشویه یا خمیردندان استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: پریودنتال، ضدبیوفیلمی، عصاره‌ی آبی، *Hypericum coris*.

مقدمه

پوسیدگی دندان و بیماری‌های پریودنتال از شایع‌ترین بیماری‌های دهان هستند که در اثر تجمع میکروارگانیزم‌ها به دلیل بهداشت نامناسب دهان و دندان و عادت‌های غذایی نامناسب ایجاد می‌شوند. یکی از گونه‌های اصلی باکتری که در ایجاد پلاک و پوسیدگی دندان نقش مهمی ایفا می‌کند، *استرپتوکوک‌ها* و به‌ویژه *استرپتوکوک موتانس* می‌باشد. برای کنترل عفونت باکتری‌های دهانی، از ترکیبات و محلول‌های ضد میکروبی مختلف از جمله تریکوزان، فلوراید، ید، کلرهگزیدین و موارد دیگر استفاده می‌شود. کلرهگزیدین یکی از شایع‌ترین دهان‌شویه‌های مورد استفاده است، اما به‌رغم خاصیت ضد میکروبی زیاد، می‌تواند باعث تغییر رنگ سطح دندان‌ها شود و همچنین حس چشایی را تغییر دهد (Lindhe & Romandini, 2025). استفاده بی‌رویه از آنتی‌بیوتیک‌ها سبب ایجاد سویه‌های مقاوم میکروارگانیزم‌ها به انواع آنتی‌بیوتیک‌ها شده است. بنابراین برای مقابله با مقاومت‌های میکروبی نوظهور نیازمند یافتن ترکیبات دارویی جدید هستیم (Ahmed *et al.*, 2024). بیوفیلم یک توده متراکم غیرکلسیفیه و ترکیب شده با میکروارگانیزم‌ها (به طور عمده *استرپتوکوکوس میتیس* و *استرپتوکوکوس سانگوئیس*) است که توسط ماتریسی غنی از پلی‌ساکارید خارج سلولی

باکتری‌ها و گلیکوپروتئین بزاقی، به صورتی پایدار و محکم به دندان و دیگر سطوح سخت حفره دهان متصل می‌شود. گسترش بیوفیلم باعث بروز بیماری‌های مختلف از جمله پوسیدگی دندان، التهاب لثه و پریودنتیت می‌شود (Velsko *et al.*, 2019). در طی بلوغ بیوفیلم دندان، تغییرات گونه‌های باکتریایی به سمت انواع بی‌هوازی و مهاجم‌تر می‌رود که منجر به تجمع پلاک فوق لثه‌ای و التهاب لثه شده که نخستین علائم بالینی از بیماری‌های لثه پدیدار می‌شود. با توجه به مقاومت آنتی‌بیوتیکی بیوفیلم‌ها و از آن جایی که بیوفیلم‌ها مسئول ۶۰ درصد از عفونت‌های انسانی هستند؛ جستجو، اصلاح و توسعه ترکیبات ضدمیکروبی که پتانسیل ضدمیکروبی علیه میکروارگانیزم‌ها با مقاومت چندگانه دارند، بخش مهم و دارای اولویت پژوهشی است (Wieczorkiewicz *et al.*, 2024).

یکی از مکانیزم‌های موثر باکتری‌های دهانی برای فرار از آنتی‌بیوتیک‌ها و ترکیباتی مانند دهانشویه‌ها؛ تشکیل بیوفیلم بر سطح دندان می‌باشد. پلاک دندانی یک توده سازمان یافته از میکروارگانیزم‌هایی است که در یک ماتریکس از جنس گلیکوپلیمرها شکل گرفته و به سطح دندان‌ها، پروتزها و دهان می‌چسبد. باکتری‌ها تا ۸۰ درصد از میکروارگانیزم‌های پلاک دندانی را تشکیل می‌دهند (Babadi *et al.*, 2017). یکی از استراتژی‌های درمانی در مقابل تشکیل بیوفیلم‌های میکروبی استفاده از انواع فرمولاسیون‌های گیاهی می‌باشد. گیاه *Hypericum coris* یا Heath-leaved St. John's wort، گیاهی علفی، گل‌دار و پایا است که معمولاً به صورت خودرو در میان کشتزارها یا مناطق مرتعی یافت شده و یکی از گونه‌های گیاهان گل‌دار از خانواده‌ی *Hypericaceae* می‌باشد. این گیاه، بوته‌ای کم ارتفاع است که بومی اوراسیا بوده و به‌طور گسترده در مناطق معتدل اروپا (اوکراین و روسیه)، آسیا (ترکیه، هند و چین) و شمال آفریقا (خاورمیانه) می‌روید همچنین در مناطقی از جمله ایالات متحده آمریکا، آمریکای جنوبی و استرالیا نیز به‌صورت گونه‌ای مهاجم معرفی و پراکنده شده‌است. *H. coris* در مناطق مختلفی از ایران از جمله دامنه کوه‌های البرز، چالوس، مازندران و نقاط غرب ایران می‌روید. این گیاه برای سده‌ها، در طب سنتی مورد استفاده بوده و امروزه در کشورهای زیادی در حال کشت صنعتی و تجاری است (Wagner and Bladt, 1994).

از آنجایی که باکتری‌های دهانی از جمله عوامل اصلی ایجاد آسیب به دندان هستند و از طرفی می‌توانند سبب ایجاد عفونت دهانی گردند، روش‌های درمانی جدید می‌تواند به بهداشت دهان و دندان کمک کند. هدف از انجام این تحقیق بررسی تاثیرات ضدبیوفیلمی عصاره‌ی آبی *H. coris* بر ضد باکتری‌های پاتوژن *E. faecalis* و *S. mutans* بود که از عوامل اصلی پوسیدگی دندان هستند.

مواد و روش‌ها

میکروارگانیزم‌های مورد مطالعه

در این پژوهش از باکتری‌ها استاندارد آزمایشگاهی استفاده شد که عبارت بودند از *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212) و *Streptococcus mutans* (ATCC 35668).

تهیه عصاره‌ی آبی

پس از جمع‌آوری و شناسایی نمونه‌های گیاهی؛ بخش‌های هوایی گیاه (گل، برگ و ساقه)، در سایه و در دمای معمولی اتاق، سایه خشک و سپس کاملاً پودر شدند. از روش خیساندن برای عصاره گیری استفاده شد. بدین ترتیب که ۱۰ گرم از پودر خشک شده به ارلن حاوی ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل اضافه شد. برای جلوگیری از تبخیر شدن آب، دهانه ارلن به وسیله پارافیلم بسته شده و به مدت ۴۸ ساعت در دمای آزمایشگاه (۲۵°C) و بر روی شیکر با دور

rpm ۴۰ شیک شد تا کاملاً خیسانده شود. پس از این مدت، محتوای ارلن با کمک کاغذ صافی واتمن فیلتر و عصاره‌ی آبی بدست آمده به مدت ۱۰ دقیقه با دور rpm ۱۲,۰۰۰ سانتریفیوژ شد تا هم ذرات گیاهی باقیمانده حذف شوند و هم میکروارگانیزم‌های احتمالی حذف شده و یک عصاره‌ی استریل بدست آید. سوپرناتانت حاصل در شرایط استریل و با کمک روتاری (دمای ۳۵°C و دور rpm ۱۰۰ به مدت نیم‌ساعت) تغلیظ و بصورت پودر در آمد و برای تست‌های بعدی، در یخچال (۴°C) نگهداری شد. مقدار نهایی عصاره که بصورت پودر خشک، ۰,۵ گرم بود (Ahlem & Samir, 2025).

بررسی کمی فعالیت ضد بیوفیلمی عصاره‌ی آبی *H. coris*

بدین منظور از میکروپلیت‌های ۹۶ خانه استفاده شد. ابتدا استوکی از عصاره با غلظت ۵۱۲ میلی‌گرم/میلی‌لیتر تهیه و از آن غلظت‌های سریالی معادل ۲۵۶، ۱۲۸، ۶۴، ۳۲، ۱۶، ۸، ۴ و ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر تهیه و سپس ۱۰۰ µL از هر یک از غلظت‌های تهیه شده به همراه ۹۵ µL محیط کشت مولرهینتون براث حاوی ۳ درصد گلوکز و ۵ µL سوسپانسیون میکروبی (با غلظت معادل نیم‌مک فارلند) درون خانه‌های میکروپلیت ریخته شد، به‌طوری‌که حجم نهایی در هر خانه میکروپلیت ۲۰۰ µL بود. میکروپلیت‌ها به مدت ۴۸ ساعت در ۳۷°C انکوبه و بعد از ۴۸ ساعت، محتوی چاهک‌ها به آرامی تخلیه گردید و چاهک‌ها دو مرتبه با استفاده از نرمال‌سالین ۰/۹ درصد شستشو داده شدند. سپس جهت تثبیت بیوفیلم، ۲۰۰ µL متانول ۹۹ درصد به مدت ۱۰ دقیقه به چاهک‌ها اضافه شد و در دمای اتاق قرار گرفت. بعد از تخلیه، ۲۰۰µL رنگ کریستال ویوله ۰/۱ درصد به چاهک‌ها اضافه گردید. پس از تخلیه، چاهک‌ها با استفاده از نرمال سالین ۰/۹ درصد شستشو داده شدند. در نهایت جذب نوری هر چاهک پس از افزودن ۲۰۰ µL اسید استیک گلاسیال ۳۳ درصد با دستگاه الایزا ریدر در ۵۹۵ nm خوانده شد (Ishwarya *et al.*, 2018). تشکیل بیوفیلم به شرح زیر طبقه‌بندی شد: OD > ۱ معادل تشکیل بیوفیلم، ۱ > OD > ۰/۱ معادل تشکیل بیوفیلم متوسط و OD < ۰/۱ معادل عدم تشکیل بیوفیلم.

بررسی کیفی فعالیت ضد بیوفیلمی عصاره‌ی آبی *H. coris*

بدین جهت ابتدا درون فالکون‌های استریل حاوی ۱۰ میلی‌لیتر محیط کشت مولر هینتون براث حاوی ۳ درصد گلوکز، غلظت‌های مختلف عصاره‌ی آبی *H. coris* شامل رقت‌های ۲۵۶، ۱۲۸، ۶۴، ۳۲، ۱۶، ۸، ۴ و ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر تهیه شد. سپس ۵۰ µL سوسپانسیون میکروبی با غلظت معادل نیم مک فارلند بدان اضافه و مقدار یک میلی‌لیتر از این مخلوط (محیط کشت + عصاره + میکروب) بر روی لام شیشه‌ای استریل قرار داده شد. بعد از ۱۶ ساعت انکوباسیون در دمای ۳۷°C، لام‌ها ابتدا توسط نرمال‌سالین ۰/۹ درصد شستشو و سپس با کریستال ویوله ۰/۱ درصد رنگ‌آمیزی و با میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفتند (Swamy *et al.*, 2016). در صورت ایجاد بیوفیلم، سطح لام به رنگ آبی‌بنفش رنگ‌آمیزی خواهد شد.

نتایج

نتایج بررسی کمی فعالیت ضد بیوفیلمی عصاره‌ی آبی *H. coris*

نتایج تعیین و اندازه‌گیری کمی فعالیت ضد بیوفیلمی عصاره‌ی آبی *H. coris* بر ضد میکروارگانیزم‌های مورد مطالعه؛ در جدول ۱ نشان داده شده است. در این جدول مقادیر کمتر از ۰/۱ (که به معنی عدم تشکیل بیوفیلم می‌باشد) با رنگ طوسی نشان داده شده است. هم‌چنان‌که در این جدول مشخص است، باکتری *S. mutans* از توان بیشتری برای تولید بیوفیلم برخوردار بوده به نحوی‌که در حضور مقادیر ۶۴ میلی‌گرم/میلی‌لیتر و کمتر قادر به ایجاد

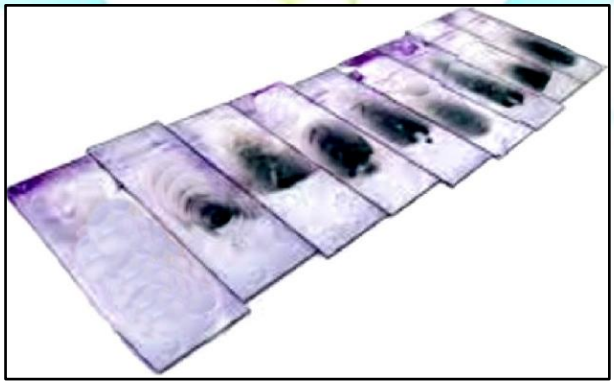
بیوفیلم بود اما غلظت‌های ۱۲۸ میلی‌گرم/میلی‌لیتر و بالاتر عصاره، مانع از تشکیل بیوفیلم توسط این باکتری گردید. باکتری *E. faecalis* در رتبه بعدی قرار داشت و در حضور مقادیر ۳۲ میلی‌گرم/میلی‌لیتر و کمتر قادر به ایجاد بیوفیلم بود اما این باکتری در حضور غلظت‌های ۶۴ میلی‌گرم/میلی‌لیتر و بالاتر عصاره، قادر به تشکیل بیوفیلم نبود.

جدول ۱. نتایج بررسی کمی فعالیت ضد بیوفیلمی عصاره‌ی آبی *H. coris* بر ضد میکروارگانیزم‌های مورد مطالعه

باکتری	غلظت عصاره (میلی‌گرم/میلی‌لیتر)											
	۵۱۲	۲۵۶	۱۲۸	۶۴	۳۲	۱۶	۸	۴	۲	۱	کنترل مثبت	کنترل منفی
E. faecalis	۰/۰۰۹	۰/۰۱۲	۰/۰۴۱	۰/۰۹۵	۰/۱۷۱	۰/۳۹	۰/۷۴	۱/۰۶	۱/۲۹	۱/۴۶	۱/۱۷	۰/۰۵۱
S. mutans	۰/۰۱۳	۰/۰۴۷	۰/۰۸۵	۰/۱۳	۰/۲۰۱	۰/۵۲	۰/۶۶	۰/۷۳	۰/۹۱۲	۱/۱۱	۱/۰۷	۰/۰۸۸

نتایج بررسی کیفی فعالیت ضد بیوفیلمی عصاره‌ی آبی *H. coris*

بعد از ۱۶ ساعت انکوباسیون در دمای ۳۷°C، لام‌ها ابتدا توسط نرمال‌سالین ۰/۹ درصد شستشو داده شده و سپس با کریستال ویوله ۰/۱ درصد رنگ‌آمیزی و رنگ اضافی با استفاده از آب مقطر شستشو داده شد و با میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفتند. ترتیب مقاومت میکروارگانیزم‌های مورد مطالعه در برابر عصاره آبی *H. coris* با روش کمی همخوانی داشتند اما مقادیر مقاومت، اندکی بالاتر بودند. به نحوی که باکتری *S. mutans* در حضور مقادیر ۱۲۸ میلی‌گرم/میلی‌لیتر و کمتر قادر به ایجاد بیوفیلم بود اما غلظت‌های ۲۵۶ میلی‌گرم/میلی‌لیتر و بالاتر عصاره، مانع از تشکیل بیوفیلم توسط این باکتری بر روی لام گردید (شکل ۱). باکتری *E. faecalis* در رتبه بعدی قرار داشت و در حضور مقادیر ۶۴ میلی‌گرم/میلی‌لیتر و کمتر قادر به ایجاد بیوفیلم بود اما این باکتری در حضور غلظت‌های ۱۲۸ میلی‌گرم/میلی‌لیتر و بالاتر عصاره، قادر به تشکیل بیوفیلم نبود.



شکل ۱. نتایج بررسی کیفی فعالیت ضد بیوفیلمی عصاره‌ی آبی *H. coris* بر ضد باکتری *S. mutans*.

بحث

از آنجا که دهان حاوی گونه‌های متعددی از باکتری‌ها می‌باشد و استفاده از داروهای شیمیایی دارای عوارض گوناگون از جمله تغییر در فلور طبیعی دهان می‌باشد، لذا یافتن ترکیبات ضد میکروبی به دست آمده از گیاهان که با مکانیسم‌هایی متفاوت از آنتی‌بیوتیک‌ها توانایی حذف و یا به حداقل رساندن این گونه‌های میکروبی را دارند، از هر نظر

حائز اهمیت می‌باشد و این موضوع می‌تواند استراتژی جدیدی را برای کنترل پیشرفت بیماری‌های مرتبط با پلاک (بیماری‌های پریودنتال و پوسیدگی دندان) به وسیله منابع طبیعی با اثرات مشابه با داروهای شیمیایی با عوارض کمتر فراهم کند (Lindhe & Romandini, 2025). هدف از این مطالعه بررسی خواص ضدبیوفیلمی عصاره آبی گیاه *H. coris* بر روی تعدادی از میکروارگانیزم‌های شایع دهان و دندان بود. دلیل انتخاب این گیاه آن بود که بر اساس بررسی‌های ما، تا کنون پژوهشی در مورد تاثیرات عصاره‌های این گیاه برروی فلور میکروبی دهان انجام نشده است. از طرفی یکی از ویژگی‌های بارز گونه‌های مختلف جنس *Hypericum*؛ تأثیر آنها بر ترمیم زخم‌های مختلف است و این مسئله می‌تواند در بهبود زخم یا ضایعات ناحیه دهانی بسیار موثر باشد. گذشته از این، چنانچه از عصاره این گیاه در فرمولاسیون خمیردندان یا دهان‌شویه استفاده شود، اگر در حین استفاده خورده شود؛ نه تنها همانند ترکیبات شیمیایی عوارض ناخواسته به همراه ندارد؛ بلکه اثرات درمانی متعدد و مفید دیگری مانند افزایش خون‌رسانی به بافت‌ها، خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی، آرام‌بخش سیستم عصبی، ضد ویروس، افزاینده سرعت تکثیر سلول‌ها و ... به همراه داشته باشد (Silva *et al.*, 2021).

میکروارگانیزم‌هایی که برای این پژوهش انتخاب شدند، جزء شایع‌ترین عوامل میکروبی ساکن در ناحیه دهانی و از جمله عوامل ایجاد پلاک و پوسیدگی دندانی هستند و یافتن ترکیباتی که بتواند چنین میکروارگانیزم‌هایی را از بین ببرد یا مانع از تشکیل بیوفیلم و پلاک توسط آنها شود، می‌تواند کمک شایانی به کنترل جمعیت میکروبی پاتوژن در بیماری‌های پریودنتال باشد. نتایج اندازه‌گیری کمی اثرات ضد بیوفیلمی عصاره آبی *H. coris* نشان داد که باکتری *S. mutans* از مقاومت بیشتری برای تولید بیوفیلم برخوردار بوده به نحوی که در حضور مقادیر ۶۴ میلی‌گرم/میلی‌لیتر و کمتر قادر به ایجاد بیوفیلم بود اما غلظت‌های ۱۲۸ میلی‌گرم/میلی‌لیتر و بالاتر عصاره، مانع از تشکیل بیوفیلم توسط این باکتری گردید. باکتری *E. faecalis* حساس‌تر بود و در حضور غلظت‌های ۶۴ میلی‌گرم/میلی‌لیتر و بالاتر عصاره، قادر به تشکیل بیوفیلم نبود. در مطالعه اکبری و همکاران (۱۴۰۱) عصاره آبی الکلی فلفل سیاه (*Piper nigrum*) در غلظت ۵۰ درصد بیشترین تأثیر ضدبیوفیلیم را بر ضد دو باکتری *Bacillus subtilis* و *Pseudomonas aeruginosa* نشان داد. ارزیابی فعالیت‌های ضدبیوفیلمی عصاره گیاهان *Sphedamnocarpus pruriens* و *S. africana-lutea* نشان داد که مهار بالقوه‌ای در برابر تشکیل بیوفیلم باکتری *Mycobacterium smegmatis* در غلظت‌های ۶۵/۸ و ۶۲/۲ میکروگرم بر میلی‌لیتر دارند (Oosthuizen *et al.*, 2019).

گروه ویپین و همکاران (۲۰۲۰) با مطالعه اثر عصاره فلفل سیاه بر چند سویه *P. aeruginosa* دریافتند که غلظت ۱۰۰ میکروگرم بر لیتر عصاره *Piper nigrum* توانایی مهار ۵۰ درصدی بیوفیلم در همه سویه‌های مورد آزمایش را دارد و همچنین بالاترین بیوفیلم تشکیل دهنده *P. aeruginosa* سویه YUPA21 نیز کاهش قابل توجهی بر تولید بیوفیلم در غلظت ۱۰۰ میکروگرم بر لیتر از خود نشان داد. در اینجا نیز نتایج بدست آمده توسط ما با نتایج سایر پژوهشگران تفاوت‌هایی را نشان می‌دهد که دلیل این امر تفاوت در نوع میکروب‌های مورد مطالعه و تفاوت در نوع گیاه و عصاره آن است. ذکر این نکته بسیار حائز اهمیت است که بر اساس جستجوهای گسترده‌ای که ما انجام دادیم، تاکنون مطالعه‌ای در مورد تاثیر ضدمیکروبی و ضدبیوفیلمی عصاره آبی گیاه *H. coris* بر روی باکتری‌های *E. feacalis* و *S. mutans* صورت نگرفته و بنابراین امکان مقایسه دقیق با مطالعات مشابه مقدور نبود. این اولین پژوهش در مورد اثرات ضد بیوفیلیمی عصاره‌ی آبی *H. coris* بر ضد برخی از میکروارگانیزم‌های ناحیه دهانی بود که نشان داد این عصاره از قدرت مناسبی علیه آنها برخوردار است. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش؛ این امکان وجود دارد تا از این عصاره جهت فرمولاسیون دهان‌شویه یا خمیردندان جهت حفظ بهداشت دهان و دندان استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات ضدمیکروبی و ضدبیوفیلمی عصاره‌ی آبی گیاه *H. coris* بر روی تعدادی از باکتری‌های شایع (*E. faecalis* و *S. mutans*) در ناحیه دهانی بود. نتایج نشان داد این عصاره مانع از تولید بیوفیلم توسط باکتری‌های مور دمطالعه گردید. این اولین پژوهش در مورد اثرات ضدمیکروبی و ضد بیوفیلیمی عصاره‌ی آبی *H. coris* بر ضد میکروارگانیزم‌های ناحیه دهانی بود که نشان داد این عصاره از قدرت مناسبی علیه آنها برخوردار است. بر اساس این نتایج این امکان وجود دارد تا از این عصاره جهت فرمولاسیون دهانشویه یا خمیردندان جهت حفظ بهداشت دهان و دندان استفاده کرد.

منابع

اکبری، سعید؛ دیدار، زهره؛ وظیفه دوست، محسن؛ حاجی رستملو، بهاره؛ محتشمی، مهناز (۱۴۰۱). بررسی اثر ضد بیوفیلمی عصاره آبی الکلی فلفل سیاه در شرایط آزمایشگاهی و مدل غذایی. مجله میکروب‌شناسی مواد غذائی. سال نهم، شماره ۱، صفحات ۲۴ تا ۳۴.

Ahlem, F., & Samir, D. (2025). Novel and facile green synthesis of copper nanoparticles using aqueous extract of *Phragmites australis* leaves and evaluation of their antioxidant, antihemolytic, anti-inflammatory, and anticancer effects. Applied Biotechnology Reports.

Ahmed, S. K., Hussein, S., Qurbani, K., Ibrahim, R. H., Fareeq, A., Mahmood, K. A., & Mohamed, M. G. (2024). Antimicrobial resistance: Impacts, challenges, and future prospects. Journal of Medicine, Surgery, and Public Health, 2, 100081.

Babadi, E., Bamzadeh, Z., & Babadi, F. (2017). Comparison of the antibacterial effects of chlorhexidine mouth washes with Jaftex mouthwash on some common oral microorganisms (an in vitro study). World Family Medicine, 15(9), 200–203. https://doi.org/10.5742/MEWFM.2017.93125.

Ishwarya, R., Vaseeharan, B., Kalyani, S., Banumathi, B., Govindarajan, M., Alharbi, N. S., Kadaikunnan, S., Al-Anbr, M. N., Khaled, J. M., & Benelli, G. (2018). Facile green synthesis of zinc oxide nanoparticles using Ulva lactuca seaweed extract and evaluation of their photocatalytic, antibiofilm, and insecticidal activity. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 178, 249–258.

Lindhe, J., & Romandini, M. (2025). Periodontology: The past, the present, the future. Journal of Periodontal Research, 60(1), 1–5.

Oosthuizen, C. B., Gasa, N., Hamilton, C. J., & Lall, N. (2019). Inhibition of mycothione disulphide reductase and mycobacterial biofilm by selected South African plants. South African Journal of Botany, 120, 291–297.

Silva, A. R., Taofiq, O., Ferreira, I. C. F. R., & Barros, L. (2021). Hypericum genus cosmeceutical application – A decade comprehensive review on its multifunctional biological properties. Industrial Crops and Products, 159, 113053.

Swamy, M. K., Akhtar, M. S., & Sinniah, U. R. (2016). Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: An updated review. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.

Velsko, I. M., Fellows Yates, J. A., Aron, F., Hagan, R. W., Frantz, L. A. F., Loe, L., *et al.* (2019). Microbial differences between dental plaque and historic dental calculus are related to oral biofilm maturation stage. Microbiome, 7(1), 102.

Vipin, C., Saptami, K., Fida, F., Mujeeburahiman, M., Rao, S. S., Athmika, Arun, A. B., & Rekha, P. D. (2020). Potential synergistic activity of quercetin with antibiotics against multidrug-resistant clinical strains of Pseudomonas aeruginosa. PLoS One, 15(11), e0241304. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241304.

Wagner, H., & Bladt, S. (1994). Pharmaceutical quality of Hypericum extracts. J Geriatr Psychiatry Neurol, 7, S65–S68.

Wieczorkiewicz, K., Jarząbek, A., Bakinowska, E., Kiełbowski, K., & Pawlik, A. (2024). Microbial dynamics in endodontic pathology—from bacterial infection to therapeutic interventions: A narrative review. Pathogens, 14(1), 12. https://doi.org/10.3390/pathogens14010012.

Investigation of Anti-biofilm Effects of *Hypericum coris* Aqueous Extractract against some Oral Pathogenic Bacteria

Amirarsalan kavyanifard[1*], Nasrollah soori[2]
1. Department of Biology, Payame Noor University, Tehran, Iran
2. Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran
[*]*Corresponding Author: kavyanifard@pnu.ac.ir*

Abstract

Different microorganisms are effective in creating dental caries. The use of chemical drugs in the oral cavity has unwanted side effects. *Hypericum coris* is a herbaceous, flowering, and perennial plant that grows in various regions of the world, including Iran, and is used in traditional medicine and is now cultivated commercially in many countries. The aim of the study was to investigate the anti-biofilm effects *of H. coris* on *Enterococcus Faecalis* and *Streetococcus mutans*, which are common causes of periodontal diseases. The soaking method was used to extract. The anti-biofilm capability of the aqueous extract was evaluated using quantitative and qualitative methods. Our results showed that the extract is at concentrations of 64, 128 and 32 mg/ml and above; It prevented the production of biofilm by *E. Faecalis* and *S. Mutans*. This is the first report on the anti -biofilium effects of *H. coris*'s anti -biofilium extract on anti -microorganisms that showed that the extract has relatively high power against them. Based on these results, this extract can be used for mouthwash or toothpaste formulation.

Keywords: Periodontal, Anti-Biofilm, Aqueous Extract, *Hypericum coris*.

شناسایی و جداسازی ژن دایریجنت (Dirigent) در گیاه خارمریم (*Silybum marianum*)

پگاه آزادگان[۱]، مهدی منصوری*[۱]، حمیدرضا کاوسی[۱]
۱- گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران
*نویسنده مسئول: me.mansouri@uk.ac.ir

چکیده

گیاه خارمریم به‌واسطه تولید سیلیمارین از اهمیت فارماکولوژیکی بالایی در پزشکی مدرن برخوردار است. تولید سیلیمارین توسط ژن‌های مختلفی کنترل و تنظیم می‌شود. پروتئین‌های دایریجنت (DIRs) در بسیاری از گیاهان شناسایی شده‌اند و امروز نقش آن‌ها در تولید سیلیمارین در گیاه خارمریم مورد تاکید قرار گرفته است. در این تحقیق با استفاده از آنالیزهای بیوانفورماتیکی ژن کد کننده دایریجنت در گیاه خارمریم شناسایی و جداسازی شد. استخراج DNA از گیاه خارمریم کشت شده در گلخانه انجام شد. نتایج واکنش زنجیره ای پلی مراز، تکثیر قطعه ۵۵۶ جفت بازی را در گیاه خارمریم تایید کرد. تجزیه و تحلیل نتایج توالی یابی قطعه تکثیر شده، مشابهت ۹۵/۸۸ درصدی با توالی mRNA کدکننده دایریجنت در گیاه خارمریم (MW842914.1) و مشابهت ۷۵/۵۶ درصدی با ژن دایریجنت کاهو (XM_023882774.3) نشان داد. نتایج این تحقیق لزوم مطالعات تکمیلی بر روی این ژن در گیاه خارمریم را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: شناسایی ژن، خارمریم، سیلیمارین، گیاه دارویی

مقدمه

خار مریم (*Silybum marianum*) یا مارتیغال گیاهی یکساله یا دوساله از تیره کاسنیان است که به لحاظ ظاهری، دارای گل‌هایی با رنگ‌های قرمز تا بنفش و برگ‌ها دارای رنگ سبز مایل به زرد به‌همراه رگه‌های سفیدرنگ می‌باشد. عصاره خارمریم دارای اثرات ضد میکروبی، ضد سرطانی، محافظت از کبد، محافظت از قلب و عروق، محافظت کننده عصبی، محافظ پوست و ضد دیابت است. سیلیمارین یک ترکیب فلاونوئیدی است که در عصاره این گیاه شناسایی شده است. سیلیمارین یک مخلوط کامل حاوی ترکیبات مختلف از جمله سیلیبین‌های A و B، ایزوسیلیبین‌های A و B، سیلی‌کریستین و سیلی‌دیانین است (Martinelli et al., 2023).

ژن‌های فنیل آلانین آمونیالیاز (*PAL*)، سینامیل الکل دهیدروژناز(*CAD*)، چالکون سنتاز (*CHS*)، فلاوانون ۳-دی‌اکسیژناز (*F3H*)، فلاون ۳'-هیدروکسیلاز (*F3'H*) لاکازها (*LAC*) و پراکسیدازها (*POX*) تجمع سیلیمارین را امکان‌پذیر می‌کنند و در مسیر بیوسنتزی و تنظیمی نقش کلیدی دارند (Droue et al., 2020). علاوه بر عملکرد پراکسیدازها، یک توالی پیچیده‌تر شامل پروتئین‌های دایریجنت برای بیوسنتز این ترکیبات پیشنهاد شده است. دایریجنت‌ها (Dirigent) گلیگو پروتنین‌های خارج سلولی هستند و در تمام گیاهانی که تاکنون بررسی شده‌اند وجود دارند (Davin et al., 1997). تصور می‌شود که پروتئین‌های دایریجنت (DIRs) نقش مهمی در متابولیسم ثانویه گیاه

دارند و آن‌ها فاقد فعالیت کاتالیزوری هستند. این پروتئین‌ها نقش مهمی در تشکیل لیگنان‌ها دارند، همچنین در بیوسنتز دسته‌ای متنوع و گسترده از متابولیت‌های ثانویه گیاهی که فعالیت‌های دارویی جالبی را نشان می‌دهند و در دفاع طبیعی گیاه نقش دارند (Pickel and Schaller, 2013). پروتئین‌های DIR در آرابیدوپسیس و DIR-like (AtDIR) یک خانواده پروتئینی با ۲۶ عضو را تشکیل می‌دهند که عملکردهای خاص آنها هنوز به سختی قابل درک است (Kim et al., 2012). متأسفانه، پروتئین‌های دایریجنت تاکنون کریستاله نشده‌اند و ساختارهای ملکولی این پروتئین‌ها با استفاده از اشعه ایکس یا NMR تعیین نشده است. علاوه بر این، همان‌طور که عدم وجود DIR در گیاهان آبزی ابتدایی نشان می‌دهد، به نظر می‌رسد که DIRها در گیاهان آوندی در طول روند تکامل خشکی زی دارای اهمیت می‌باشند.

از آنجا که وجود اینترون‌ها از طریق فرایندهای پیرایش متناوب باعث تولید ایزوفرم‌های مختلف از یک پروتئین می‌شوند در این تحقیق با هدف بررسی نقش این ژن موثر در تولید سیلیمارین، ساختار ژن کدکننده پروتئین دایریجنت و شناسایی اگزون‌ها و اینترون‌ها را مورد مطالعه قرار دادیم.

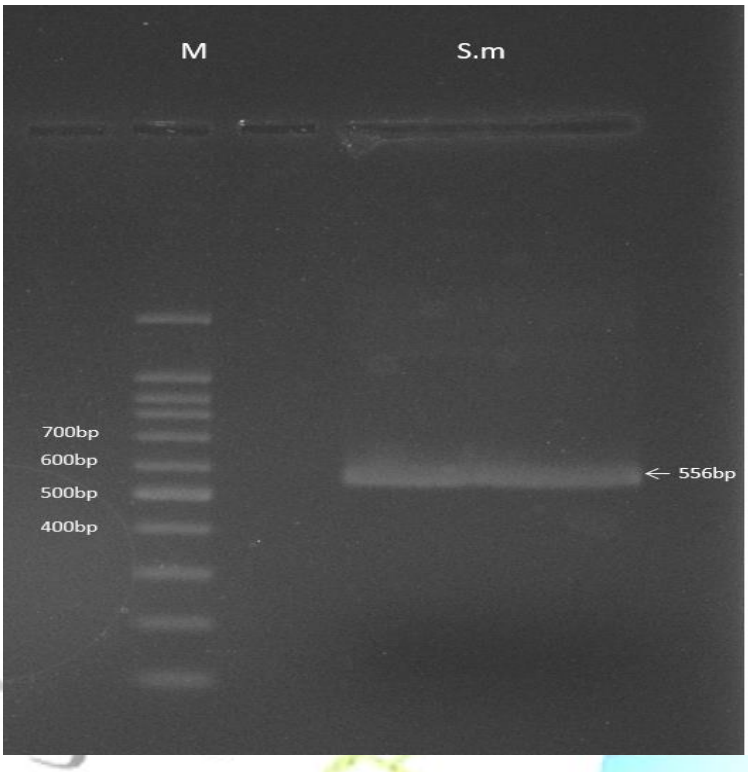
مواد و روش‌ها

در این مطالعه بذرهای گیاه خار مریم از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری شد و پس از ضد عفونی با قارچکش در گلدان کاشته شد. استخراج DNA، با استفاده از روش CTAB و طبق دستوالعمل Zhang و همکاران (۱۹۹۸) انجام شد. کمیت و کیفیت DNA استخراج شده با استفاده از روش‌های اسپکتروفتومتری و ژل الکتروفورز مورد سنجش قرار گرفت. طراحی آغاز گر به وسیله نرم‌افزار آنلاین Primer Quest انجام شد. ویژگی‌های جفت آغازگرها از لحاظ سازگاری آغازگرها، تشکیل ساختارهای ثانویه، عدم تشکیل حلقه در آغازگرها، هترو دایمر و همودایمر با استفاده از نرم‌افزار Oligo Analyzer و اختصاصی بودن تکثیر با NCBI Primer BLAST مورد بررسی قرار گرفت و تایید شد. واکنش PCR با استفاده از کیت مسترمیکس پارس توس و برنامه دمایی شامل $^{\circ}C$ ۹۴ (۳ دقیقه) برای واسرشت سازی اولیه و ۳۵ سیکل ۹۴ (۱ دقیقه)، ۶۰ (۴۰ ثانیه) و ۷۲ (۳۰ ثانیه) انجام شد. با استفاده از ژل الکتروفورز عملکرد واکنش PCR مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج با استفاده از دستگاه ژل داکیومنتیشن ثبت شد. به منظور توالی‌یابی قطعه تکثیر شده، باند مورد نظر از ژل آگارز جداسازی شد و طبق دستورالعمل شرکت بایونیر کره جنوبی با استفاده از روش سنگر توالی‌یابی شد. نتایج توالی‌یابی با استفاده از نرم‌افزار CHROMAS مورد ارزیابی قرار گرفت و با استفاده از جستجوی BLAST با توالی‌های مشابه و متناظر در بانک ژن مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

ژن دایریجنت در بسیاری از گیاهان شناسایی شده است. نقش آن در مسیر بیوسنتزی فنیل پروپانویدها باعث پلیمریزاسیون مونولیگنول‌ها می‌شود و در تولید لیگنین و لیگنان نقش دارد. در این تحقیق توالی ژن دایریجنت بر اساس آنالیزهای بیوانفورماتیکی داده‌های توالی‌یابی RNA (RNA-Seq) بدست آمد. به طور خلاصه از طریق سرهم‌بندی (Assembly) داده‌های توالی یابی RNA موجود در دادگان SRA (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sra) با استفاده از نرم‌افزار Trinity و جستجوی مشابهت کانتیگ‌های کد کننده پروتئین دایریجنت شناسایی شد. لذا جهت اعتبارسنجی کانتیگ شناسایی شده از آنالیزهای بیوانفورماتیکی و تعیین ساختار اینترون‌ها و اگزون‌ها اقدام به طراحی آغازگر جهت جداسازی و تکثیر توالی ژن *DIR* از گیاه خارمریم شد. کانتیگ سرهمبندی شده (TRINITY_DN36428_c0_g1) طول ۷۷۰ جفت باز داشت. با استفاده از برنامه Primer Quest یک جفت آغازگر طراحی شد تا طول کامل ژن مذکور را

تکثیر نماید. آغازگرهای DIRf: TCCCATTCCTTTCCCACATAATC و DIRr: TGGTCTTCAGTTGCATCAGTC قادر به تکثیر قطعه ۵۵۶ جفت بازی در DNA استخراج شده از گیاه خارمریم بود (شکل ۱).



شکل ۱. الکتروفورز ژن *DIR* تکثیر شده از گیاه خارمریم در واکنش زنجیره‌ای پلیمراز بر روی ژل آگارز ۱ درصد. M: مارکر ۱۰۰ جفت بازی شرکت پارس طوس.

تجزیه و تحلیل نتایج توالی‌یابی نشان داد که قطعه‌ی تکثیر شده در این مطالعه با توالی‌های مرتبط با ژن *DIR* در گیاهان خارمریم (MW842914.1)، کاهو (XM_023882774.3)، سپیدار (JQ929693.1) و صنوبر (GU129170.1) مشابهت دارد. نتایج مطالعات قبلی نشان داده است که پروتئین DIR در رشد و نمو و پاسخ به استرس‌های محیطی نقش دارد. همچنین، نقش احتمالی *DIRs*ها در بیوسنتز سیلیمارین قبلاً شناسایی شده بود. طبق پژوهش Martinelli و همکاران در سال ۲۰۲۳، مقدار سیلیمارین در دو تیپ مختلف A و B از گیاه وحشی خارمریم بررسی شد. طبق نتیجه ی این بررسی، علاوه بر تفاوت در میزان سیلیمارین تولیدشده بین این دو تیپ، سطح APX در هر دو نسبتاً پایین بود؛ در حالی‌که سیلیمارین سنتز شده در تیپ B از نظر کیفیت و کمیت تفاوت چشم‌گیری با تیپ دیگر داشت و مقدار آن نیز بیشتر بود. آنها نتیجه‌گیری کردند که APXها مسئول ایجاد این تفاوت نیستند؛ این در حالی است که قبلاً تصور می‌شد پراکسیدازها نقش مهمی در تولید سیلیمارین دارند. همچنین، در تیپ B از بین ۲۰ ژنی که بیشترین بیان را داشتند، تعداد ۴ ژن متعلق به خانواده‌ی *DIRs*ها بود، در صورتی‌که در تیپ دیگر چنین وضعیتی وجود نداشت. این یافته‌ها به نقش برجسته *DIR*ها در سنتز سیلیمارین اشاره دارد.

نتایج این تحقیق نشان داد که پرایمرهای طراحی شده در این تحقیق قادر به شناسایی و تکثیر تقریبا طول کامل ژن *DIR* در ژنوم گیاه خارمریم می‌باشند.

منابع

Davin, L. B., Wang, H. B., Crowell, A. L., Bedgar, D. L., Martin, D. M., Sarkanen, S., & Lewis, N. G. (1997). Stereoselective bimolecular phenoxy radical coupling by an auxiliary (dirigent) protein without an active center. *Science*, 275(5298), 362-367.

Drouet, S., Tungmunnithum, D., Lainé, É., & Hano, C. (2020). Gene expression analysis and metabolite profiling of silymarin biosynthesis during milk thistle (Silybum marianum (L.) Gaertn.) fruit ripening. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(13), 4730.

Kim, K. W., Moinuddin, S. G., Atwell, K. M., Costa, M. A., Davin, L. B., & Lewis, N. G. (2012). Opposite stereoselectivities of dirigent proteins in Arabidopsis and Schizandra species. *Journal of Biological Chemistry*, 287(41), 33957-33972.

Martinelli, T., Fulvio, F., Pietrella, M., Bassolino, L., & Paris, R. (2023). Silybum marianum chemotype differentiation is genetically determined by factors involved in silydianin biosynthesis. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 32, 100442.

Pickel, B., & Schaller, A. (2013). Dirigent proteins: molecular characteristics and potential biotechnological applications. *Applied microbiology and biotechnology*, 97(19), 8427-8438.

Zhang, Y. P., Uyemoto, J. K., & Kirkpatrick, B. C. (1998). A small-scale procedure for extracting nucleic acids from woody plants infected with various phytopathogens for PCR assay. *Journal of Virological Methods*, 71(1), 45-50.

Identification and isolation of DIR gene in milk thistle (*Silybum marianum*)

Pegah Azadegan[1], Mehdi Mansouri[*1], Hamid Reza Kavousi[1]
1. Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
[*]*Corresponding Author: me.mansouri@uk.ac.ir*

Abstract

Milk thistle's pharmacological value in modern medicine is primarily attributed to Silymarin. The biosynthesis of silymarin is a complex process and regulated by many genes. Dirigent (DIR) proteins have been identified in numerous plant species, and their role in silymarin biosynthesis in milk thistle has recently gained particular attention. In this study, a gene encoding a DIR protein was identified and isolated in S. marianum using bioinformatics approaches. Genomic DNA was extracted from greenhouse-grown plants. The results of PCR confirmed the amplification of a 556 base pair fragment in *S. marianum*. Sequence analysis of the amplified fragment revealed 95.88% similarity to the mRNA sequence encoding dirigent protein in *S. marianum* (MW842914.1) and 75.56% similarity with the DIR gene of lettuce (XM_023882774.3). These findings highlight the necessity for further studies on this gene in S. marianum.

Keywords: Gene identification, Milk thistle, Silymarin, medicinal plants

مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.): پتانسیل آنتی‌اکسیدانی در صنایع غذایی و دارویی

مریم رادمان فرد[۱]، مرضیه باباش پور اصل[*۲]، سپیده غفاری[۱]
۱-گروه علوم پایه، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۲- گروه علوم باغبانی، واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه، ایران
[*]نویسنده مسئول: babashpour@iau.ac.ir

چکیده

گیاه مریم‌گلی (Salvia officinalis L.)، از اعضای برجسته خانواده نعناعیان، به دلیل تاریخچه غنی در طب سنتی و خواص فارماکولوژیک اثبات‌شده، مورد توجه گسترده‌ای قرار گرفته است. این مقاله مروری به پتانسیل آنتی‌اکسیدانی این گیاه با استناد به تحقیقات علمی نوین می‌پردازد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که قدرت آنتی‌اکسیدانی این گیاه نه در اسانس فرار آن، بلکه عمدتاً در ترکیبات فنولی غیرفرار و قطبی آن نهفته است. این ترکیبات، به‌ویژه دی‌ترپن‌های فنولی (فنولیک‌اسیدها) و کارنوزیک‌اسید (با محوریت رزمارینیک‌اسید)، از طریق مکانیسم‌های چندگانه و هم‌افزا شامل مهار مستقیم رادیکال‌های آزاد، شکستن زنجیره پراکسیداسیون لیپید و شلاته کردن یون‌های فلزی یک سیستم دفاعی قدرتمند در برابر استرس اکسیداتیو ایجاد می‌کنند. این یافته "پارادوکس قطبیت" را برجسته می‌کند که در آن عصاره‌های آبی و الکلی فعالیت بسیار قوی‌تری نسبت به اسانس چربی‌دوست دارند و بر اهمیت انتخاب روش استخراج تأکید می‌ورزد. شواهد قوی، پتانسیل عصاره‌های مریم‌گلی را به عنوان جایگزین‌های طبیعی و "برچسب پاک" برای آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی در صنعت غذا تأیید می‌کنند. علاوه بر این، کشف پتانسیل آنتی‌اکسیدانی بالای پسماندهای حاصل از تقطیر، یک فرصت استثنایی برای ارزش‌آفرینی و اقتصاد چرخشی فراهم می‌آورد. با این حال، تحقق کامل این پتانسیل نیازمند تحقیقات بیشتر در زمینه استانداردسازی عصاره‌ها، انجام مطالعات بالینی، بررسی اثرات هم‌افزایی و توسعه روش‌های استخراج سبز است. در مجموع، مریم‌گلی از یک گیاه دارویی سنتی به یک منبع علمی معتبر برای ترکیبات زیست‌فعال تبدیل شده است که آینده روشنی در کاربردهای نوین پیش رو دارد.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات فنولی، رزمارینیک‌اسید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کارنوزیک‌اسید، مریم‌گلی

مقدمه

گیاه مریم‌گلی دارویی (*Salvia officinalis L.*) عضوی برجسته از تیره نعناعیان[۱]، به واسطه پیشینه غنی در طب سنتی و خواص درمانی اثبات‌شده، جایگاهی ویژه در علوم دارویی دارد. نام Salvia از فعل لاتین salvare به معنای «شفا دادن» گرفته شده و به قدرت شفابخشی آن در طول تاریخ اشاره دارد. در طب سنتی، از این گیاه برای درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها از جمله التهابات، اختلالات گوارشی و تعریق بیش از حد استفاده می‌شد؛ کاربردهایی که اعتبار آن‌ها توسط نهادهای معتبری مانند کمیسیون E آلمان نیز تأیید شده است (Moshari-Nasirkandi, 2024) .

1. Lamiaceae

تحقیقات علمی نوین، این دانش سنتی را به سطح مولکولی ارتقا داده و طیف گسترده‌ای از خواص فارماکولوژیک شامل اثرات قوی آنتی‌اکسیدانی، ضدمیکروبی، ضدالتهابی و محافظت‌کننده عصبی[1] را برای آن به اثبات رسانده‌اند (Bodnár et al., 2025). این تحول، درک ما را از مریم‌گلی از یک «نوش‌داروی» سنتی به منبعی برای ترکیبات فعال مولکولی تغییر داده است. امروزه تحقیقات بر شناسایی ترکیبات خاصی مانند رزمارینیک‌اسید و کارنوزیک‌اسید و مکانیسم‌های دقیق عملکرد آن‌ها متمرکز شده‌اند. این رویکرد دقیق، مسیر را برای توسعه داروهای گیاهی استاندارد و هدفمند هموار می‌کند (Abd El-Hack et al., 2025).

ترکیبات فیتوشیمیایی کلیدی

ترکیبات شیمیایی مریم‌گلی به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند: ترکیبات فرار (اسانس) و ترکیبات غیرفرار (فنولی) که در مجموع مسئول خواص بیولوژیکی گیاه هستند.

ترکیبات فرار (اسانس): اسانس مریم‌گلی که مسئول عطر مشخصه گیاه است، عمدتاً از مونوترپنوئیدهای اکسیژن‌دار مانند آلفا-توجون[2]، کافور[3] و ۱،۸-سینئول[4] تشکیل شده است. پروفایل شیمیایی اسانس تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی متغیر است و "کموتایپ[5]"های مختلفی را ایجاد می‌کند (Ceramella et al., 2025). مهم‌ترین نگرانی ایمنی، وجود توجون است که در دوزهای بالا یک نوروتوکسین محسوب می‌شود. از این رو، کنترل میزان توجون در محصولات درمانی امری حیاتی است (Moshari-Nasirkandi, 2024).

ترکیبات غیرفرار (فنولی): منشأ اصلی فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه مریم‌گلی، ترکیبات غیرفرار و قطبی موجود در آن است. مطالعات به طور مداوم نشان داده‌اند که عصاره‌های آبی و الکلی به دلیل غلظت بالای این ترکیبات، فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیار قوی‌تری نسبت به اسانس دارند. این "پارادوکس قطبیت "یک نکته کلیدی است: برای بهره‌برداری از خواص آنتی‌اکسیدانی، تمرکز بر بخش آب‌دوست[6] گیاه بسیار مؤثرتر است (Bodnár et al., 2025).

- **فنولیک‌اسیدها**: در میان این گروه، رزمارینیک‌اسید[7] "فیتوکمیکال کلیدی" و فراوان‌ترین فنولیک‌اسید گیاه است.

دی‌ترپن‌های‌فنولی: کارنوزیک‌اسید[8] و کارنوزول[9] دو ترکیب بسیار مهم دیگر با خواص آنتی‌اکسیدانی قوی هستند (Bodnár et al., 2025).

فلاونوئیدها و تانن‌ها: ترکیباتی مانند لوتئولین، آپیژنین و تانن‌های خانواده نعناع نیز به ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و خواص قابض و ضدالتهابی عصاره کمک می‌کنند (Ceramella et al., 2025).

جدول زیر خلاصه‌ای از مهم‌ترین ترکیبات فیتوشیمیایی شناسایی‌شده درمریم‌گلی را ارائه می‌دهد.

1. Neuroprotective
2. α-Thujone
3. Camphor
4. 1,8-Cineole
5. Chemotypes
6. Hydrophilic
7. Rosmarinic Acid
8. Carnosic Acid
3. Carnosol

جدول ۱. ترکیبات فیتوشیمیایی کلیدی در مریم‌گلی و نقش‌های اصلی آن‌ها

دسته ترکیب	ترکیب خاص	محدوده غلظت گزارش‌شده	فعالیت بیولوژیکی اصلی مرتبط	منابع
مونوترپنوئید (اسانس)	آلفا-توجون	اسانس 18% - 43%	نوروتوکسیک در دوز بالا، ضدمیکروب	Craft et al., 2017
دی‌ترپن فنولی	کارنوزول	متغیر، مشتق اکسیدشده کارنوزیک‌اسید	آنتی‌اکسیدان	Brindisi et al., 2021
فنولیک‌اسید	کافئیک‌اسید	عصاره اتانولی 3.62 mg/g	آنتی‌اکسیدان، پیش‌ساز رزمارینیک‌اسید	Mervić et al., 2022
فلاونوئید (فلاون)	آپیژنین	عصاره اتانولی 1.9 mg/g	ضدالتهاب، ضدسرطان	Boufadi et al., 2021
تانن	تانن‌های خانواده نعناع	وزن خشک برگ‌ها تا ۸٪	قابض، آنتی‌اکسیدان، ضدالتهاب	SaluVet., 2025

مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی

قدرت آنتی‌اکسیدانی مریم‌گلی از یک "کوکتل دفاعی" هوشمندانه و هم‌افزا[1] از ترکیبات فنولی نشأت می‌گیرد.

- دفاع دوگانه توسط کارنوزیک‌اسید و کارنوزول: این دو دی‌ترپن یک سیستم دفاعی چندلایه را تشکیل می‌دهند . کارنوزیک‌اسید به عنوان خط اول دفاع، رادیکال‌های آزاد اولیه (ROS[2]) را خنثی کرده و از شروع آسیب جلوگیری می‌کند .کارنوزول، که محصول اکسیداسیون آن است، به عنوان شکننده زنجیره پراکسیداسیون لیپید عمل کرده و از انتشار آسیب جلوگیری می‌کند (Arnon et al., 2024).
- نقش چندوجهی رزمارینیک اسید: این ترکیب از دو طریق اصلی عمل می‌کند: مهار مستقیم رادیکال‌های آزاد از طریق اهدای الکترون/هیدروژن و شلاته کردن یون‌های فلزی مانند آهن (Fe^{2+}) و مس (Cu^{2+}) که از نقش کاتالیزوری آن‌ها در تولید رادیکال‌های آزاد جلوگیری می‌کند (Arnon et al., 2024).

ارزیابی و مقایسه پتانسیل آنتی‌اکسیدانی

شواهد نشان می‌دهند که عصاره‌های مریم‌گلی نه تنها با آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی (BHA[3]/BHT[4]) قابل رقابت هستند، بلکه در سیستم‌های واقعی مانند مواد غذایی عملکرد بهتری نیز دارند (Bodnár et al., 2025). برای ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، از روش‌های استاندارد In vitro مانند ۲،۲-دی‌فنیل-۱-پیکریل‌هیدرازیل(DPPH)[5]، قدرت آنتی‌اکسیدانی کاهندگی یون فریک (FRAP)[6] و ۲،۲'-آزینو-بیس(۳-اتیل‌بنزوتیازولین-۶-سولفونیک اسید) (ABTS)[7] استفاده می‌شود (Ceramella et al., 2025). نتایج به شدت به عواملی مانند حلال استخراج (عصاره‌های قطبی قوی‌تر هستند) و زمان برداشت بستگی دارد. یک یافته نوآورانه، پتانسیل بالای آنتی‌اکسیدانی پسماندهای پس از تقطیر است که یک فرصت اقتصادی و پایدار برای تولید آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی فراهم می‌کند (Abou Jaoudé et al., 2025).

1. Synergistic
2. Synergistic
3. Butylated Hydroxyanisole
4. Butylated Hydroxytoluene
5. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
6. Ferric Reducing Antioxidant Power
7. 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)

جدول زیر داده‌های کمی از مطالعات مختلف را برای مقایسه بهتر گردآوری کرده است.

جدول ۲. مقایسه فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های مریم‌گلی از مطالعات اخیر

بخش گیاه/منشأ	روش/حلال استخراج	TPC (mg GAE/g)	TFC (mg QE/g)	آزمون DPPH (IC50 µg/mL)	آزمون ABTS (IC50 µg/mL)	آزمون FRAP	منابع
برگ و گل/ایتالیا	ولتراسوند و خیساندن/اتانول	12.8 - 24.3 (mg/g)	16.8 - 26.6 (mg/g)	9.8 - 12.8	0.9 - 1.2	87.1 - 98.4 (µM Fe^{2+}/g)	Brindisi et al., 2021
برگ/لهستان	متانول-استون	11.6 - 17.1 (mg/g DW)	–	مهار 56.2%	–	300 - 496 (mM Fe^{2+}/L)	Francik et al., 2020
بخش هوایی/الجزایر	اتانول	221.08 (mg/g extract)	80.54 (mg/g extract)	29.69	–	–	Boufadi et al., 2021

مواد و روش

این پژوهش یک مطالعه مروری نظام‌مند است که با جستجوی جامع در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر بین‌المللی نظیر PubMed, Scopus, Google Scholar و Web of Science و پایگاه‌های ملی (SID و Magiran) برای مقالات منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ به زبان‌های فارسی و انگلیسی انجام شد. فرآیند جستجو با استفاده از کلیدواژه‌هایی چون "مریم‌گلی"، "آنتی اکسیدان"، "ترکیبات فنولی"، "*Salvia officinalis*" و "Antioxidant" صورت گرفت. مقالات پژوهشی اصیل و مروری که به بررسی ترکیبات فیتوشیمیایی و خواص آنتی‌اکسیدانی مریم‌گلی می‌پرداختند، انتخاب شدند. پس از غربالگری اولیه بر اساس عنوان و چکیده و مطالعه متن کامل مقالات مرتبط، اطلاعات کلیدی شامل ترکیبات مؤثره، مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی و کاربردهای صنعتی استخراج و به صورت موضوعی دسته‌بندی و تحلیل گردید تا یک نتیجه‌گیری جامع ارائه شود.

نتیجه‌گیری و چشم‌انداز آینده

مریم‌گلی با تحول از یک گیاه دارویی سنتی به یک منبع علمی معتبر برای ترکیبات زیست‌فعال، جایگاه ویژه‌ای در علوم نوین یافته است .قدرت آنتی‌اکسیدانی برجسته این گیاه، برخلاف تصور رایج، نه در اسانس فرار، بلکه در ترکیبات فنولی قطبی آن نظیر رزمارینیک‌اسید و کارنوزیک‌اسید نهفته است .این ترکیبات از طریق مکانیسم‌های چندگانه و هم‌افزا، شامل مهار رادیکال‌های آزاد و شلاته کردن یون‌های فلزی، سیستم دفاعی قدرتمندی در برابر استرس اکسیداتیو ایجاد می‌کنند.

این ویژگی، پتانسیل عصاره‌های مریم‌گلی را به عنوان جایگزینی طبیعی و «برچسب پاک» برای آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی در صنایع غذایی و دارویی تثبیت می‌کند. علاوه بر این، کشف ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالای پسماندهای حاصل از تقطیر، فرصتی استثنایی برای ارزش‌آفرینی و تحقق اقتصاد چرخشی فراهم می‌آورد .با این حال، تحقق کامل این پتانسیل و هموار ساختن مسیر برای کاربردهای نوین، مستلزم تحقیقات آتی در زمینه استانداردسازی عصاره‌ها، اجرای کارآزمایی‌های بالینی، توسعه روش‌های استخراج سبز و بررسی عمیق‌تر اثرات هم‌افزایی میان ترکیبات است.

منابع

Abd El-Hack, M. E., Rudayni, H. A., Aldhalmi, A. K., Youssef, I. M., Arif, M., Alawam, A. S., Allam, A. A., Khafaga, A. F., Ashour, E. A., & Khan, M. M. (2025). Beyond traditional uses: Unveiling the epigenetic, microbiome-modulating, metabolic, and nutraceutical benefits of Salvia officinalis in human and livestock nutrition. *Journal of Functional Foods*, *128*.

Abou Jaoudé, R., Ficca, A. G., Luziatelli, F., Bececco, A., Brunori, E., Biasi, R., Baraccani, I., & Ruzzi, M. (2025). Impact of a Synthetic Microbial Community on Salvia officinalis Under Optimal and Reduced Irrigation. *Horticulturae*, *11*(4).

Arnon, Z. A., Piperno, S., Redeker, D. C., Randall, E., Tkachenko, A. V., Shpaisman, H., & Gang, O. (2024). Acoustically shaped DNA-programmable materials. *Nature Communications*, *15*(1).

Bodnár, K., Papp, B., Sinka, D., Fehér, P., Ujhelyi, Z., Lekli, I., Kajtár, R., Nacsa, F., Bácskay, I., & Józsa, L. (2025). Development of Salvia officinalis–Based Self-Emulsifying Systems for Dermal Application: Antioxidant, Anti-Inflammatory, and Skin Penetration Enhancement. *Pharmaceutics*, *17*(2).

Ceramella, J., Chavarria, D., Iacopetta, D., Fernandes, C., Marra, M., Gattuso, A., Loizzo, M. R., Sicari, V., Tundis, R., & Alcaro, S. (2025). Salvia officinalis L. leaf extracts: Chemical analysis and biological studies. *Journal of Ethnopharmacology*.

Moshari-Nasirkandi, A., Iaccarino, N., Romano, F., & others. (2024). Chemometrics-based analysis of the phytochemical profile and antioxidant activity of *Salvia* species from Iran. *Scientific Reports*, *14*.

Salvia officinalis L.: Antioxidant Potential in the Food and Pharmaceutical Industries

Maryam Radmanfard[1], Marzieh Babashpour-Asl[*2], Sepideh Ghaffari[1]
1. Department of Basic Sciences, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran
2. Department of Horticultural Science, Mar.C., Islamic Azad University, Maragheh, Iran
**Corresponding Author: babashpour@iau.ac.ir*

Abstract

Salvia officinalis L., a prominent member of the Lamiaceae family, has garnered widespread attention owing to its rich history in traditional medicine and its scientifically validated pharmacological properties. This review paper elucidates the antioxidant potential of this plant by referencing modern scientific research. Analyses reveal that the plant's antioxidant potential is not attributed to its volatile essential oil, but rather resides predominantly in its non-volatile, polar phenolic constituents. These compounds, particularly phenolic diterpenes and phenolic acids with carnosic acid and rosmarinic acid being of central importance establish a potent defense system against oxidative stress through multiple and synergistic mechanisms, comprising direct free-radical scavenging, chain-breaking inhibition of lipid peroxidation, and chelation of metal ions. This finding highlights the "polarity paradox," wherein aqueous and alcoholic extracts exhibit markedly superior activity compared to the lipophilic essential oil, thereby underscoring the critical importance of extraction method selection. Substantial evidence supports the potential of sage extracts as natural, "clean-label" alternatives to synthetic antioxidants in the food industry. Moreover, the discovery of high antioxidant potential within the distillation residues presents an exceptional opportunity for valorization and the circular economy. However, the complete realization of this potential necessitates further research on the standardization of extracts, execution of clinical trials, investigation of synergistic effects, and development of green extraction methods. In summary, sage has transitioned from a traditional medicinal herb into a scientifically validated source of bioactive compounds, poised for a promising future in novel applications.

Keywords: Phenolic compounds, Rosmarinic acid, Antioxidant activity, Carnosic acid, Sage.

مقایسه عملکرد و درصد اسانس *Dracocephalum multicaule* و *Dracocephalum kotschyi*

عسل دواتگر ایرانی زاد*[۱]، سعید حضرتی[۱] و وحید سرابی[۱]
۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
*نویسنده مسئول: asal.Davatgar99@gmail.com

چکیده

گیاهان دارویی از دیرباز تاکنون در صنایع مختلف از جمله غذایی، رنگرزی، آرایشی-بهداشتی و به‌ویژه در زمینه داروسازی و پزشکی به‌دلیل داشتن متابولیت‌های ثانویه و مواد مؤثره کاربرد گسترده‌ای داشته‌اند. خانواده نعناعیان (Lamiaceae) یکی از بزرگ‌ترین خانواده‌های گیاهان دارویی محسوب می‌شود که *Dracocephalum* L. با دارا بودن حدود ۴۵ گونه، از مهم‌ترین جنس‌های این خانواده به شمار می‌رود. دو گونه *Dracocephalum multicaule* (بادرشبویه پرساقه) و *Dracocephalum kotschyi* (بادرشبویه دنایی) از باارزش‌ترین گونه‌های این جنس هستند. نتایج بررسی دوساله دو گونه بادرشبویه نشان داد که گونه پرساقه با عملکرد ماده تر ۱۰۷۶۰/۸ کیلوگرم در هکتار، نسبت به گونه دنایی برتری داشت. گونه پرساقه در سال دوم ۳۵٪ افزایش عملکرد ماده تر و ۲۱ درصد افزایش عملکرد ماده خشک نسبت به گونه دنایی نشان داد. همچنین نتایج نشان دادکه درصد اسانس ماده تر و خشک گیاه گونه پرساقه نسبت به دنایی بیشتر می‌باشد و اسانس ماده تر گونه پرساقه ۳۴ درصد و ماده خشک ۵۰ درصد افزایش داشته است. عملکرد اسانس ماده‌تر و خشک اندام هوایی گونه بادرشبویه پرساقه نسبت به گونه دنایی برتری داشته و ۳۵ درصد ماده تر و ۲۱ درصد ماده خشک افزایش عملکرد اسانس را نشان داد. به طور کلی نتایج دو ساله مطالعه نشان داد عملکرد و درصد اسانس در سال دوم نسبت به سال اول افزایش یافته است، و گونه پرساقه نسبت به دنایی از نظر عملکرد و اسانس برتری دارد.

واژه‌های کلیدی: بادرشبویه، درصد اسانس، عملکرد اسانس

مقدمه

گیاهان دارویی به علت استفاده در صنایع مختلف غذایی، داروسازی، پزشکی، رنگرزی و آرایشی-بهداشتی مورد توجه همگان بوده است و برای تهیه بسیاری از داروهای امروزه مورد استفاده می‌باشد. تیرهٔ نعناعیان در میان خانواده‌های مختلف گیاهان دارویی، یکی از بزرگ‌ترین تیره‌های گیاهی محسوب می‌شود. از مهم‌ترین جنس‌های تیره نعناعیان *Dracocephalum* می‌باشد که حدود ۴۵ گونه دارد. گیاه دارویی و معطر بادرشبویه دنایی یا زرین‌گیاه با نام علمی *Dracocephalum kotschyi* Boiss که به نام بادرشبویه دنایی نیز شناخته می‌شود، از مهم‌ترین گونه‌های *Dracocephalum* است و یکی از گونه‌های بومی در حال انقراض ایران است. بادرشبویه دنایی یک گیاه علفی-نیمه‌چوبی و چندساله با طول ۲۳ تا ۳۳ سانتی‌متر می‌باشد. این گیاه دارای برگ‌های کوچک بیضی‌شکل، گل‌های سفید یا سفید مایل به زرد می‌باشد. متوسط طول ریشه‌ها حدود ۲۵ سانتی‌متر است و در ایران در نواحی مرتفع و کوهستانی در قسمت‌هایی از شمال، غرب و مرکز ایران یافت می‌شود. بومی آسیای میانه و ایران است که معمولاً در ارتفاعات

گلستان، مازندران، همدان، کرمانشاه، فارس، تهران و سمنان می‌روید. بادرشبویه دنایی سرشار از اسانس، فلاوونوئید، ترپنوئید، رزماریک اسید، لینولنیک اسید وگلیکوزیدهای مونوترپن است و اسانس آن دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی می‌باشد. ترکیباتی نظیر آلفاپینن، لیمونن، ژرانیول، ژرانیال، کارواکرول، نرال، ژرنیال استات، کاریوفیلن و اوکالیپتول، سیترال، کاریوفیلن، ترپینیل، آلفا-ترپینول،دلتا-۳-کارن، ترپینن-۴-ال، لیمونن-۱۰-آل، ۱-دی متوکسی دکان، ژرانیا، آلفا-پینن اجزای اصلی اسانس بادرشبویه دنایی می‌باشند. از جمله خواص دارویی این گیاه می‌توان به اثرات ضدچربی خون، تقویت سیستم ایمنی، ضداسپاسم، ضددرد، ضدمیکروب و ضدویروس، درمان درد، تب، سردرد، التهاب، التیام زخم و روماتیسم اشاره کرد (Rezvan and Saghaei, 2024; Yadegari, 2025).

بادرشبویه پرساقه که با نام علمی *Dracocephalum multicaule* Montbr. & Auch، از خانواده نعناعیان می‌باشد و به‌طور گسترده در شمال غرب ایران، منطقه قفقاز (ارمنستان، آذربایجان و گرجستان)، ترکیه، شمال چین، آسیای مرکزی و شرق و اروپای مرکزی یافت می‌شوند. بادرشبویه پرساقه (سر اژدها چند ساقه) گیاهی علفی و چند ساله به ارتفاع ۵۰-۱۵ سانتی‌متر می‌باشد. برگ‌ها کاملاً لبه صاف مستطیلی یا خطی-نیزه‌ای و جام گل زرد کم‌رنگ است. گیاه بادرشبویه پرساقه حاوی ترپنوئیدها، استروئیدها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، لیگنان‌ها، فنل‌ها، کومارین‌ها و گلیکوزیدهای سیانوژنیک می‌باشد. ترکیباتی مانند لیمونن، آلفا-پینن، ژرانیل، نرال، میرتنول و *بتا-کاریوفیلن در این گیاه شناسایی شده است*. همچنین اجزای اصلی گیاه بادرشبویه پرساقه شامل لوتئولین، اسیدکلروژنیک، اسید اولئانولیک، اسیدکافئیک، اسیدفرولیک، آکاستین، کورستین، کامفرول، اسیدرزمارینیک، آپیژنین و پریلاآلدئید می‌باشد. گیاه بادرشبویه پرساقه به‌طور گسترده در طب سنتی و همچنین به‌عنوان یک عامل آرام‌بخش، ضدباکتری، ضدالتهابی و ضدتومور، درمان سرماخوردگی و اختلالات گوارشی استفاده می‌شود. اسانس بادرشبو دارای خاصیت ضدمیکروبی و ضدباکتریایی و التیام‌دهنده زخم و جراحات می‌باشد (Guseinova and Alibegova 2023; Pirahmadi et al., 2025).

درصد و عملکرد اسانس گیاهان دارویی به علت با ارزش بودن حائز اهمیت می‌باشد و در گونه‌های مختلف نیز متفاوت هست. در تحقیقی روی گیاه بادرشبی دریافتند که درصد و عملکرد اسانس این گیاه در حضور کود زیستی از طریق فراهم کردن جذب بیشتر نیتروژن و فسفر که در اجزا تشکیل دهنده اسانس حضور دارند، منجر به افزایش می‌شود (Borna et al., 2025). نتایج پژوهشی نشان داد که محلول‌پاشی گیاه زرین‌گیاه با اسیدهای‌آمینه موجب افزایش عملکرد ماده خشک می‌شود که همراه با افزایش میزان اسانس می‌باشد (Yadegari, 2024). با توجه به این که تاثیر تمامی عوامل طبیعی و غیر طبیعی بر روی درصد و عملکرد اسانس گیاه در گونه‌های مختلف متفاوت است، لذا هدف از این پژوهش، مقایسه عملکرد و درصد اسانس دو گونه مهم *D. kotschyi* و *D. multicaule* می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان شرقی طی سال‌های ۱۴۰۳-۱۴۰۱ انجام شد. دانشگاه شهید مدنی در استان آذربایجان شرقی با موقعیت (طول جغرافیایی ۴۵/۹۴ عرض جغرافیایی ۳۷/۸۱ و ارتفاع ۱۳۴۰ متر از سطح دریا) واقع شده است. بذور مورد استفاده برای گونه پرساقه از گیاهان مادری که در سال قبل در مزرعه تحقیقات دانشکده کشاورزی کشت شده بود تهیه و گونه بادرشبویه دنایی از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. بذرهای تهیه شده در سینی‌های کشت با ابعاد ۸×۶، حاوی مخلوط پیت‌ماس و پرلیت به نسبت ۴:۱، در نیمه دوم فروردین ماه (۲۰ فروردین) در گلخانه دانشگاه شهید مدنی کشت شدند. برای هر گونه گیاهی، ۱۰ سینی در نظر گرفته شد و در هر حفره‌ی سینی، چهار بذر در عمق نیم‌سانتی‌متری از بستر کشت قرار داده شدند. آبیاری بذرهای کشت‌شده

به‌صورت یک‌روز در میان انجام شد تا مرحله جوانه‌زنی کامل شود. پس از جوانه‌زنی، آبیاری بر اساس نیاز گیاهان ادامه یافت تا نشاها به اندازه مطلوب برسند. سپس، پس از گذشت یک ماه (۲۰ اردیبهشت‌ماه)، نشاها به مزرعه تحقیقاتی منتقل شدند. برای کاشت گیاهان در مزرعه در فصل بهار، پس از شخم و تسطیح زمین، کرت‌هایی به طول دو و نیم متر و عرض دو متر ایجاد شد. در داخل هر کرت، چهار پشته آماده شد. نشاهای بادرشبویه دنایی و پرساقه در دو طرف هر پشته با فاصله ۳۵ سانتی‌متر روی ردیف کشت شدند و فاصله بین پشته‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در هر کرت، ۳۲ گیاه (چهار گیاه در هر طرف پشته) کشت شد. فاصله بین تکرارها یک و نیم متر و فاصله بین کرت‌ها یک متر بود.

جهت اسانس‌گیری به تعداد ۱۰ گیاه به‌صورت تصادفی برداشت و یک بخش از آن‌ها جهت اسانس‌گیری از ماده تر مورد استفاده قرار گرفت و بخش دیگری در محیط اتاق در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد خشک و جهت اسانس‌گیری از ماده خشک مورد استفاده قرار گرفت. ۵۰ گرم از اندام هوایی تر هر گونه گیاهی به همراه ۷۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در بالن شیشه‌ای یک لیتری قرار داده شد. برای استحصال اسانس، بالن حاوی مخلوط گیاهی و آب به مدت ۲/۵ ساعت روی دستگاه کلونجر حرارت داده شد. پس از جوش آمدن آب، فشار بخار افزایش یافت و اسانس خارج‌شده همراه با بخار آب وارد قسمت مبرد شد تا عمل میعان انجام شود. قطرات روغنی اسانس به دلیل دوفازی بودن در آب قابل تشخیص بود و اسانس در قسمت بالایی جمع‌آوری شد. پس از جمع‌آوری اسانس، آب باقی‌مانده با استفاده از سولفات سدیم جدا شد و درصد اسانس محاسبه گردید. درصد اسانس و عصاره از طریق فرمول وزن اسانس و عصاره تقسیم بر وزن ماده تر گیاه و عملکرد اسانس از طریق فرمول درصد اسانس تقسیم بر صد محاسبه شد.

داده‌های به دست آمده از آزمایش ابتدا نرمال گردیده و سپس با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ۹/۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسات میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال یک درصد انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL ۲۰۱۶ استفاده گردید.

نتایج و بحث

عملکرد ماده تر و خشک گیاهی در دو سال تحقیق

نتایج عملکرد ماده تر و خشک دو گونه بادرشبویه دنایی و پرساقه نشان داد که عملکرد ماده تر در گونه بادرشبویه پرساقه با ۱۰۷۶۰/۸ کیلوگرم در هکتار در سال دوم تحقیق نسبت به گونه دنایی بهترین عملکرد را داشت. همچنین نتایج نشان داد که گونه پرساقه در سال اول حدود ۲ درصد و در سال دوم ۳۵ درصد نسبت به گونه دنایی افزایش عملکرد داشت.

نتایج عملکرد ماده خشک نیز نشان داد که گونه پرساقه و دنایی بهترین عملکرد را در سال دوم داشتند و گونه پرساقه در سال اول ۲ درصد و در سال دوم ۲۱ درصد افزایش نسبت به گونه دنایی را نشان داد. در کل عملکرد ماده تر و خشک گونه پرساقه نسبت به دنایی در هر دو سال تحقیق بهتر بوده است (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس دو گونه بادرشبویه در دوسال آزمایش و مقایسه میانگین عملکرد ماده تر و خشک اندام هوایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ماده تر (کیلوگرم در هکتار)		عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار)	
		سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
بادرشبویه پرساقه	-	۶۴۰۷/۲a	۱۰۷۶۰/۸a	۱۹۴۵/۴۸a	۲۸۳۲/۸a
بادرشبویه دنایی	-	۶۲۹۹/۶a	۶۹۵۵/۳b	۱۹۰۵/۳۲a	۲۲۳۰/۴b
معنی‌داری		ns	***	ns	***

ns، و *** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال و ۰/۱ درصد. میانگین‌های دارای حوف مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار آماری بر اساس آزمون LSD ($P \leq 5\%$) می‌باشند.

درصد اسانس ماده تر و خشک اندام هوایی در دو سال تحقیق

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که درصد اسانس ماده تر بادرشبویه پرساقه نسبت به دنایی در هر دو سال تحقیق افزایش داشت. بطوریکه بیشترین درصد اسانس ماده تر در گونه بادرشبویه پرساقه با ۰/۹۹ درصد در سال دوم بود که نسبت به گونه دنایی در سال دوم ۳۴ درصد افزایش داشته است. همچنین در سال اول نیز گونه پرساقه با ۴۰ درصد افزایش نسبت به گونه دنایی بهترین درصد اسانس را نشان داد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که درصد اسانس ماده خشک اندام هوایی در گونه بادرشبویه پرساقه در دو سال تحقیق نسبت به گونه دنایی بیشتر بوده است و همچنین بیشترین درصد اسانس مربوط به سال دوم با ۱/۶۴ درصد می‌باشد که نسبت به گونه دنایی در سال اول و دوم ۵۰ درصد افزایش داشته است (جدول ۲). یکی از دلایل بیش‌تر شدن مقدار اسانس در سال دوم را می‌توان به‌دلیل افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه و تأثیر افزایش جذب عناصرغذایی در ساختمان و کارکرد کلروپلاست دانست که این افزایش ممکن است به تولید بیش‌تر غده‌های ترشح‌کننده اسانس منجر شود. از آن جایی‌که غده‌های ترشح‌کننده اسانس گیاه بادرشبی در برگ‌ها قراردارند، هر عاملی که سبب افزایش سطح و وزن برگ‌ها شود، مقدار اسانس را نیز افزایش خواهد داد. از این‌رو به‌نظر میرسد افزایش تولید کلروفیل، سبب افزایش بافت‌های فتوسنتزی و در نهایت منجر به افزایش عملکرد اسانس شد (Yadegari, 2024).

جدول ۲. تجزیه واریانس دو گونه بادرشبویه در دوسال آزمایش و مقایسه میانگین درصد اسانس ماده تر و خشک اندام هوایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	اسانس ماده تر اندام هوایی (درصد)		اسانس ماده خشک اندام هوایی (درصد)	
		سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
بادرشبویه پرساقه	-	۰/۸۸a	۰/۹۹a	۱/۴۹a	۱/۶۴a
بادرشبویه دنایی	-	۰/۵۳b	۰/۶۵b	۰/۷۴b	۰/۸۲b
معنی‌داری		***	***	***	***

ns و *** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال و ۰/۱ درصد. میانگین‌های دارای حروف مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار آماری بر اساس آزمون LSD ($P \leq 5\%$) می‌باشند.

عملکرد اسانس ماده تر و خشک اندام هوایی در دو سال تحقیق

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که عملکرد اسانس ماده تر بادرشبویه پرساقه نیز نسبت به گونه دنایی بیشتر بوده است و بهترین عملکرد اسانس را در سال دوم با ۱۰۷/۴۶ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. همچنین با توجه به نتایج، عملکرد اسانس گونه پرساقه در سال اول ۵۰ درصد و در سال دوم ۵۸ درصد نسبت به گونه دنایی افزایش داشت. نتایج حاصل از عملکرد اسانس ماده خشک نیز نشان داد که بیشترین عملکرد مربوط به گونه پرساقه و بهترین عملکرد در سال دوم مشاهده شد. همچنین نتایج حاکی از آن بود که گونه پرساقه در سال اول ۵۱ درصد و در سال دوم ۵۹ درصد نسبت به گونه دنایی افزایش عملکرد اسانس داشت (جدول ۳). تفاوت بین مقادیر درصد عملکرد اسانس اندازه‌گیری شده در دو سال به علت شرایط رطوبت و دمای متفاوت در طول فصول رشد دو سال باشد (Pirahmadi et al., 2025).

جدول ۳. تجزیه واریانس دو گونه بادرشبویه در دوسال آزمایش و مقایسه میانگین عملکرد اسانس ماده تر و خشک اندام هوایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	اسانس ماده تر اندام هوایی (درصد)		اسانس ماده خشک اندام هوایی (درصد)	
		سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
بادرشبویه پرساقه	–	۶۲/۰۸a	۱۰۷/۴۶a	۲۹/۰۴a	۴۶/۱۸a
بادرشبویه دنایی	–	۳۱/۱۵b	۴۵/۵۸b	۱۴/۱۹b	۱۸/۶۶b
معنی‌داری	–	***	***	***	***

ns و *** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال و ۰/۱ درصد. میانگین‌های دارای حروف مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار آماری بر اساس آزمون LSD ($P \leq 5\%$) می‌باشند.

نتیجه گیری نهایی

در کل می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد ماده تر و خشک گیاهی در دو سال تحقیق در گونه بادرشبویه پرساقه نسبت به گونه دنایی بهترین نتایج را داشتند. همچنین نتایج درصد و عملکرد اسانس ماده تر و خشک گیاه گونه بادرشبویه پرساقه و دنایی نشان دهنده بهتر بودن گونه پرساقه نسبت به گونه دنایی در سال دوم می‌باشد.

منابع

Borna, F., Rahmati-Joneidabad, M. and Abdrahmani, S. (2025). Evaluation of the effects of biofertilizers on yield, quality, and quantity of essential oil of *Dracocephalum moldavica* L. under climatic conditions of Khuzestan. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *41*(2), 234-251.

Guseinova, Z., and Alibegova, A. (2023). Variability of morphological features of *Dracocephalum multicaule (*Lamiaceae) in natural populations of Dagestan. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 67, p. 01017). EDP Sciences.

Pirahmadi, L., Nasiri, Y., Morshedloo, M. R., and Rasouli, F. (2025). The Effects of Amino Acid and Organic Fertilizers on Some Growth Characteristics and Yield of Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). *Agrotechniques in Industrial Crops*, 5 (3), 173-181.

Rezvan, M., and Saghaei, F. (2024). Evaluation of the effect *of Dracocephalum kotschyi* hydroalcoholic extract in preventing intra-abdominal adhesions after abdominal surgery in rats based on inflammatory factors (TNF-α and IL-1β). *Comparative Clinical Pathology*, *33*(3), 399-409.

Yadegari, M. (2024). Effects of amino acids on morpho-physiological and essential oil attributes of *Dracocephalum kotschyi* Boiss. in drought stress. *Journal of Plant Production Research*, *31*(4), 109-135.

Comparison of yield and content essential oil of two species *Dracocephalum multicaule* and *Dracocephalum kotschyi*

Asal Davatgar Irani zad[1], Saeid Hazrati[1] and Vahid Sarabi[1]
1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz 5375171379, Iran
[*]*Corresponding Author: asal.davatgar99@gmail.com*

Abstract

Medicinal plants have long been used in many different industries, including food production, dyeing and cosmetics. They are particularly important in pharmacy and medicine due to their secondary metabolites and active ingredients. The Lamiaceae family is one of the largest families of medicinal plants and the *Dracocephalum* genus, comprising around 45 species, is one of its most important members. Two of the most valuable species in this genus are *D. multicaule* (Badrashbuye Porsageh) and D. *kotschyi (*Badrashbuye Denaye). A two-year study of these two species revealed that *D. multicaule* outperformed *D. kotschyi*, achieving a fresh yield of 10760.8 kg/ha. In the second year, *D. multicaule* showed increases of 35% and 21% in fresh and dry yields, respectively. The results also showed that the essential oil content of the fresh and dry matter of *D. multicaule* was higher than that of *D. kotschyi*, with increases of 34% and 50% in the fresh and dry matter, respectively. The results of the study showed that the essential oil yield of the fresh and dry aerial parts of *D. multicaule* was superior to that of *D. kotschyi*, with increases in yield of 35% for fresh matter and 21% for dry matter. Overall, the results of the two-year study demonstrated that both yield and essential oil content increased in the second year compared to the first. Furthermore, *D. multicaule* outperformed *D. kotschyi* in terms of both yield and essential oil production.

Keywords: *Dracocephalum*, essential oil content, essential oil yield

معرفی گیاه دارویی خارشتر *Alhagi* Gagnebin. و مروری بر خواص دارویی آن

زهرا یزدان بخش*

گروه علوم و فناوری‌های زیستی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

*نویسنده مسئول: yazdanbakhsh@iau.ir

چکیده

گیاهان دارویی از دیرباز نقش مهمی در درمان بیماری‌ها و و حفظ سلامت انسان ایفا کرده اند و هنوز هم بخش قابل توجهی از طب سنتی و مکمل را تشکیل می‌دهند. در این میان، خارشتر با نام علمی *Alhagi* Gagnebin. یکی از گیاهان دارویی با ارزش در طب سنتی ایران و بسیاری از کشورهای خاورمیانه و آسیای مرکزی است. این گیاه از خانواده‌ی لگومینوز (Fabaceae) بوده و به دلیل خواص دارویی گوناگون از جمله مدر، ضد سنگ کلیه، ضد التهاب و آنتی‌اکسیدان شناخته شده است. این مقاله مروری با هدف بررسی مطالعات انجام شده در مورد ترکیبات شیمیایی و خواص دارویی این گیاه، تهیه شده است. امید است که این بررسی، زمینه ساز مطالعات بیشتر و بهره برداری علمی تر از این گیاه ارزشمند در حوزه‌های مختلف باشد.

واژه‌های کلیدی: ترکیب شیمیایی، خارشتر، گیاه دارویی

مقدمه

در سال‌های اخیر توجه به گیاهان دارویی به عنوان منابع طبیعی درمان بسیاری از بیماری‌ها افزایش یافته است. یکی از این گیاهان، خارشتر یا علف شتر است که در طب سنتی ایران جایگاه ویژه‌ای دارد. این گیاه عمدتاً در نواحی گرم و خشک رشد می‌کند و به دلیل مقاومت بالای آن در برابر شرایط سخت محیطی، یکی از گیاهان بومی مناطق بیابانی محسوب می‌شود. گیاه خازشتر متعلق به تیره Fabaceae می‌باشد که بومی نواحی خشک و نیمه‌خشک خاورمیانه و آسیای مرکزی است. این گیاه که با نام انگلیسی "camelthorn" شناخته می‌شود، در طول تاریخ به‌دلیل مقاومت بالا در برابر شرایط محیطی سخت جایگاه ویژه‌ای در پزشکی سنتی داشته است، و از آن برای درمان علائمی مانند درد کلیه، سنگ‌مثانه، یبوست، دیابت، عفونت‌ها و التهاب‌ها استفاده شده است. از نظر گیاهشناسی این گیاه علفی، تنومند، پایا با انشعابات فراوان. خاردار. کرکدار یا بدون کرک. برگ‌ها ساده، در قاعده خارها کم و بیش آویزان، دارای حاشیه صاف. گل آذین خوشه ساده و گل‌ها قرمز رنگ. نیام خطی، دانه تسبیحی، ناشکوفا. دانه‌ها کلیوی شکل یا تقریبا چهار گوش، قهوه‌ای رنگ می‌باشد.

علیرغم کاربرد وسیع سنتی و مدرن، مقالات موجود تکه‌تکه و معمولاً به‌زبان‌های محدود بوده‌اند، که این امر مانعی در شناخت قرارگیری دقیق داده‌ها در ساختار علمی بهینه ایجاد کرده است. در نتیجه، نیاز به یک مرور جامع وجود دارد تا ترکیبات شیمیایی، خواص دارویی، کاربردهای سنتی و بررسی مکانیسم‌های اثربخشی خارشتر به‌صورت منسجم و تحلیلی در یک چارچوب علمی ارائه شود. بنابراین، هدف این مقاله مروری، گردآوری و تحلیل دقیق شواهد علمی موجود پیرامون خارشتر با تمرکز بر ترکیبات فعال، فعالیت‌های بیولوژیک، وضعیت تحقیقاتی فعلی و گپ‌های

علمی قابل پیگیری در مطالعات آینده است. این مرور قصد دارد دیدگاه تازه‌ای نسبت به پتانسیل خارشتر به‌عنوان منبعی برای داروهای گیاهی ارائه داده و زمینه را برای طرح‌های تحقیقاتی آینده فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع مروری بوده و با هدف گردآوری و تحلیل پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه خواص دارویی، ترکیبات شیمیایی و کاربردهای سنتی گیاه خارشتر انجام شد. جستجوی منابع علمی در پایگاه‌های بین‌المللی PubMed، ScienceDirect، Scopus، Google Scholar و همچنین پایگاه‌های فارسی SID و Magiran صورت گرفت. در مرحله تحلیل، اطلاعات مربوط به ترکیبات شیمیایی (مانند آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، پلی‌ساکاریدها و ترکیبات فرار)، اثرات فارماکولوژیک (ضدالتهابی، ضدمیکروبی، ضد درد و ادرارآور) و کاربردهای سنتی گیاه استخراج و به‌صورت کیفی تحلیل شد.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی خارشتر

فلاونوئیدها

گونه‌های خارشتر، سرشار از فلاونوئیدها، از جمله مشتقات کامپفرول مانند کامپفرول-۳-گالاکتورهامنوسید، کامپفرول ۳-O-β-D- روتینوزید و کامپفرول-۳-O-β-D-(6-O-p-کوماروئیل)-گلوکوزید هستند. فلاونوئیدهای دیگری مانند کریسوریول و کریسوریول-۷-O- زایلوزوئید نیز شناسایی شده‌اند (Tavasoli et al., 2011).

آلکالوئیدها

گیاه خارشتر حاوی پنج آلکالوئید بتا-فنتیل‌آمین و یک آلکالوئید تتراهیدروایزوکینولین است. این آلکالوئیدها شامل بتا-فنتیل‌آمین، N- متیل-β- فنتیل‌آمین، هوردنین، ۴،۳-دی‌هیدروکسی-β- فنتیل‌تری‌متیل آمونیوم هیدروکسید، N- متیل‌مسکالین و سالسولیدین هستند (Kholmurodov et al., 2024).

ترکیبات فنلی

خارشتر حاوی ترکیبات فنلی مختلفی از جمله اسیدهای فنلی است که به خواص آنتی‌اکسیدانی آن کمک می‌کنند (Kholmurodov et al., 2024).

ترکیبات دیگر

خارشتر حاوی روغن‌های ضروری مانند نئوفیتادین، ترانس-β- یونون، ۶، ۱۰، ۱۴-تری متیل-۲-پنتادکانون، اکتینیدیولید و نوناکوزان و همچنین حاوی پلی‌ساکاریدها، سیتواسترول‌ها، گلیکوزیدها، ترپنوئیدها، کومارین‌ها، ساپونین‌ها، کاروتنوئیدها، ویتامین‌ها، تانن‌ها و اسیدهای آلی است (Kholmurodov et al., 2024).

ترنجبین و خواص دارویی آن

ترنجبین نوعی مان با نام‌های مختلفی مانند مان مرنیابین، مان خارشتر و مان خزر است. این ماده شیرین، به رنگ سفید مایل به زرد و به صورت ترشحات نیمه مایع است که روی قسمت‌های هوایی برخی از جنس‌های خارشتر

ایجاد می‌شود. ترنجبین توسط حشره‌ای به نام *Poophilus nebulosus* Leth زنجرک خارشتر یا زنجرک ترنجبین) تولید می‌شود که روی قسمت‌های هوایی گیاه زندگی می‌کند (Tavasoli et al., 2011). نکته قابل ذکر این است که اولا این گیاه در همه نواحی ایران ایجاد ترنجبین نمی‌کند و ثانیا گیاه اصلی و مولد ترنجبین در کتب مختلف به گونه *A. graecorum* Boiss. = *A. manniferra* Desv.=*A. maurarum* Fisch. نسبت داده شده است. ترنجبین کمی طبیعت گرم دارد و در طبابت‌های ایران مصرف فراوان دارد. این ماده به عنوان ملین برای نرم کننده سینه و روده مخصوصا در بیماری‌های عفونی تب بر در بیماری‌های واگیردار خلط آور برای اصلاح صفرا دفع سرفه و استفراغ تسکین حرارت درونی خارش بدن رفع ناراحتی‌های ادرار و همچنین برای رفع اضطراب و عطش به ویژه نزد کودکان طعم دهنده و برای شیرین کردن داروها استفاده به عمل می‌آید. ابوالعباس النباتی ذکر می‌کند که اهالی حومه موصل از این ماده در تسکین دردها و آسیب‌های وارده به بینایی استفاده می‌کنند و همچنین به عنوان مرهم چشم استعمال می‌گردد که به نام (Burud) خوانده می‌شود. همچنین در نوشته‌های ابن البیتار است که این ماده به همراه عصاره بنفشه به عنوان قطره بینی برای تسکین درد میگرن مزمن استفاده می‌شود (Tavasoli et al., 2011).

خواص دارویی گیاه خارشتر

فعالیت ضد سنگ کلیه (پیشگیری/شکستن سنگ کلیه) و فعالیت دیورتیک

اثبات‌شده که خارشتر پتانسیل شکستن یا جلوگیری از تشکیل سنگ‌های اگزالات کلسیم را دارد و در در بسیاری از فرمولاسیون‌های گیاهی برای سنگ کلیه (بیماری سنگ کلیه) استفاده می‌شود. این گیاه از طریق افزایش جریان ادرار، دفع سموم و سنگ‌های کوچک کلیه را افزایش می‌دهد. مکانیسم این عمل ممکن است شامل فلاونوئیدها و سایر مواد شیمیایی گیاهی باشد که فیلتراسیون گلومرولی را افزایش می‌دهند (Ammar et al., 2022).

محافظت کننده کبد

Huda و همکارن (۲۰۱۱) طی مطالعاتی بیان کردند که عصاره اتانولی خارشتر در موش‌ها، با کاهش قابل توجه فعالیت ترانس‌آمینازهای سرم، فعالیت محافظت کبدی قابل توجهی در برابر تتراکلرید کربن و استامینوفن نشان می‌دهد.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

نشان داده شده که فلاونوئیدهای isorhamnetin-3-O-[-alpha-l-rhamnopyranosyl-(1 --> 3)]-beta-D-glucopyranoside و ۳'-O-methylorobol استخراج شده از *A. maurorum* رادیکال‌های آزاد را خنثی کرده و استرس اکسیداتیو را کاهش می‌دهند. همچنین این گیاه دارای مقدار زیادی پلی فنول‌ها فلاونوئیدها و تانن‌ها می‌باشد که خاصیت آنتی اکسیدانی دارند. سنجش‌های DPPH و FRAP پتانسیل مهار رادیکال‌های آزاد را تأیید می‌کنند (Oskoueian et al., 2011).

فعالیت ضد باکتری و ضد قارچی

فعالیت ضد میکروبی این گیاه بر علیه باکتری‌های *E. coli, Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa* نشان داده شده است. محتوای فنلی بالای گیاه خارشتر باعث تخریب دیواره سلولی باکتری‌ها می‌گردد. همچنین در تحقیقی نشان داده شد که عصاره اتانولی و متانولی برگ این گیاه با تخریب دیواره سلولی قارچ‌های Candida albicans, Candida glabrata باعث مهار رشد قارچ شده است (Eltamany et al., 2023).

ملین و ضد یبوست

اثرات ملین این گیاه به جذب اسمزی آب به داخل روده - افزایش حجم و رطوبت مدفوع - و فعالیت اسپاسموژنیک که باعث افزایش تحرک روده می‌شود، نسبت داده شده است. همچنین ترکیبات فلاونوئیدی (مانند کامفرول، ایزورامنتین، مشتقات کریسوریول) موجود در گیاه ممکن است در تعدیل عضلات صاف و شل شدن آنها نقش داشته باشند (Shafiq et al.; 2025).

نتیجه‌گیری کلی

خارشتر یکی از گیاهان بومی ارزشمند ایران است که علاوه بر نقش مهم در ظ خاک و مقابله با بیابان زدایی، دارای خواص دارویی فراوان نیز می‌باشد. این گیاه دارای خواص ضد سنگ کلیه، محافظت کننده کبد آنتی اکسیدان، ضد باکتری و ضد قارچ و ملین می‌باشد. با وجود خواص دارویی زیاد گیاه خارشتر، منابع سنتی و مطالعات جدید در مورد مصر این گیاه در دوزهای بالا هشدار می‌دهند. ممکن است باعث اسهال، گرفتگی عضلات شکم یا حالت تهوع شود. مصرف در دوران بارداری یا نوزادی به طور کلی توصیه نمی‌شود. مصرف بیش از حد عرق یا دم‌کرده خارشتر می‌تواند باعث اسهال، دل‌پیچه و بی‌نظمی در حرکات روده شود. تحقیقات نشان داده که مصرف مقادیر زیاد عصاره گلیکوزیدی خارشتر در موش‌ها موجب آسیب جدی به روده، تخریب پرزهای روده، خونریزی، و نکروز می‌شود. در مطالعات حیوانی، دوزهای بالا باعث نکروز و التهاب در سلول‌های کبدی و گلومرول‌های کلیوی می‌شود(AL-Jubory, 2013).

منابع

Ammar, R. B, Khalifa, A, Alamer, S.A., Hussain, S.G., Hafez, A.M., Rajendran, P. (2022). Investigation of the potential anti-urolithiatic activity of Alhagi maurorum (Boiss.) grown wild in Al-Ahsa (Eastern Province), Saudi Arabia. *Brazil Journal of Biology, 27*;84:e259100. doi: 10.1590/1519-6984.259100. PMID: 35588519.

AL-Jubory, S. Y. (2025). Determination the Lethal Dose50 (LD50) and Study of Acute Toxicity and Histopathological Effects of Glycosides Extract of Alhagi maurorum (Aqual) in Mice. *University of Thi-Qar Journal of Science, 3*(4): 26-33.

Eltamany, E.E., Elsaid, M. R., Habib, E. S., Ahmed, S. A. (2023). Antimicrobial and Antifungal Activities of Alhagi maurorum Crude Extract and Its Fractions. *Records of pharmaceutical and biomedical sciences. 7*(2): 128- 130.

Huda M. G. Saleh Saeed Muftah, S. S., Al Shalmani, S., Hamdoon A. Mohammed, H. A., Alzoki, A. N., Debani, A. H., Al Fituri, O., El Shari, F., El Barassi, I., Meghil, S., Abdellatif, A. G. (2013). Phytochemical screening and investigation of the effect of Alhagi maurorum (Camel thorn) on carbon tetrachloride, acetaminophen and Adriamycin induced toxicity in experimental animals. *Journal of Scientific and Innovative Research, 2* (6): 1023-1033.

Kholmurodov, B. B., Jurayev, R. S. (2024). Quantitative Analysis of Vitamins and Amino Acids in Alhagi Mauro-Rum Plant Extract. *Engineering proceeding, 67* (32): 1- 12. https://www.mdpi.com/journal/engproc

Oskoueian, A. Oskoueian, E. Rudi, H., Zohorian, F., Samadi, F. Karimi, E. (2011). Antioxidant activity and bioactive compounds in Alhagi maurorum, *Clinical Biochemistry. 44*: 343-344.

Shafiq, M., Iqbal, M. Z., Athar, M., (2025). Medicinal Weed: The Ecological, Biological and Pharmaceutical Potential of Alhagi Maurorum Medikus - A Review. *International Journal of Advanced Research in Botany, 9*(1):5-25.

Tavassoli, A. P., Anushiravani, M., Hoseini, S. M., Nikakhtar, Z., Naghedi Baghdar, H., Ramezani, M. (2020). Phytochemistry and therapeutic effects of Alhagi spp. and Tarangabin in traditional and modern medicine: a review. *Journal of Herbmed Pharmacology, 9* (2): 86-104.

Introduction to the medicinal plant *Alhagi* Gagnebin and a review of its medicinal properties

Zahra Yazdanbakhsh*
Department of Biological Science and Technology, Shi.C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran
*Corresponding Author: yazdanbakhsh@iau.ir

Abstract

Medicinal plants have played a significant role in the treatment of diseases and the preservation of human health since ancient times, and they still constitute an important part of traditional and complementary medicine. Among them, *Alhagi* Gagnebin. is considered a valuable medicinal plant in traditional Iranian medicine as well as in many Middle Eastern and Central Asian countries. Belonging to the Fabaceae family, this plant is known for its diverse therapeutic properties, including diuretic, anti-urolithic (anti-kidney stone), anti-inflammatory, and antioxidant effects. This review article aims to examine the existing studies on the chemical constituents and medicinal properties of this plant. It is hoped that this review will pave the way for further research and more scientific utilization of this valuable species in various fields.

Keywords: *Alhagi*, medicinal plants, Secondary compound

القاء ریشه مویین در گیاه خرفه به واسطه نانوحامل پارامغناطیس اکسید آهن

فاطمه درودی پور[۱]، شهرام پورسیدی[*۲]، سارا عابدینی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

۲- دانشیار، گروه مهندسی بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳- دانش‌آموخته دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

[*]نویسنده مسئول: spseyedi@uk.ac.ir

چکیده

خُرفه (*Portulaca oleracea* L.) گیاهی دارویی و خوراکی با ارزش تغذیه‌ای بالا و ترکیبات فعال زیستی مانند ویتامین‌ها، فلاونوئیدها و اسیدهای چرب غیراشباع است که نقش مؤثری در کاهش التهاب، تسکین دردهای گوارشی و تولید متابولیت‌های ثانویه دارد. در این تحقیق، به‌منظور القای ریشه‌های مویین، از تکنیک‌های زیست‌فناوری نوین شامل انتقال ژن با استفاده از نانوذرات سوپرپارامغناطیس اکسید آهن پوشش‌دار شده با پلی مر پلی اتیلن ایمین (PEI) به همراه پلاسمید pBI121 حاوی ژن *rol*C استفاده شد. هدف اصلی این مطالعه، تأیید کارایی روش انتقال ژن به‌منظور القای ریشه‌های مویین در گیاه خُرفه بود. نتایج نشان داد که ریشه‌های مویین در بازه زمانی ۴۸ ساعت پس از انتقال ژن ظاهر شدند که بیانگر موفقیت‌آمیز بودن فرآیند تراریزش به‌واسطه استفاده از نانوذرات مغناطیسی پوشش‌دار و حامل ژن *rol*C بود. این یافته می‌تواند زمینه‌ساز بهره‌برداری از ریشه‌های مویین خُرفه به‌عنوان منبعی پایدار برای تولید متابولیت‌های ثانویه با ارزش دارویی بالا باشد.

واژه‌های کلیدی: انتقال ژن، ریشه مویین، خُرفه، نانوحامل

مقدمه

خُرفه با نام علمی *Portulaca oleracea* L. از خانواده‌ی Portulacaceae، گیاهی یک‌ساله با ساقه‌های گوشتی، برگ‌های متقابل و گل‌های کوچک زردرنگ است که تقریباً در تمام نقاط ایران پراکندگی دارد و در مناطق جنوبی کشور به‌عنوان سبزی خوردن کاشته می‌شود. برگ خُرفه حاوی پروتئین و تخم‌های آن دارای تعادل مناسبی از اسیدهای آمینه‌ی ضروری است (Omer et al., 2024). گیاه خُرفه یک گیاه علفی است که دارای برخی خواص دارویی مانند خاصیت ضدباکتری، ضددرد، ترمیم‌کننده‌ی زخم، شل‌کننده‌ی عضلات اسکلتی، ضدالتهاب و ضد رادیکال‌های آزاد است (Ghorani et al., 2023). خُرفه به‌دلیل خصوصیات تغذیه‌ای و آنتی‌اکسیدانی بالا توصیف شده است. این گیاه از سوی سازمان بهداشت جهانی به‌عنوان یکی از پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی معرفی شده و به عنوان نوشداروی همه‌جانبه (Global Panacea) شناخته می‌شود. ترکیبات تشکیل‌دهنده‌ی خُرفه شامل آب، کربوهیدرات، چربی، چربی دانه، فیبر و پروتئین می‌باشد (Miao et al., 2025). در حال حاضر، کشت سلولی، کشت ریشه‌ی مویین و انتقال ژن‌های مؤثر در مسیر تولید متابولیت‌های ثانویه از مهم‌ترین روش‌های بیوتکنولوژی گیاهی هستند که در تولید سریع و انبوه متابولیت‌های باارزش نظیر ترکیبات آلکالوئیدی و فنولی با خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی، ضد میکروبی و ضد التهابی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این میان، کشت ریشه‌های مویین به کمک نانوذره، به‌عنوان منبعی مهم و دائمی

برای تولید متابولیت‌های ثانویه، به‌دلیل رشد سریع، زمان دو برابر شدن پایین، پایداری ژنتیکی و بیوشیمیایی، سهولت نگهداری و داشتن ظرفیت بیوسنتزی بالاتر نسبت به گیاهان والد در شرایط کشت بدون هورمون، از اهمیت بالایی برخوردار است (Costa et al., 2022). اندازه‌ی نانوذرات اکسید آهن، ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است و در دو شکل اصلی مگنتیت (Fe_3O_4) و ماگهمیت (γ-Fe_2O_3) وجود دارد که به‌دلیل داشتن ویژگی فوق‌پارامغناطیسی، کاربردهای بسیار زیادی در صنایع دارند و در زمینه‌هایی نظیر پزشکی، فیزیولوژی، فیزیک، اپتیک، گیاه‌پزشکی، صنایع غذایی و بهداشتی استفاده می‌شوند. کشور ایران جایگاه ویژه‌ای در تولید و مصرف گیاهان دارویی دارد (Rai et al., 2021). هدف این پژوهش، بررسی کارایی انتقال ژن rolC به گیاه دارویی خُرفه با بهره‌گیری از نانوذرات مغناطیسی پوشیده‌شده با پلی‌اتیلن‌ایمین (PEI) و ارزیابی اثربخشی آن در القای ریشه‌های مویین بود. این روش به عنوان یک سامانهٔ غیرزیستی نوین، بدون استفاده از آگروباکتری، منجر به القای سریع و مؤثر ریشه‌های مویین در خُرفه شد. نتایج این تحقیق می‌تواند زمینه‌ساز توسعه روش‌های انتقال ژن در گیاهان دارویی و بهینه‌سازی تولید ترکیبات زیست‌فعال از طریق کشت ریشه‌های مویین باشد.

روش‌ها

ابتدا بذر گیاه خُرفه خریداری شده و سپس به روش کشت درون‌شیشه‌ای در محیط MS کشت داده شد. بدین‌صورت که ابتدا تعدادی بذر سالم با مایع ظرف‌شویی شسته شدند، سپس پس از شست‌وشوی سطحی با آب مقطر، به‌مدت ۴۵ ثانیه با الکل ۷۰ درصد استریل شدند. بعد از آن، بذرها به‌مدت ۱۵ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم پنج درصد قرار گرفتند. سپس بذور در زیر هود لامینار که از قبل به‌مدت ۲۰ دقیقه با اشعه‌ی UV استریل شده بود، از محلول هیپوکلریت سدیم خارج و چندین‌بار با آب مقطر استریل شسته شدند. در نهایت، بذرها در پتری‌دیش‌های حاوی محیط کشت MS کشت گردیدند. محیط‌های کشت حاوی بذور در اتاق کشت با دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی، دمای ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۹۵ تا ۹۸ درصد نگه‌داری شدند. از آن‌جا که سرعت جوانه‌زنی در محیط MS بسیار بالا بود، پس از گذشت ۴ روز جوانه‌زنی مشاهده شد. پس از آن، بذور جوانه‌زده از پتری‌دیش‌های حاوی محیط کشت MS به شیشه‌های حاوی محیط MS منتقل شدند و رشد بسیار خوبی نشان دادند.

در این تحقیق، از گیاهچه‌های ۳۰ روزه‌ی رشد یافته در شرایط استریل برای القای ریشه‌های مویین استفاده شد. برای القای ریشه‌های مویین، انتقال ژن منفرد *rol*C توسط نانوحامل انجام گرفت. نانوحامل و پلاسمید حاوی ژن *rol*C در پژوهش‌های پیشین توسط گروه پژوهشی تهیه و بهینه‌سازی شده‌اند (Abedini et al., 2025). ریزنمونه‌های تیمارشده در شرایط کاملاً تاریک و در دمای ۲۶ درجه‌ی سانتی‌گراد در فیتوترون نگه‌داری شدند.

نتایج و بحث

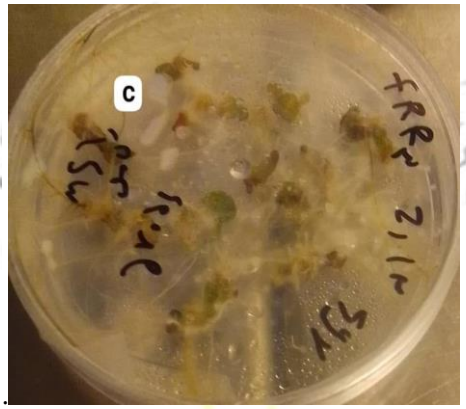
ظهور ریشه‌های مویین پس از انتقال ژن در این پژوهش، پس از انتقال ژن *rol*C از طریق پلاسمید pBI121 با کمک نانوذرات مغناطیسی، ریشه‌های مویین در گیاه خُرفه حدود ۴۸ ساعت بعد از تیمار ظاهر شدند (شکل ۱). این موضوع نشان می‌دهد که روش مورد استفاده در این مطالعه توانسته به خوبی عمل کرده و باعث شکل‌گیری سریع ریشه‌های مویین شود.

مشاهدات میکروسکوپی و ظاهری ریشه‌های ایجادشده نشان داد که این ریشه‌ها از نظر شکل و ساختار، مشابه نمونه‌هایی هستند که در مطالعات مشابه روی همین و گیاهان دارویی دیگر گزارش شده‌اند (Amini et al., 2024;

Babashpour et al., 2023). در گروه کنترل (نمونه‌هایی که تیمار نشده بودند)، هیچ‌گونه ریشه‌ای مشاهده نشد، که این موضوع نشان می‌دهد ظهور ریشه‌ها به روش انتقال ژن وابسته بوده است.

نقش نانوذرات در فرآیند انتقال ژن نانوذرات مغناطیسی پوشیده شده با PEI در این تحقیق کمک کردند تا DNA راحت‌تر وارد سلول‌های گیاه شود. چون PEI دارای بار مثبت است، DNA به‌خوبی به سطح نانوذرات چسبیده و این موضوع باعث افزایش کارایی انتقال شد. نتایج ما با مطالعات قبلی که از این نوع نانوذرات در انتقال ژن بدون استفاده از آگروباکتری استفاده کرده بودند، هماهنگ است (Abedini et al., 2025; Abedini et al., 2023).

در ریشه‌زایی ژن *rol*C یکی از ژن‌هایی است که در بسیاری از گیاهان دارویی باعث تحریک ریشه‌زایی شده است (Abedini et al., 2025).



شکل ۱. القاء ریشه مویین در گیاه خرفه توسط نانوحامل

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از نانوذرات آهن به‌عنوان نانوکریر موجب القای ریشه‌های مویین در گیاه خرفه شد. ریشه‌های القاشده از نظر مورفولوژیک دارای ویژگی‌هایی از جمله رشد سریع، ظاهری منشعب، طول زیاد، ظرافت و تکثیر مناسب در محیط کشت بودند که با مشخصات گزارش‌شده برای ریشه‌های مویین مطابقت داشتند. این یافته‌ها بیانگر کارایی نانوذرات به‌عنوان رویکردی نوین و مؤثر در القای ریشه‌های مویین و فراهم‌کردن بستری مناسب برای تولید ترکیبات زیست‌فعال در گیاهان دارویی است.

منابع

Abedini, S., Abdolshahi, R., Pourseyedi, S., & Zolala, J. (2025). *Nano-carrier preparation and optimization of DNA delivering to perwinkle, evening primrose, and datura plants* [PhD thesis, Shahid Bahonar University of Kerman].

Abedini, S., Pourseyedi, S., Zolala, J., & Abdolshahi, R. (2025). Preparation and use of carbon nanotubes as nanocarriers for gene transfer to plant cells. *Journal of Medicinal Plants Biotechnology*, *11*(1), e723682. doi: 10.30470/jmpb.2025.1989635.1090

Abedini, S., Pourseyedi, S. H., Jafar, J., & Abdolshahi, R. (2023). Optimization of transient gene delivery to *Catharanthus roseus* Using introduction of green synthesized superparamagnetic iron oxide nanoparticles and carbon nanotubes nanocarrier. *Agricultural Biotechnology Journal*, *15*(1), 61-80.

Amini, S., Fattahi, M., & Nazemiyeh, H. (2024). Optimization of induction and hairy root culture establishment in two mullein species, *Verbascum erianthum* and *Verbascum stachydiforme*. *Scientific Reports*, *14*(1), 5636.

Babashpour, S., Piri, K., Sabouni, F., & Babashpour, S. (2023). Anti-Inflammatory Properties of Extract of the Hairy Root of Native *Portulaca Oleracea* L. and Its Effect on Some Inflammatory Genes Expression in Rat Microglial Cells. *Iranian Journal of Biotechnology*, *21*(3), e3249.

Costa, L., Jardim, C., & Collado, A. (2022). Production of hairy root cultures of medicinal plants using nanoparticles and rolC gene: A comparative experimental study in *Atropa*, *Dracocephalum*, and *Portulaca*. *Plant Biotechnology Journal*, *20*(3), 567–578.

Ghorani, V., Saadat, S., Khazdair, M. R., Gholamnezhad, Z., El Seedi, H. R., & Boskabady, M. H. (2023). Phytochemical characteristics and anti inflammatory, immunoregulatory, and antioxidant effects of *Portulaca oleracea* L.: A comprehensive experimental study. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, *2023*, Article 2075444.

Miao, Y., Cheong, K. Y., Zhang, P., Khan, M., Tao, Q., Wang, Z., & Cheang, W. S. (2025). *Portulaca oleracea* L. extract alleviates intestinal inflammation via inhibition of TLR4/NF κB signaling in diet induced obese mice. *International Journal of Molecular Sciences*, *26*(5), 39845784.

Omer, H. A., Mustafa, A. A., Kabbashi, A. S., & Taher, A. R. (2024). Antimicrobial, Antioxidant Activities and total phenolics contents of *Portulaca oleracea*., crude extracts, Sudan. *Research in Pharmacy and Health Sciences*, *10*(1), 225-229.

Rai, M., Deshmukh, S., & Ingle, A. P. (2021). Applications of iron oxide nanoparticles in agriculture: From seed germination to DNA delivery and plant stress resistance. *Current Nanoscience*, *17*(2), 206–218.

Induction of Hairy Roots in *Portulaca oleracea* Mediated by Paramagnetic Iron Oxide Nanocarriers

Fatemeh Darrudipour[1], Shahram Pourseyedi[1]*, Sara Abedini[1]
1. Department of Agriculture Biotechnology, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
Corresponding Author: spseyedi@uk.ac.ir

Abstract

Portulaca oleracea L. (common purslane) is a medicinal and edible plant with high nutritional value, known for its rich content of bioactive compounds such as vitamins, flavonoids, and unsaturated fatty acids. These constituents play significant roles in reducing inflammation, alleviating gastrointestinal pain, and promoting the production of secondary metabolites. In the present study, to induce hairy roots, an advanced biotechnology approach was employed, involving gene transfer using polyethyleneimine (PEI)-coated superparamagnetic iron oxide nanoparticles along with the pBI121 plasmid carrying the rolC gene. The primary objective of this research was to validate the efficiency of the gene delivery method for hairy root induction in purslane. The results demonstrated the emergence of hairy roots within 48 hours following gene transfer, indicating the successful transformation process mediated by the functionalized magnetic nanoparticles carrying the rolC gene. These findings highlight the potential of purslane hairy roots as a sustainable resource for the production of pharmaceutically valuable secondary metabolites.

Keywords: Gene transfer, Hairy root, Portulaca oleracea, Nanocarrier

سیلیمارین و فلاونولیگنان‌ها و مسیر بیوسنتزی آنها در گیاه خار مریم

پگاه آزادگان[۱]، مهدی منصوری*[۱]، حمیدرضا کاوسی[۱]
۱- گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران
*نویسنده مسئول: me.mansouri@uk.ac.ir

چکیده

گیاه خار مریم (*Silybum marianum*) و به‌ویژه بذرهای آن، حاوی مجموعه‌ای کامل از ترکیبات طبیعی به نام فلاونولیگنان‌ها (flavonolignans) هستند که مهم‌ترین جزء فعال آن‌ها، عصاره‌ای لیپوفیلیک به نام سیلیمارین است. سیلیمارین که حدود ۰/۴ تا ۰/۶ درصد وزن خشک بذر را تشکیل می‌دهد، مجموعه‌ای از فلاونولیگنان‌های زیست‌فعال است که از تاکسیفولین مشتق شده‌اند و نقش کلیدی در خواص درمانی گیاه ایفا می‌کنند. گیاه خارمریم اثرات مثبتی به‌عنوان درمان حمایتی در بیماری‌های کبدی، از جمله سیروز و آسیب کبدی ناشی از سوءمصرف الکل داشته است و همچنین نقش این گیاه در پیشگیری از سرطان‌های معده، ریه، کلیه، پانکراس، روده، پوست، پروستات و مثانه مورد توجه قرار گرفته است که به دلیل وجود ترکیبی به نام سیلیمارین درآن است. با این حال، فرآیند بیوسنتز سیلیمارین تا مدت‌ها به‌درستی ناشناخته بود و همین موضوع یکی از عوامل محدودکننده در بهره برداری گسترده‌تر از این گیاه به شمار می‌رفت. با توجه به اهمیت بیولوژیکی سیلیمارین، بررسی و مطالعه ژن‌های دخیل در مسیر بیوسنتزی آن می‌تواند درک بهتری از تنظیم این مسیر و کاربردهای زیستی آن را فراهم آورد.

واژه‌های کلیدی: خارمریم، گیاه دارویی، سیلیمارین

مقدمه

از گذشته تا به امروز گیاهان دارویی نقشی اساسی در نظام‌های درمانی ایفا کرده‌اند. این گیاهان پتانسیل بالایی به‌عنوان منابع ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با کاربردهای دارویی و آرایشی دارند. در این میان، سیلیمارین، ترکیبی مشتق از میوه‌های رسیده خار مریم (*Silybum marianum*)، به دلیل خواص زیستی متعدد، از جمله اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، و محافظت از کبد، توجه بسیاری را به خود جلب کرده است(Shaker et al., 2010). سیلیمارین شامل مجموعه‌ای از فلاونولیگنان‌های زیست‌فعال مانند سیلی‌بینین (ترکیبی از سیلی‌بین A و B) است که توانایی آن‌ها در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد نظیر OH^{-}• و HOCl، و تقویت سامانه‌های آنتی‌اکسیدانی سلولی به خوبی ثابت شده است (Pradhan and Girish, 2006). این فعالیت‌ها منجر به مهار پراکسیداسیون لیپیدی و بهبود پایداری غشای سلولی می‌شوند (Karimi et al., 2011). با وجود شناخت نسبتاً جامع از اثرات زیستی این ترکیبات مسیرهای بیوسنتزی آن‌ها در گیاه خارمریم همچنان به‌طور کامل روشن نشده است. طی دهه اخیر، پژوهش‌های متعددی با هدف شناسایی و درک مکانیسم‌های تنظیمی این مسیرها انجام شده است که زمینه را برای کنترل زیستی و تولید هدفمند متابولیت‌های ثانویه‌ی ارزشمند مانند سیلیمارین فراهم کرده‌اند.

گیاه‌شناسی و اکولوژی خار مریم

خارمریم با نام علمی *Silybum marianum* و نام انگلیسی Milk thistle، گیاهی دولپه‌ای، علفی و روزبلند است که به‌طور معمول به‌صورت یک‌ساله و در موارد نادری به‌صورت دوساله رشد می‌کند. این گونه در بسیاری از مناطق به‌عنوان علف هرز شناخته می‌شود و اغلب به‌صورت خودرو در حاشیه مزارع و زمین‌های کشاورزی می‌روید. با این حال، به‌دلیل اهمیت بالای دارویی و کاربردهای صنعتی متعدد، در بسیاری از کشورها به‌صورت تجاری کشت می‌شود (Drouet et al., 2020).

خارمریم متعلق به راسته‌ی Asterales، خانواده‌ی Asteraceae و جنس *Silybum* است. در این جنس، دو گونه شناسایی شده‌اند: *S. marianum* با گل‌های بنفش و *S. eburneum* با گل‌های سفید. ارتفاع این گیاه تا حدود ۲ متر می‌رسد و برگ‌های آن بزرگ، پهن و دارای حاشیه‌ای خاردار هستند. قطر کاپیتولوم حدود ۵ سانتی‌متر است. میوه‌های خارمریم فندقه‌هایی بیضی‌شکل، به طول ۶ تا ۸ میلی‌متر هستند که دارای پوسته‌ای سخت، براق و معمولاً به رنگ قهوه‌ای می‌باشند. این گیاه بومی جنوب اروپا، به‌ویژه نواحی کوهستانی حوزه مدیترانه، آسیای غربی و روسیه است و از آنجا به بسیاری از مناطق معتدل جهان گسترش یافته است. امروزه این گیاه به‌طور گسترده‌ای خارج از محدوده بومی خود وارد شده است و اکنون در ایالات متحده آمریکا، آمریکای جنوبی، استرالیا و اروپای مرکزی به صورت خودرو رشد می‌کند. همچنین به منظور تولید مواد اولیه دارویی و کاربردهای صنعتی درکشورهای اتریش، آلمان، مجارستان، لهستان، چین و آرژانتین، و فرانسه کشت می‌شود. در ایران گونه‌ی خارمریم به‌صورت طبیعی در مناطق متعددی از جمله استان‌های گیلان، کرمانشاه، فارس، بوشهر، آذربایجان شرقی و غربی دیده می‌شود. سازگاری بالای این گیاه با شرایط اقلیمی مختلف موجب شده که به‌صورت خودرو در نواحی مختلف رشد کند. در واقع خارمریم یک گیاه مقاوم به خشکی در نظر گرفته می‌شود و بارندگی‌های طبیعی نیاز آبی آن را تامین می‌کند (Qhavami et al., 2013).

خصوصیات فیتوشیمیایی

مهمترین گروه‌های فیتوشیمیایی در گیاه خارمریم مجموعه‌ای از فلاونولیگنان‌ها است که به‌طور کلی به‌عنوان سیلیمارین شناخته می‌شود. سیلیمارین در آب نامحول و در الکل محلول است. این ترکیب برای اولین بار در سال ۱۹۶۸ توسط دانشمندان آلمانی در دانشگاه مونیخ جدا شد و سپس توسط یک داروساز آلمانی به نام Madaus به‌عنوان یک درمان خاص در برابر بیماری‌های کبدی توصیف و ثبت شد (Gillessen.2020). عصاره میوه خارمریم حاوی ۶۵ تا ۸۰ درصد سیلیمارین و ۲۰ تا ۳۵ درصد اسیدهای چرب، از جمله اسید لینولئیک و اسید پالمیتیک است (Greenlee et al., 2007). همچنین این عصاره دارای ترکیبات فلاونوئیدی متعددی مانند کورستین، کامفرول، آپیژنین و تاکسیفولین و ترکیبات فنولی می‌باشد. ترکیب فعال سیلیمارین، مخلوطی از مولکول‌های پلی‌فنولی است که شامل هفت فلاونولیگنان بسیار نزدیک به هم (سیلیبین A، سیلیبین B، ایزوسیلیبین A، ایزوسیلیبین B، سیلیکریستین، ایزوسیلیکریستین و سیلیدیانین) به‌همراه یک فلاونوئید به نام تاکسیفولین می‌باشد. محل اصلی تجمع سیلیمارین در پوشش بذر است و مقدار کمی در لایه پریکارپ (پوست بذر) نیز انباشته می‌شود، در واقع سلیمارین در دانه‌های گیاه متمرکز است اما در کل گیاه نیز تولید و یافت می‌شود (Abenavoli et al., 2010).

بیوسنتز فلاونولیگنان‌ها در خارمریم

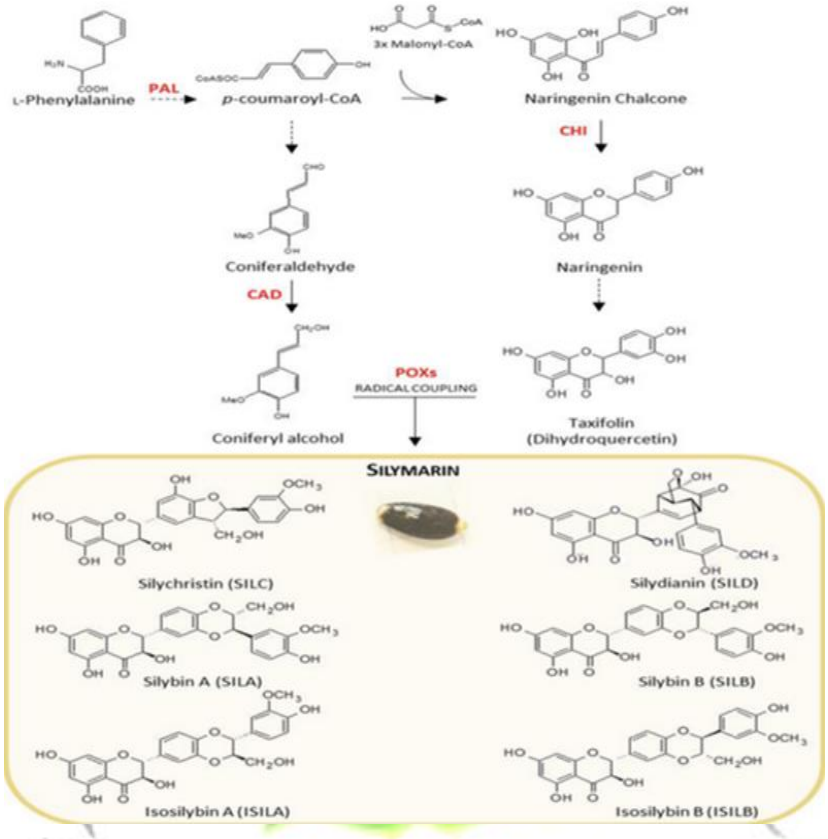
مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که علی‌رغم تمرکز گسترده بر خواص دارویی و ترکیب شیمیایی سیلیمارین، مسیر بیوسنتز فلاونولیگنان‌های گیاه خارمریم کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. در مسیر بیوسنتز پیش‌سازهای

فلاونولیگنان‌ها، دو شاخه مختلف از مسیر بیوسنتزی فنیل‌پروپانوئیدها نقش دارند؛ یک شاخه مربوط به مونولیگنول‌ها و دیگری شاخه‌ی فلاونوئیدها است. در مورد فلاونولیگنان‌های خار مریم، اتصال اکسایشی که منجر به تشکیل این ترکیبات می‌شود، از طریق تراکم تاکسیفولین (taxifolin) و کنیفریل الکل (coniferyl alcohol) صورت می‌گیرد. این واکنش احتمالاً از طریق مکانیسم اتصال رادیکالی و به‌واسطه‌ی آنزیم‌های اکسیدکننده مانند پراکسیدازها[1] یا لاکازها[2] انجام می‌شود؛ این واکنش‌ها مشابه همان سازوکار تشکیل رادیکال‌های مونولیگنول و پلیمریزه شدن آن‌ها در طی فرایند لیگنیفیکاسیون[3] است (Poppe, 2017). بنابراین سنتز فلاونولیگنان‌ها شامل سه مسیر بیوسنتزی است: مسیر بیوسنتز مونولیگنول‌ها، مسیر فلاونوئیدها، مسیر اختصاصی فلاونولیگنان‌ها که با اتصال یک فلاونوئید و یک مونولیگنول آغاز می‌شود و احتمالاً با بازآرایی‌های درون‌مولکولی ادامه می‌یابد. فلاونولیگنان‌ها عمدتاً از طریق اتصال اکسایشی بین یک مونولیگنول (معمولاً کنیفریل الکل) و یک فلاونوئید تولید می‌شوند. مسیر بیوسنتزی آن‌ها شامل یک متابولیت مشترک مهم به نام پی-کوماروئیل-کوآنزیم A (p-coumaroyl-CoA) است، که پیش‌ساز کلیدی طیف وسیعی از ترکیبات از جمله استیلبن‌ها، لیگنان‌ها و بسیاری از ترکیبات فنولی دیگر محسوب می‌شود. مسیر شیکیمات (shikimate pathway)، جریان اصلی متابولیکی را برای مسیر فلاونوئیدها فراهم می‌کند. این مسیر از طریق تولید ال-فنیل‌آلانین (l-phenylalanine)، ارتباطی بین متابولیسم اولیه و مسیر فنیل‌پروپانوئیدها برقرار می‌کند. نخستین آنزیم فعال در این مسیر، ال-فنیل‌آلانین آمونیا لیاز (PAL) است که به دنبال آن، آنزیم‌های سینامات ۴-هیدروکسیلاز (C4H) و سپس 4CL (p-coumarate-CoA ligase) وارد عمل می‌شوند. این آنزیم‌ها، مراحل آغازین مسیر فنیل‌پروپانوئید را تشکیل می‌دهند و ال-فنیل‌آلانین را به طیف متنوعی از متابولیت‌های ثانویه از جمله لیگنین، لیگنان، کومارین، استیلبن و فلاونوئیدها تبدیل می‌کنند (Tohge et al., 2013; El Sayed Bashandy, 2016). مسیر منولینول‌ها امکان تولید پیش‌سازهای متنوعی را فراهم می‌کند که برای تشکیل ترکیبات مختلف فنل‌پروپانوئیدی مانند لیگنین، لیگنان‌ها، نئولیگنان‌ها، کومارین‌ها، فلاونوئیدها، استیلبن‌ها ضروری هستند. این مسیر نقش مرکزی در متابولیسم ثانویه گیاهان ایفا می‌کند. منولینول‌ها از ال-فنیل‌آلانین از طریق مسیر کلی فنل‌پروپانوئیدها سنتز می‌شوند. چندین مرحله آنزیمی برای تولید کنیفریل الکل که در بیوسنتز فلاونولیگنان‌ها از خارمریم استفاده می‌شود دخیل هستند، الکل کنیفریل از کاهش اسید سینامیک به کمک واکنش وابسته به NADPH با کوآنزیم A به دست می‌آید، که پس از آن هیدروکسیلاسیون آروماتیک و متیلاسیون (OMT) انجام می‌شود. سپس فروسویلوئیل-کوآنزیم A توسط آنزیم سینامویل-کوآنزیم A ردوکتاز به کنیفریل آلدئید احیا می‌شود. آخرین مرحله سنتز الکل کنیفریل توسط آنزیم سینامیل الکل دهیدروژناز (CAD) کاتالیز می‌شود. این آنزیم همچنین آخرین مرحله سنتز مونومرهای دیگر مانند پی-کوماریل الکل و سیناپیل الکل را کاتالیز می‌کند. منولینول‌ها عمدتاً به عنوان پیش‌سازهای لیگنین شناخته می‌شوند اجزای اصلی لیگنین از الکل‌های هیدروکسی‌سینامیل (یا منولینول‌ها) مانند الکل کنیفریل، سیناپیل الکل و پی-کوماریل الکل مشتق می‌شوند. واحدهای حاصل از این منولینول‌ها که در پلیمر لیگنین وارد می‌شوند، واحدهای گایاکسیل (G)، سورینگیل (S) و پی-هیدروکسی‌فنیل (H) نامیده شده و نقش کلیدی در فرآیند لیگنیفیکاسیون دارند (Poppe, 2017). این سه الکل همچنین در سنتز برخی از فلاونولیگنان‌ها دخیل هستند، هرچند در حال حاضر سهم پی-کوماریل الکل و سیناپیل الکل نسبت به الکل کنیفریل کمتر شناخته شده است. مسیر فلاونوئیدها شاخه مهمی از

1. peroxidases
2. laccases
3. lignification

مسیر فنل‌پروپانوئیدها است و در مراحل اولیه بیوسنتز منولینول‌ها، آنزیم‌های PAL، C4H و 4CL مشترک هستند. معمولاً در گیاهان، چالکون‌ها محصول نهایی نیستند این ترکیبات از چندین مرحله آنزیمی عبور می‌کنند تا به کلاس‌های مختلف فلاونوئیدها مانند دی‌هیدروفلاوونول‌ها، فلاوانول‌ها یا آنتوسیانین‌ها تبدیل شوند. برخی کلاس‌های فلاونوئید (مانند ایزوفلاون‌ها، فلاون‌ها، پروآنتوسیانیدین‌ها و فلاوونول‌ها) شاخه‌های ثانویه مسیر فلاونوئید هستند و از واسطه‌هایی مشتق می‌شوند که به تشکیل آنتوسیانین‌ها منجر می‌شوند (Schijlen et al., 2004).

در گیاه خارمریم، پیش‌ساز سیلیمارین، فلاونانول تاکسیفولین است که پس از شکل‌گیری از مسیر فنل‌پروپانوئید، پی-کومارویلو-کوآنزیم A به عنوان پیش‌ساز اولیه در بیوسنتز فلاونوئیدها عمل می‌کند. مولکول پی-کومارویلو-کوآنزیم A به کمک آنزیم کالکون سنتاز (CHS)، با سه واحد مالونیل-کوآنزیم A ترکیب شده و کالکون نارینگنین را تولید می‌کند (Poppe, 2017). کالکون نارینگنین حاوی دو حلقه آروماتیک است و در ادامه، چرخه‌زایی آن به تولید سایر فلاونوئیدها منجر می‌شود (Begum et al., 2010). در مرحله بعد، آنزیم کالکون ایزومراز (CHI) کالکون‌ها را به فلاوانون‌ها (نارینگنین، اریودیکتیول و دی‌هیدروتریسین) تبدیل می‌کند و بالعکس. در ادامه مسیر بیوسنتز فلاونانول‌ها، نارینگنین می‌تواند دو بار هیدروکسیله شود تا تاکسیفولین (۲،۳-دی‌هیدروکورستین) تولید شود. سنتز تاکسیفولین شامل دو آنزیم فلاوانون-۳-هیدروکسیلاز (F3H و F3’H) است که دو مرحله هیدروکسیلاسیون متوالی از نارینگنین را ممکن می‌سازند. آنزیم F3H متعلق به خانواده دی‌اکسیژنازهای وابسته به ۲-اکسوگلوتارات است و در گونه‌های گیاهی به شدت حفظ شده است (Hall et al., 2015). ژن‌هایی که بیان آن‌ها در گیاه خارمریم مطالعه شده، ژن‌هایی هستند که در تولید پیش‌سازهای تاکسیفولین و کنیفریل الکل نقش دارند. ترکیب فلاونولیگنان‌های موجود در خارمریم عمدتاً در پریکارپ میوه این گیاه تجمع می‌یابد. مطالعه بر بیان ژن‌ها در میوه خارمریم، پژوهشی نوین و نسبتاً جدید محسوب می‌شود. در مسیر بیوسنتزی سیلیمارین (شکل۱) ژن‌های فنیل آلا نین آمونیاک لیاز(*PAL*)، سینامیل الکل دهیدروژناز (*CAD*)، کالکون سنتاز (*CHS*)، فلاوانون ۳ -دیاکسیژناز (*F3H*)، فلاون ۳'-هیدروکسیلاز (*F3′ H*)، لاکازها (*LAC*) و پراکسیدازها (*POX*) تجمع سیلیمارین را امکان‌پذیر می‌کند نتایج اولین مطالعات عملکردی، ارتباط بالقوه این ژن‌ها را با سنتز سیلیمارین نشان داده‌اند، چرا که بیان آن‌ها با تجمع تاکسیفولین در میوه‌ها هم‌زمان بوده است. علاوه‌براین، به‌نظر می‌رسد بیان ژن *CAD* برای تجمع سیلیمارین در میوه‌های رسیده، امری ضروری باشد. اخیراً، Drouet و همکاران مراحل رشد میوه خارمریم را با دقت توصیف کردند تا بتوانند سینتیک تجمع ترکیبات سیلیمارین را در طی فرآیند رسیدن میوه بررسی کنند. پروفایل بیان ژن‌ها، همبستگی خوبی با روند تجمع سیلیمارین و مکان تجمع ترجیحی آن در پریکارپ میوه طی فرایند بلوغ نشان داد؛ به‌طوری‌که حداکثر میزان بیوسنتز با وقوع خشک شدن میوه هم‌زمان بود (Droue et al., 2020).



شکل ۱. طرح جزئی مسیر بیوسنتز فلاونولیگنان‌های سیلیمارین در گیاه *S. marianum* فلاونولیگنان‌ها عمدتاً در دانه‌های بالغ تجمع می‌یابند (کادر زرد). ژن‌هایی که احتمالاً در این مسیر نقش دارند با رنگ قرمز نشان داده شده‌اند: *PAL* (فنیل‌آلانین آمونیا لیاز)، *CAD* (سینامیل الکل دهیدروژناز)، *CHS* (کالکون سنتاز)، *F3H* (فلاوانون ۳-دی‌اکسیژناز)، *F3'H* (فلاون ۳'-هیدروکسیلاز)، *LAC* (لاکازها) و *POX* (پراکسیدازها). فلش‌های نقطه‌چین نشان‌دهنده یک مرحله واحد، فلش‌های خط‌چین نشان‌دهنده چندین مرحله در مسیر متابولیک و فلش‌های کامل نشان‌دهنده سنتز مستقیم ترکیب از طریق یک آنزیم هستند (Droue et al., 2020).

نتیجه‌گیری

مقاله حاضر به‌عنوان یک مطالعه مروری، با تمرکز بر گیاه دارویی خارمریم و ترکیب مؤثره آن یعنی سیلیمارین، تلاش کرده است تا تصویری جامع از این گیاه ، ترکیبات فیتوشیمیایی و مسیرهای بیوسنتزی فلاونولیگنان‌های آن ارائه دهد. با توجه به ارزش دارویی بالای سیلیمارین، شناخت دقیق مسیرهای بیوشیمیایی، آنزیم‌ها و ژن‌های دخیل در تولید آن، می‌تواند نقشی کلیدی در توسعه بهره‌برداری علمی و صنعتی از این گیاه ایفا کند. بررسی منابع علمی موجود نشان می‌دهد که علی‌رغم پیشرفت‌های اخیر، هنوز زوایای ناشناخته‌ای در مسیرهای متابولیکی مرتبط با سیلیمارین وجود دارد که نیازمند پژوهش‌های گسترده‌تر است، همچنین با توجه به شرایط اقلیمی متنوع و چالش‌های زیست‌محیطی مانند کم‌آبی در کشور، توسعه و به‌کارگیری گیاهان دارویی مقاوم مانند خارمریم می‌تواند بخشی از راه‌حل‌های آینده‌نگرانه در حوزه کشاورزی دارویی و تولید ترکیبات با ارزش فارماکولوژیک باشد، علاوه براین بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مانند بیوتکنولوژی، مهندسی ژنتیک و رویکردهای اُمیکس می‌تواند به درک دقیق‌تر از بیان ژن‌ها و

بهینه‌سازی تولید متابولیت‌های ثانویه مانند سیلیمارین کمک کند. این مقاله زمینه‌ای را برای پژوهشگران فراهم می‌کند تا با آگاهی بیشتر، به مطالعه‌ی مسیرهای بیوسنتزی دخیل در تولید سیلیمارین بپردازند و راه را برای بهره‌برداری نوین و هدفمند ازآن هموار سازند.

منابع

Abenavoli, L., Capasso, R., Milic, N., & Capasso, F. (2010). Milk thistle in liver diseases: Past, present, future. Phytotherapy Research, 24(10), 1423–1432.

Begum, S. A., Sahai, M., & Ray, A. B. (2010). Non-conventional lignans: coumarinolignans, flavonolignans, and stilbenolignans. Fortschritte der Chemie organischer Naturstoffe/Progress in the Chemistry of Organic Natural Products, Vol. 93, 1-70.

Drouet, S., Tungmunnithum, D., Lainé, É., & Hano, C. (2020). Gene expression analysis and metabolite profiling of silymarin biosynthesis during milk thistle (Silybum marianum (L.) Gaertn.) fruit ripening. International Journal of Molecular Sciences, 21(13), 4730.

El Sayed Bashandy, H. (2016). Flavonoid metabolomics in Gerbera hybrida and elucidation of complexity in the flavonoid biosynthetic pathway [Doctoral dissertation, Wageningen University].

Gillessen, A., & Schmidt, H. H. J. (2020). Silymarin as supportive treatment in liver diseases: A narrative review. Advances in Therapy, 37(4), 1279–1301.

Greenlee, H., Abascal, K., Yarnell, E., & Ladas, E. (2007). Clinical applications of Silybum marianum in oncology. Integrative Cancer Therapies, 6(2), 158–165.

Hall, J., Ananga, A., Georgiev, V., Ochieng, J. W., Cebert, E., & Tsolova, V. (2015). Molecular cloning, characterization, and expression analysis of flavanone 3-hydroxylase (F3H) gene during muscadine grape berry development. Journal of Plant Physiology, 188, 88–96.

Karimi, G., Vahabzadeh, M., Lari, P., Rashedinia, M., & Moshiri, M. (2011). "Silymarin", a promising pharmacological agent for treatment of diseases. Iranian Journal of Basic Medical Sciences, 14(4), 308.

Poppe, L. (2017). Flavonolignan biosynthesis in Silybum marianum – Potential regulatory mechanisms and candidate genes [Master's thesis, Ghent University]. Ghent University Academic Bibliography.

Pradhan, S. C., & Girish, C. (2006). Hepatoprotective herbal drug, silymarin from experimental pharmacology to clinical medicine. Indian Journal of Medical Research, 124(5), 491–504.

Qavami, N., Naghdi, B. H., Labbafi, M. R., & Mehrafarin, A. (2013). A review on pharmacological, cultivation and biotechnology aspects of milk thistle (Silybum marianum (L.) Gaertn.). Journal of Medicinal Plants, 12(48), 1–14.

Schijlen, E. G., De Vos, C. R., van Tunen, A. J., & Bovy, A. G. (2004). Modification of flavonoid biosynthesis in crop plants. Phytochemistry, 65(19), 2631–2648.

Shaker, E., Mahmoud, H., & Mnaa, S. (2010). Silymarin, the antioxidant component and Silybum marianum extracts prevent liver damage. Food and Chemical Toxicology, 48(3), 803–806.

Tohge, T., Watanabe, M., Hoefgen, R., & Fernie, A. R. (2013). The evolution of phenylpropanoid metabolism in the green lineage. Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology, 48(2), 123–152.

Silymarin and flavonolignans and their biosynthetic pathway in milk thistle

Pegah Azadegan[1], Mehdi Mansouri*[1], Hamid Reza Kavousi[1]
1. Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
*Corresponding Author: me.mansouri@uk.ac.ir

Abstract

The seeds of milk thistle, in particular, contain natural compounds known as flavonolignans, with the most important bioactive component being a lipophilic extract called silymarin. Silymarin, which constitutes approximately 0.4 to 0.6% of the seed's dry weight, is a complex of bioactive flavonolignans derived from taxifolin and plays a key role in the plant's therapeutic properties. Silymarin has demonstrated significant supportive effects in the treatment of liver disorders, including cirrhosis and alcohol-induced liver damage, and has shown potential in the prevention of various cancers such as gastric, lung, kidney, pancreas, colon, skin, prostate, and bladder. These pharmacological properties are largely attributed to the presence of silymarin. However, the biosynthetic pathway of silymarin remained poorly understood, which has limited its broader aplication. Given the biological importance of silymarin, investigating the genes involved in its biosynthetic pathway may provide deeper insights into its regulation and potential biotechnological applications.

Keywords: Milk thistle, medicinal plants, Silymarin

کاربرد صنعتی روغن کرچک در تولید بیودیزل و بیوجت

فرهاد حبیب‌زاده[*1]

[*1] گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین

[*] نویسنده مسئول: habibzadeh_f@eng.ikiu.ac.ir

چکیده

تولید و کاربرد سوخت‌های زیستی به عنوان جایگزین سوخت‌های فسیلی، امروزه ارزش فراوانی پیدا نموده ولی قیمت نهایی آن بالاتر از سوخت مشتق از نفت می‌باشد. این مقاله مروری، با هدف بررسی کاربرد صنعتی روغن کرچک در تولید بیودیزل و بیوجت با جستجو در پایگاه‌های علمی معتبر و تحلیل و بررسی مقالات منتشرشده در سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۴ تهیه گردید. روغن کرچک از نظر قیمت و کیفیت یک ماده اولیه عالی بوده، خصوصاً اینکه این روغن گیاهی غیرخوراکی است و امنیت غذایی را نیز به خطر نمی‌اندازد. استفاده از روغن کرچک به دلیل محتوای بالای اسید چرب ریسینولئیک و امکان استری شدن با متانول موجب می‌شود که هزینه‌های تولید پایین باشد. بیودیزل حاصل از روغن کرچک مزایای متعددی نسبت به دیزل معمولی دارد؛ از جمله به دلیل اینکه غیرسمی، تجدیدپذیر، قابل استفاده به تنهایی و دارای انتشار کم گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. تفاوت بیوجت و بیودیزل این است که اگرچه هر دو سوخت زیستی بوده و در انواع مختلف موتورها قابل استفاده می‌باشند، ولی سوخت بیوجت به طور خاص برای استفاده در موتورهای جت طراحی می‌شود. روغن کرچک را می‌توان به سوخت بیوجت تبدیل کرد که جایگزینی پایدار برای سوخت جت معمولی است. هیدروفرآوری روغن برای حذف اکسیژن و تبدیل آن به هیدروکربن‌ها در محدوده سوخت جت، ضروری می‌باشد. تحقیقات برای بهینه‌سازی فرآیند، از جمله توسعه کاتالیزور و شرایط واکنش، برای بهبود بازده و افزایش کارآیی در حال انجام است. تولید بیوجت از روغن کرچک، مسیری بالقوه برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سفرهای هوایی ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: اسید چرب، روغن گیاهی، سوخت فسیلی، کرچک

مقدمه

رشد مدرنیزاسیون و افزایش حمل و نقل، موجب تقاضای روزافزون برای مصرف انرژی در جهان و آلودگی مخرب زیست‌محیطی شده است. تولید انرژی عمدتاً به سوخت فسیلی وابستگی دارد. گزارش شده است که بخش حمل و نقل، حدود ۴۰ درصد از انرژی اولیه مصرفی در جهان را مصرف می‌کند. اثرات زیست‌محیطی سوخت‌های فسیلی و موضوع اتمام آنها و همچنین هزینه‌های زیاد، موجب نگرانی‌های فزاینده‌ای گردیده، لذا توجه فراوانی به منابع انرژی جایگزین معطوف گردیده است. این منابع باید پایدار و از نظر اقتصادی برای پذیرش در مقیاس بزرگ مقرون به صرفه باشند و در عین حال بتوانند نیازهای انرژی جمعیت رو به رشد جهان را برآورده کنند. انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی بر محیط زیست و سلامت انسان تأثیر منفی می‌گذارند. علاوه بر این، نگرانی‌ها در مورد گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی در سراسر جهان رو به افزایش است (Liu and Li, 2023; Agarwal et al., 2024).

کاهش انتشار گازهای مضر می‌تواند با پیشرفت‌های بیشتر در فناوری موتور و حتی با استفاده از سوخت‌های جایگزین حاصل شود. همچنین، برای دستیابی به سطوح پایین انتشار CO_2، باید تنوع منابع انرژی افزایش یابد. از سوی دیگر، جهان مدت‌هاست که به دلیل استفاده زیاد و بی‌رویه، با خطر اتمام سوخت‌های فسیلی مواجه شده است. علاوه بر این، کاهش منابع نفتی در آینده نزدیک و افزایش نگرانی‌ها در خصوص محیط زیست منجر به توسعه سوخت‌های پایدار و جایگزین از منابع تجدیدپذیر ارزان و سازگار با محیط زیست شده است (Bauddh et al., 2015; McKeon, 2016). کاهش ذخایر نفتی و افزایش قیمت، مردم را مجبور به جستجوی منابع جایگزین انرژی کرده است. به همین دلایل، توجه فوری به سوخت‌های تجدیدپذیر، پایدار و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه توسط کشورها ضروری است. بنابراین، علاقه فزاینده‌ای به سوخت‌های جایگزین مانند بیودیزل برای کاربرد در موتورهای دیزلی در سراسر جهان وجود داشته است. روغن‌های گیاهی، جایگزین بسیار امیدوارکننده‌ای برای دیزل هستند زیرا پایدار بوده و به راحتی در مناطق روستایی تولید می‌شوند. برخی از محققان، استفاده از روغن‌های گیاهی را در سوخت موتور دیزل مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفتند که عملکرد آن نامطلوب بوده که عمدتاً به ویسکوزیته بالا، نوسانات کم و چند غیراشباعی مرتبط بود (Issariyakul, et al., 2014). با توجه به روند رو به اتمام سوخت‌های فسیلی و همچنین مشکل گرمایش جهانی، یافتن سوخت‌های جایگزین اهمیت فراوانی پیدا نموده است. هدف از تهیه این مقاله مروری، بررسی کاربرد صنعتی روغن کرچک در تولید بیودیزل و بیوجت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مقاله در قالب مروری و کتابخانه‌ای، با هدف بررسی جامع در خصوص کاربرد صنعتی روغن کرچک در تولید بیودیزل و بیوجت تهیه شده است. در این مطالعه، با استفاده از واژه‌های کلیدی مربوطه در پایگاه‌های علمی معتبر به صورت سیستماتیک جستجو انجام شد و مقالات منتشرشده در بازه سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۴ مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند.

گیاه روغنی کرچک

این گیاه با نام علمی *Ricinus communis*، تنها گونه جنس "Ricinus" است. گیاه کرچک به شمال شرقی آفریقا و اوراسیا تعلق داشته ولی اکنون به طور گسترده در مناطق خشک، مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری و در مناطق با دمای متفاوت با تابستان گرم کشت می‌شود. دانه روغنی کرچک زمانی آماده برداشت می‌باشند که تمام کپسول‌ها خشک شوند. تأخیر در برداشت پس از آماده شدن محصول ممکن است منجر به ریزش دانه‌ها شود که در آن دانه‌ها از کپسول‌ها بیرون می‌آیند. در آسیا، برداشت دانه‌های روغنی کرچک با دست انجام گرفته و کپسول‌های رسیده از گیاه چیده می‌شوند؛ سپس دانه‌های جمع‌آوری شده برای حذف رطوبت خشک می‌شوند. حذف رطوبت دانه، یک پیش‌فرآوری مهم برای استخراج روغن است. دانه گیاه کرچک حاوی ۵۵-۴۶ درصد روغن و اسیدهای چرب اصلی روغن شامل ریسینولئیک، لینولئیک و اولئیک (به ترتیب ۹۰/۲، ۴/۴ و ۲/۸ درصد) می‌باشد (Aguirre et al., 2014; Osorio-González, et al., 2020).

بیودیزل

بیودیزل را می‌توان به عنوان ترکیبی از استرهای آلکیل با اسیدهای چرب زنجیره بلند توصیف نمود. این سوخت را می‌توان از مواد اولیه مختلفی مانند روغن‌های گیاهی خوراکی یا غیرخوراکی، چربی‌های حیوانی، روغن‌های جلبک و

روغن‌های ضایعاتی به دست آورد. از سوی دیگر، بیش از ۹۵ درصد از تولید بیودیزل در جهان از روغن‌های گیاهی خوراکی ساخته شده است. اگرچه روغن‌های غیرخوراکی، مواد اولیه مناسبی برای صنعت بیودیزل به منظور کاهش هزینه و جلوگیری از آسیب به امنیت غذایی هستند، ولی اکثر کشورهای که تولیدات کشاورزی خوبی دارند، از روغن‌های خوراکی استفاده می‌نمایند. برای تولید بیودیزل در سراسر جهان، روغن‌های کلزا، سویا، آفتابگردان و پالم به عنوان مواد اولیه پیشنهاد شده‌اند. بررسی‌ها نشان داده‌اند که تولید بیودیزل از روغن کرچک اخیراً افزایش یافته زیرا این روغن به دلیل مزایای مختلف، یک روغن غیرخوراکی سودمند برای صنعت بیودیزل در جهان است. روغن کرچک می‌تواند از نظر پایداری و ویژگی‌های سوخت در اولویت باشد. تحقیقات بیشتر در مورد این موضوع مورد نیاز خواهد بود (Bueno et al., 2017; Hajlari et al., 2019; Osorio-González, et al., 2020). ویژگی‌ها و مقایسه روغن‌های گیاهی مورد استفاده در تولید بیودیزل در جدول ۱ درج شده است.

تولید بیوجت با استفاده از روغن کرچک

بیوجت و بیودیزل، هر دو سوخت زیستی هستند؛ بیودیزل در موتورهای دیزلی برای وسایل نقلیه و سیستم‌های گرمایشی استفاده می‌شود، ولی سوخت بیوجت به طور خاص برای استفاده در موتورهای جت هواپیما طراحی شده است. سوخت بیوجت همچنین به عنوان سوخت پایدار هوانوردی[1] نیز شناخته می‌شود. این سوخت به عنوان جایگزینی پایدار برای سوخت جت معمولی عمل نموده و مسیری بالقوه برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سفرهای هوایی ارائه می‌دهد. تولید سوخت زیستی جت از دانه‌های روغنی کرچک، مزایای زیست‌محیطی بالقوه‌ای را ارائه می‌دهد. روغن کرچک را می‌توان به سوخت بیوجت تبدیل کرد که جایگزینی پایدار برای سوخت جت معمولی است. این شامل هیدروفرآوری روغن برای حذف اکسیژن و تبدیل آن به هیدروکربن‌ها در محدوده سوخت جت است. تولید بیودیزل و بیوجت از روغن از طریق فرآیند ترانس استریفیکاسیون انجام می‌شود. در این فرآیند، روغن گیاهی با یک الکل سبک (مانند متانول یا اتانول) و یک کاتالیزور (معمولاً یک باز مانند سدیم هیدروکسید یا پتاسیم هیدروکسید) واکنش داده و بیودیزل (استرهای متیل) و گلیسرول تولید می‌شود. بیودیزل به عنوان سوخت زیستی و گلیسرول به عنوان یک محصول جانبی در صنعت استفاده می‌شود. تحقیقات برای بهینه‌سازی فرآیند، از جمله توسعه کاتالیزور و شرایط واکنش، برای بهبود بازده و کارآیی در حال انجام است. محققان در حال بررسی کاتالیزورهای مختلف، شرایط واکنش (مانند دما و فشار) و بهبود کارآیی و بازده تولید سوخت از روغن کرچک هستند (Molefe et al., 2019; Osorio-González, et al., 2020).

جدول ۱. نمونه‌هایی از ماده اولیه (روغن) مورد استفاده در تولید بیودیزل

نام گیاه (درصد روغن)	ویژگی‌ها	مزایا	معایب
دانه کرچک (۴۶-۵۵)	مایع در دمای اتاق، رنگ زرد روشن و کمی تند	امکان انجام ترانس استریفیکاسیون در دمای اتاق، قابل امتزاج در الکل، غیرخوراکی، ارزش اسیدی پایین، نقطه اشتعال بالا	تولید زباله‌های جامد سمی، ویسکوزیته بالا، کاهش اتمیزه شدن سوخت

1. Sustainable aviation fuel (SAF)

ادامه جدول ۱

نام گیاه (درصد روغن)	ویژگی‌ها	مزایا	معایب
جاتروفا (۳۴–۶۰)	بی‌رنگ پس از استخراج (تازه) و زرد کم‌رنگ پس از مدتی ماندن، مایع در دمای اتاق	پایداری بیودیزل به دست آمده در طول نگهداری، غیرخوراکی، عدد ستان بالا، پایداری اکسیداسیون بالا، ویسکوزیته پایین	خوردگی موتور به دلیل اسیدهای چرب آزاد، تولید زباله‌های جامد سمی، نقطه ابری شدن بالا، نامناسب در دمای پایین، ارزش اسیدی بالا
سویا (۱۲–۲۲)	رنگ تازه روشن و کم‌رنگ و رنگ تیره پس از نگهداری، مایع در دمای اتاق	بازده ۹۸٪ بیودیزل خام در روغن‌های تصفیه‌شده، پایداری حرارتی بالا، ویسکوزیته پایین	هزینه بالای تولید، ناپایدار بودن تولید بیودیزل در درازمدت، استفاده خوراکی، ارزش اسیدی بالا
آفتابگردان (۳۸–۵۰)	رنگ شفاف تصفیه شده، مایع در دمای اتاق	ویسکوزیته پایین	استفاده خوراکی، ناپایداری بیودیزل در درازمدت، ارزش اسیدی بالا
پالم (۱۸–۴۰)	نیمه جامد در دمای اتاق، رنگ مایل به قرمز و شفاف [بسته به منبع استخراج (خمیر یا هسته)]	بازده ۹۶٪ بیودیزل خام در روغن‌های تصفیه‌شده، قیمت ارزان، پایداری بالای اکسیداسیون، نسبت قابل قبول صابونی شدن، نقطه اشتعال بالا	نقطه ابری شدن بالا، ناپایداری تبدیل به بیودیزل در درازمدت، استفاده خوراکی
روغن پخت و پز استفاده شده	رنگ زرد تا قهوه‌ای تیره (بسته به فرآیند پخت)، مایع در دمای اتاق	نقطه ابری شدن پایین، سازگار با محیط زیست، قیمت پایین، غیرخوراکی، پایداری حرارتی بالا	نسبت بالای استریفیکاسیون اسیدی، نسبت بالای صابونی شدن، ارزش اسیدی بالا

(اقتباس از Osorio-González, et al., 2020)

نتیجه‌گیری

بیودیزل و بیوجت از مواد اولیه مختلف و به طور خاص روغن‌های گیاهی تولید می‌شوند؛ روغن گیاه کرچک، یک ماده اولیه مناسب برای تولید بیودیزل و بیوجت می‌باشد. از جمله مزایای روغن کرچک، امکان انجام ترانس استریفیکاسیون در دمای اتاق، قابل امتزاج در الکل و غیرخوراکی بودن است که آن را به گزینه‌ای مناسب برای تولید سوخت زیستی تبدیل می‌نماید. با توجه به روند رو به اتمام سوخت‌های فسیلی و همچنین مشکل گرمایش جهانی، تولید سوخت زیستی از روغن کرچک طیف وسیعی از مزایا را نشان می‌دهد.

منابع

Agarwal, O. P., Mohan, I. and Sansanwal, K. (2024). Beyond Fossil Fuels: Revolutionizing Transportation for a Sustainable World. *Journal of Resources, Energy and Development*, *21*(1and2), 1-17.

Aguirre, A., Peiru, S., Eberhardt, F., Vetcher, L., Cabrera, R. and Menzella, H.G. (2014). Enzymatic hydrolysis of steryl glucosides, major contaminants of vegetable oil-derived biodiesel. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *98*, 4033–4040.

Bauddh, K., Singh, K., Singh, B. and Singh, R.P. (2015). *Ricinus communis*: A robust plant for bio-energy and phytoremediation of toxic metals from contaminated soil. *Ecological engineering*, *84*, 640–652.

Bueno, A.V., Pereira, M.P.B., de Oliveira Pontes, J.V., de Luna, F.M.T. and Cavalcante, C.L. (2017) Performance and emissions characteristics of castor oil biodiesel fuel blends. *Applied Thermal Engineering*, *125*, 559–566.

Hajlari, S.A., Najafi, B. and Ardabili, S.F. (2019) Castor oil, a source for biodiesel production and its impact on the diesel engine performance. *Renewable Energy Focus*, *28*, 1–10.

Issariyakul, T. and Dalai, A.K. (2014) Biodiesel from vegetable oils. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *31*, 446–471.

Liu, C., and Li, Q. (2023). Air pollution, global warming and difficulties to replace fossil fuel with renewable energy. *Atmospheric and Climate Sciences*, *13*(4), 526-538.

McKeon, T.A. (2016) Castor (*Ricinus communis* L.). In *Industrial Oil Crops*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, pp. 75–112. ISBN 978-1-893997-98-1.

Molefe, M., Nkazi, D. and Mukaya, H.E. (2019). Method selection for biojet and biogasoline fuel production from castor oil: a review. *Energy & Fuels*, *33*(7), 5918-5932.

Osorio-González, C.S., Gómez-Falcon, N., Sandoval-Salas, F., Saini, R., Brar, S.K. and Ramírez, A.A. (2020). Production of biodiesel from castor oil: A review. *Energies*, *13*(10), 2467.

Industrial use of castor oil in the production of biodiesel and biojet

Farhad Habibzadeh[1*]
[1*]Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
[*]*Corresponding Author: habibzadeh_f@eng.ikiu.ac.ir*

Abstract

The production and use of biofuels as a substitute for fossil fuels has gained great value today, but its final price is higher than that of petroleum-derived fuels. This review article was prepared with the aim of investigating the industrial application of castor oil in the production of biodiesel and biojet by searching reputable scientific databases and analyzing and reviewing articles published between 2014 and 2024. Castor oil is an excellent raw material in terms of price and quality, especially since it is a non-edible vegetable oil and does not endanger food security. The use of castor oil, due to its high content of ricinoleic fatty acid and the possibility of esterification with methanol, results in low production costs. Biodiesel from castor oil has several advantages over conventional diesel; including the fact that it is non-toxic, renewable, can be used alone, and has low greenhouse gas emissions. The difference between biojet and biodiesel is that although both are biofuels and can be used in different types of engines, biojet fuel is specifically designed for use in jet engines. Castor oil can be converted into biojet fuel, which is a sustainable alternative to conventional jet fuel. Hydroprocessing of the oil is necessary to remove oxygen and convert it into hydrocarbons within the jet fuel range. Research is underway to optimize the process, including catalyst development and reaction conditions, to improve yields and increase efficiency. Producing biojet from castor oil offers a potential route to reducing greenhouse gas emissions from air travel.

Keywords: castor, fatty acid, fossil fuel, vegetable oil

اهمیت حفاظت و نگهداری گیاهان دارویی خارج از زیستگاه

فرهاد حبیب‌زاده[1*] و سعید حضرتی[2]

۱- گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز

*نویسنده مسئول: habibzadeh_f@eng.ikiu.ac.ir

چکیده

گیاهان دارویی و معطر منابع زیستی ارزشمندی هستند، ولی به طور فزاینده‌ای به دلیل رشد سریع جمعیت، بهره‌برداری بی‌رویه، تخریب محیط زیست، تجارت غیرقانونی و برداشت ناپایدار، با چالش‌های جدی مواجه می‌شوند. حفاظت از گونه‌های گیاهان دارویی، امری بسیار ضروری محسوب گردیده که به توجه و اقدام جدی نیازمند است. این مقاله مروری، با هدف بررسی روش‌های حفاظت و نگهداری گیاهان دارویی خارج از زیستگاه با جستجو در پایگاه‌های علمی معتبر و تحلیل و بررسی مقالات منتشرشده در سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۲۵ تهیه گردید. حفاظت خارج از رویشگاه به عنوان یک استراتژی حیاتی برای مهار از دست رفتن تنوع زیستی و حفاظت از میراث ژنتیکی گیاهان دارویی است. بانک‌های ژن، باغ‌های گیاهی و تکنیک‌های پیشرفته تکثیر، ابزارهای چندوجهی مورد استفاده برای محافظت از این گیاهان در برابر انقراض را فراهم می‌کنند. کشت گونه‌های دارویی در محیط‌های کنترل‌شده می‌تواند بسیار سودمند باشد. احداث باغ‌های گیاه‌شناسی و بانک‌های ژن، پناهگاهی را فراهم نموده که گونه‌ها را قادر به بقا و سازگاری می‌سازد. با توجه به اهمیت گیاهان دارویی برای سلامت انسان و محیط زیست، حفاظت از این گیاهان خارج از زیستگاه طبیعی یک امر ضروری است. با حفاظت و نگهداری گیاهان دارویی خارج از زیستگاه، ضمن بهره‌مندی از گیاهان دارویی، برای نسل‌های آینده نیز از آنها محافظت می‌نماییم. حفاظت گیاهان دارویی و معطر نه تنها از تنوع زیستی فعلی محافظت نموده، بلکه مرزهای جدیدی را برای تحقیق در مورد پتانسیل دارویی و کشت آنها باز می‌کند.

واژه‌های کلیدی: باغ گیاهشناسی، بانک ژن، پایداری، تنوع زیستی

مقدمه

حفاظت از گونه‌های گیاهان دارویی به دلیل نقش عمیق آنها در سلامت انسان و توسعه اقتصادی از اهمیت حیاتی برخوردار است. این گیاهان به عنوان پایه و اساس درمان بیماری‌های بی‌شماری عمل می‌کنند و عمیقاً در تار و پود سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی سنتی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه که دسترسی به پزشکی مدرن محدود است، تنیده شده‌اند. گیاهان دارویی فراتر از خواص درمانی خود، از اجزای کلیدی تنوع زیستی و از طریق تجاری‌سازی و ادغام در شیوه‌های پزشکی سنتی، از عوامل قدرتمند رشد اقتصادی پایدار هستند (Yeshiwas et al., 2019). با این حال، علیرغم اهمیت آنها، بسیاری از این گونه‌های ارزشمند در معرض تهدید هستند. برداشت بیش از حد، تخریب زیستگاه و تأثیرات گسترده تغییرات اقلیمی منجر به کاهش نگران‌کننده جمعیت‌های وحشی شده است. حفاظت نه تنها در مورد حفظ خود گیاهان است، بلکه در مورد حفاظت از سیستم‌های دانش سنتی است که به آنها وابسته هستند (Woldearegay and Teso, 2022). استراتژی‌های پایدار، از جمله رویکردهای حفاظت خارج از زیستگاه،

به طور فزاینده‌ای برای اطمینان از دسترسی نسل‌های آینده به این منابع طبیعی حیاتی هستند (Mbelebele et al., 2024). بسیاری از گیاهان دارویی، بومی هستند و دامنه جغرافیایی محدودی دارند که آنها را به ویژه در برابر برداشت ناپایدار و تغییرات محیطی آسیب‌پذیر می‌کند. حفظ این گیاهان برای حفاظت از تنوع ژنتیکی و تضمین دسترسی نسل آینده به صفات ارزشمند آنها ضروری است (Kasagana and Karumuri, 2011). صنعت داروسازی همچنین برای داروهای طبیعی و ترکیبات زیست‌فعال به شدت به این گونه‌ها وابسته است، که بسیاری از آنها فقط در گیاهان نادر یا کند رشد یافت می‌شوند (Shukla, 2023). علاوه بر این، تجارت غیرقانونی و بهره‌برداری بیش از حد، فشار زیادی بر جمعیت‌های وحشی وارد کرده است. کشت گونه‌های دارویی در محیط‌های کنترل‌شده می‌تواند به کاهش این فشار کمک نموده و از زنجیره‌های تأمین پایدار پشتیبانی کند (Rajakaruna et al., 2025). از آنجایی که تغییرات اقلیمی الگوهای دما و بارش را تغییر می‌دهد، باغ‌های گیاه‌شناسی و بانک‌های ژن پناهگاهی را ارائه می‌دهند که گونه‌ها را قادر به زنده ماندن و سازگاری می‌کند. حفاظت از این گیاهان نه تنها از تنوع زیستی فعلی محافظت نموده، بلکه مرزهای جدیدی را برای تحقیق در مورد پتانسیل دارویی و کشت آنها باز می‌کند. چنین تلاش‌هایی می‌تواند منجر به گونه‌های مقاوم‌تر و با ارزش تجاری شود و پیوند حیاتی بین حفاظت از تنوع زیستی و نوآوری در مراقبت‌های بهداشتی را تقویت کند (Woldearegay and Teso, 2022). با توجه به اهمیت گیاهان دارویی و تهدیدهایی که مواجه هستند، هدف از تهیه این مقاله مروری، بررسی راهکارها و روش‌های حفاظت و نگهداری گیاهان دارویی خارج از زیستگاه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مقاله در قالب مروری و کتابخانه‌ای، با هدف بررسی جامع در خصوص اهمیت و روش‌های حفاظت و نگهداری گیاهان دارویی خارج از زیستگاه تهیه شده است. در این مطالعه، با استفاده از واژه‌های کلیدی مربوطه در پایگاه‌های علمی معتبر به صورت سیستماتیک جستجو انجام شد و مقالات منتشرشده در بازه سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۲۵ در اولویت قرار گرفته و تحلیل و بررسی شدند.

روش‌های حفاظت و نگهداری گیاهان دارویی خارج از زیستگاه

۱- بانک‌های ژن

بانک‌های ژن، مناطق حفاظت‌شده‌ی ویژه‌ای هستند که برای حفظ گونه‌های گیاهی در معرض خطر و نادر در شرایطی که دقیقاً مشابه زیستگاه‌های طبیعی آنها است، طراحی شده‌اند. این رویکرد امکان حفظ تنوع ژنتیکی و در عین حال، امکان تکثیر و احیای بالقوه‌ی گونه‌های در معرض خطر را فراهم می‌کند (Yadav et al., 2024).

اهداف اصلی بانک‌های ژن، چندگانه هستند. هدف آنها حفاظت از گیاهان در معرض خطر با ایجاد محیط‌های مناسب برای جلوگیری از انقراض است (Dimitrova, 2016)؛ به عنوان مخازن ژنتیکی ارزشمند برای اصلاح نباتات، به ویژه برای توسعه‌ی گونه‌های بذر مقاوم در برابر تنش نقش داشته و از تحقیقات در مورد ژنتیک گیاهان، خواص دارویی و تکنیک‌های تکثیر پشتیبانی می‌کنند. علاوه بر این، این بانک‌های ژن نقش مهمی در ارتقای آگاهی در مورد حفاظت از گیاهان از طریق ابتکارات آموزشی ایفا می‌کنند (Shay et al., 2021).

در آسیا، تلاش‌ها برای حفظ گونه‌های دارویی توسط مجموعه‌ای از انگیزه‌های اکولوژیکی، فرهنگی و اقتصادی هدایت می‌شود. این قاره یک نقطه کانونی تنوع زیستی است که بیش از ۴۰ درصد از گونه‌های گیاهی و جانوری جهان را در خود جای داده است. گیاهان دارویی، به ویژه، نقش مهمی در حفظ پایداری اکوسیستم دارند. کاهش آنها می‌تواند

شبکه‌های غذایی را بی‌ثبات کرده و تعادل اکولوژیکی را مختل کند (Sekhar et al., 2024). بسیاری از گیاهان دارویی بومی هستند و دامنه جغرافیایی محدودی دارند که آنها را به ویژه در برابر برداشت ناپایدار و تغییرات محیطی آسیب‌پذیر می‌کند. حفظ آنها برای محافظت از تنوع ژنتیکی و تضمین دسترسی آینده به صفات ارزشمند آنها ضروری است (Kasagana & Karumuri, 2011). صنعت داروسازی نیز برای داروهای طبیعی و ترکیبات فعال زیستی به شدت به این گونه‌ها وابسته است، که بسیاری از آنها فقط در گیاهان نادر یا با رشد آهسته یافت می‌شوند. با تغییر الگوهای دما و بارش ناشی از تغییرات اقلیمی، بانک‌های ژن امکان بقا و سازگاری برای گونه‌ها را فراهم می‌کند (Sharma and Thokchom, 2014; Woldearegay and Teso, 2022; Shukla, 2023).

۲- باغ‌های گیاه‌شناسی و گیاهان دارویی

باغ‌های گیاه‌شناسی نقش محوری در حفاظت، تحقیق و آموزش دارند. با نگهداری مجموعه‌های زنده از طیف وسیعی از گونه‌های گیاهی، از جمله گونه‌های در معرض خطر، آنها بخش جدایی‌ناپذیری از تلاش‌های حفاظت از محیط زیست هستند. این باغ‌ها نه تنها از تنوع زیستی محافظت نموده، بلکه به آموزش عمومی در مورد اهمیت تنوع گیاهی و امنیت غذایی نیز کمک قابل توجهی می‌کنند. بسیاری از باغ‌های گیاه‌شناسی دارای بانک‌های بذر هستند و در برنامه‌های معرفی مجدد شرکت می‌کنند و به احیای گونه‌های در معرض خطر به زیستگاه‌های طبیعی خود کمک می‌کنند (O'Donnell and Sharrock, 2018; Heywood, 2017). علاوه بر این، آنها برای حفظ خویشاوندان وحشی محصولات کشاورزی ضروری هستند، که به طور فزاینده‌ای برای افزایش تنوع زیستی کشاورزی و تضمین امنیت غذایی در مواجهه با تغییرات اقلیمی حیاتی شناخته می‌شوند. باغ‌های گیاهان دارویی، مراکز تخصصی هستند که اغلب در مقیاس کوچک‌تر، به تحقیق، آموزش و حفاظت از گونه‌های خاص گیاهان دارویی اختصاص داده شده‌اند. این مجموعه‌های زنده که شامل انواع گیاهان دارویی و معطر هستند، نقش مهمی در حفاظت از گونه‌های نادر دارند. آن‌ها به جلوگیری از انقراض گونه‌های نادر کمک می‌کنند، مطالعه خواص دارویی را تسهیل نموده و شیوه‌های کشت پایدار را ترویج می‌دهند. با حفاظت از این گیاهان ارزشمند، باغ‌های گیاهان دارویی هم به حفظ تنوع زیستی و هم به پیشرفت تحقیقات دارویی کمک می‌کنند (Mounce et al., 2017).

۳- روش‌های پیشرفته تکثیر و کشت

تکثیر جنسی شامل استفاده از بذر برای تولید نسل‌های جدید گیاه است که نقش مهمی در حفظ تنوع ژنتیکی ایفا می‌کند. تکثیر غیرجنسی شامل روش‌هایی مانند قلمه زدن، پیوند زدن و کشت بافت است که برای حفظ ویژگی‌های خاص گیاه ارزشمند هستند (Islam et al., 2023). کشت بافت، یک تکنیک پیشرفته بوده که امکان تکثیر را در شرایط کنترل‌شده فراهم می‌کند، به‌ویژه برای گونه‌هایی که تکثیر آنها از طریق بذر دشوار است. تکثیر از طریق ریزوم و پیاز برای گیاهانی با سیستم ریشه‌ای خاص استفاده می‌شود و تداوم ویژگی‌های بیولوژیکی منحصر به فرد آنها را تضمین می‌کند (Idowu et al., 2009). ایستگاه‌های تحقیقاتی، سازگاری گیاهان را مطالعه نموده و نیازهای آب، دما، نور و خاک را برای تعیین شرایط رشد بهینه در محیط‌های مختلف بررسی می‌کنند (Rybas, 2016). آنها با استفاده از روش‌های بیولوژیکی و ارگانیک، استراتژی‌های مدیریت پایدار آفات و بیماری‌ها را برای به حداقل رساندن اثرات زیست‌محیطی توسعه می‌دهند (Kim et al., 2023). علاوه بر این، آنها بر بهبود عملکرد و کیفیت، افزایش ترکیبات شیمیایی گیاهان دارویی، مانند اسانس‌ها و ترکیبات درمانی، و در عین حال افزایش بهره‌وری کلی، تمرکز دارند (Rajareddy et al., 2024).

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت گیاهان دارویی برای سلامت انسان و محیط زیست، حفاظت از این گیاهان خارج از زیستگاه طبیعی یک امر ضروری است. حفاظت از گیاهان دارویی خارج از زیستگاه طبیعی به این شکل است که در محیط‌های کنترل‌شده‌ای مانند بانک‌های ژن، باغ‌های گیاه‌شناسی و استفاده از روش‌های پیشرفته تکثیر و کشت (از جمله کشت بافت)، به حفظ تنوع ژنتیکی گیاهان دارویی و جلوگیری از انقراض آنها در اثر عوامل مختلف مانند تغییرات اقلیمی و تخریب زیستگاه کمک شود. با انجام اقدامات مناسب، ضمن بهره‌مندی از گیاهان دارویی، برای نسل‌های آینده نیز از این گیاهان محافظت می‌نماییم.

منابع

Dimitrova, D. (2016). Global Strategy for plant conservation. *Phytologia Balcanica*, *22*(2).

Heywood, V.H. (2017). The future of plant conservation and the role of botanic gardens. *Plant Diversity*, *39*(6), 309-313.

Idowu, P.E., Ibitoye, D.O and Ademoyegun, O.T. (2009). Tissue culture as a plant production technique for horticultural crops. *African Journal of Biotechnology*, *8*(16).

Islam, S., Hui, M., and Wei, H. (2023). Mechanisms of Plant Reproduction: A Comparative Analysis of Sexual and Asexual Methods in Various Plant Species.

Kasagana, V.N., and Karumuri, S.S. (2011). Conservation of medicinal plants (past, present & future trends). *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, *3*(8), 1378.

Kim, T., Park, H., Baek, J., Kim, M., Im, D., Park, H. and Shin, D. (2023). Enhancement for Greenhouse Sustainability Using Tomato Disease Image Classification System Based on Intelligent Complex Controller. *Sustainability*, *15*(23), 16220.

Mbelebele, Z., Mdoda, L., Ntlanga, S.S., Nontu, Y. and Gidi, L.S. (2024). Harmonizing traditional knowledge with environmental preservation: Sustainable strategies for the conservation of Indigenous medicinal plants (IMPs) and their implications for economic well-being. *Sustainability*, *16*(14), 5841.

Mounce, R., Smith, P. and Brockington, S. (2017). Ex situ conservation of plant diversity in the world's botanic gardens. *Nature Plants*, *3*(10), 795-802.

O'Donnell, K. and Sharrock, S. (2018). Botanic gardens complement agricultural gene bank in collecting and conserving plant genetic diversity. *Biopreservation and Biobanking*, *16*(5), 384-390.

Rajakaruna, R.W.M.T.N., Yakandawala, D.M.D. and Jayasuriya, K.M.G.G. (2025). Preserving Sri Lanka's indigenous healing heritage: An updated checklist of medicinal plants and conservation priorities. *Ceylon Journal of Science*, *54*(1).

Rajareddy, G., Alekhya, G., Kasa, K.R., Dasari, G., Reddy, K. S. and Reddy, K.S. (2024). Nutrient strategies for Pest Resilience in plants: a review. *International Journal of Environment and Climate Change*, *14*(5), 279-291.

Rybas, I.A. (2016). Breeding grain crops to increase adaptability. *Agricultural biology*, *51*(5), 617-626.

Sekhar, P.R., Savithri, Y., Kavitha, N. and Kumari, D.A. (2024). Role of biodiversity and its importance in sustainable development: A comprehensive review. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, *45*, 184-188.

Sharma, S. and Thokchom, R. (2014). A review on endangered medicinal plants of India and their conservation. *Journal of Crop and Weed*, *10*(2), 205–218.

Shay, J.E., Pennington, L.K., Mandussi Montiel-Molina, J.A., Toews, D.J., Hendrickson, B.T. and Sexton, J.P. (2021). Rules of plant species ranges: Applications for conservation strategies. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *9*, 700962.

Shukla, S.K. (2023). Conservation of medicinal plants: challenges and opportunities. *Journal of Medicinal Botany*, *7*, 5-10.

Woldearegay, M. and Teso, M. (2022). Medicinal Plants of Ethiopia: Conservation, Traditional Knowledge, and Sustainable Use. *Ecological Insights*, *4*(1).

Yadav, B., Pandit, D.L., Banjade, D., Mehata, D.K., Bhattarai, S., Bhandari, S. and Paudel, P. (2024). Insights into the germplasm conservation and utilization: Implications for sustainable agriculture and future crop improvement. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, *9*(1), 180-193.

Yeshiwas, Y., Tadele, E. and Tiruneh, W. (2019). The dynamics of medicinal plants utilization practice nexus its health and economic role in Ethiopia: a review paper. *International Journal of biodiversity and conservation*, *11*(1), 31-47.

The importance of *ex-situ* conservation of medicinal plants

Farhad Habibzadeh[1*], Saeid Hazrati[2]
[1*]Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
[2]Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
[*]*Corresponding Author: habibzadeh_f@eng.ikiu.ac.ir*

Abstract

Medicinal and aromatic plants are valuable biological resources, but they are increasingly facing serious challenges due to rapid population growth, overexploitation, environmental degradation, illegal trade, and unsustainable harvesting. Conservation of medicinal plant species is an urgent issue that requires serious attention and action. This review article aims to examine the methods of ex situ conservation and management of medicinal plants by searching reputable scientific databases and analyzing and reviewing articles published between 2009 and 2025. Ex situ conservation is a vital strategy to curb biodiversity loss and protect the genetic heritage of medicinal plants. Gene banks, botanical gardens, and advanced propagation techniques provide multifaceted tools used to protect these plants from extinction. Cultivation of medicinal species in controlled environments can be very beneficial. The establishment of botanical gardens and gene banks provides a refuge that enables species to survive and adapt. Given the importance of medicinal plants for human health and the environment, the conservation of these plants outside their natural habitat is essential. By conserving and preserving medicinal plants outside their natural habitat, we not only benefit from medicinal plants, but also protect them for future generations. Conservation of medicinal and aromatic plants not only protects current biodiversity, but also opens new frontiers for research into their medicinal potential and cultivation.

Keywords: biodiversity, botanical garden, gene bank, sustainability

ارزیابی بیوانفورماتیکی و داکینگ مولکولی ترکیبات زیست‌فعال گیاه *Salvia hydrangea* علیه اهداف کلیدی در آفت *Phthorimaea operculella*

نیره اکبری*[۱]، شایان شیرازیان [۲]، مریم‌السادات گازری [۳]

۱- دکتری گیاه پزشکی، پژوهشگر مستقل

۲- کارشناسی ارشد بیوانفورماتیک، دانشگاه علم و فرهنگ

۳- کارشناسی ارشد زیست فناوری میکروبی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پزشکی تهران

*نویسنده مسئول: nayereh.akbari@gmail.com

چکیده

گیاه *Salvia hydrangea* به دلیل دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال متنوع، به عنوان منبع بالقوه‌ای برای توسعه آفت‌کش‌های گیاه‌پایه مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش، چهار ترکیب اصلی شامل ۱،۸-سینئول (*1’8-Cineole*)، کامفور (*Camphor*)، اسپاتولنول (*Spathulenol*) و اسید اورسولیک (*Ursolic Acid*) بر اساس داده‌های پایگاه‌های PubChem، ChEBI، KEGG Compound و PlantCyc انتخاب شدند. پیش‌بینی اهداف زیستی با استفاده از SwissTargetPrediction انجام شد و آنزیم‌های استیل‌کولین‌استراز (AChE) و سیتوکروم P450 (CYP450) به عنوان اهداف کلیدی شناسایی گردیدند. با توجه به فقدان داده‌های ساختاری از این آنزیم‌ها در Phthorimaea operculella، مدل‌سازی همولوژی بر اساس توالی‌های استخراج‌شده از گونه Spodoptera frugiperda توسط SWISS-MODEL انجام گرفت. داکینگ مولکولی با نرم‌افزار PyRx و موتور AutoDock Vina نشان داد که اسپاتولنول و اسید اورسولیک بیشترین تمایل اتصال را به AChE (-5.5 kcal/mol) دارند، در حالی که سینئول و کامفور بیشترین تمایل را به CYP450 (-5.2 kcal/mol) نشان دادند. تحلیل مسیرهای زیستی در KEGG تأیید کرد که مهار AChE باعث اختلال در انتقال عصبی و مهار CYP450 موجب کاهش توانایی سم‌زدایی در آفت می‌شود.

هدف این پژوهش، شناسایی و ارزیابی برهم‌کنش‌های مولکولی ترکیبات زیست‌فعال منتخب *Salvia hydrangea* با آنزیم‌های کلیدی acetylcholinesterase (AChE) و cytochrome P450 (CYP450) در آفت *Phthorimaea operculella* با استفاده از رویکردهای بیوانفورماتیکی و داکینگ مولکولی است.

واژه‌های کلیدی: استیل‌کولین‌استراز (AChE)، بیوانفورماتیک گیاهی، داکینگ مولکولی، سیتوکروم P450، کنترل زیستی آفات

مقدمه

در عصر کشاورزی هوشمند، نیاز به جایگزینی پایدار و زیست‌سازگار برای آفت‌کش‌های شیمیایی رایج بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود. رویکردهای مبتنی بر بیوانفورماتیک و شیمی محاسباتی، امکان پیش‌بینی اثر زیستی ترکیبات طبیعی را بدون نیاز به مراحل پرهزینه‌ی آزمایشگاهی فراهم کرده‌اند (İstifli, 2021; Schwartz et al., 2025). استفاده از متابولیت‌های ثانویه گیاهی، به‌ویژه ترکیباتی که بین گیاهان و حشرات همگرایی زیستی دارند، در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (Beran et al., 2019).

گیاه اروانه *(Salvia hydrangea)* به‌عنوان یکی از گونه‌های بومی ایران با سابقه مصرف دارویی، دارای طیف متنوعی از ترکیبات فنولی، ترپنوییدی و مونوترپن‌ها است که ممکن است دارای عملکرد بازدارندگی در برابر آنزیم‌های کلیدی آفات کشاورزی باشند. در مطالعات اخیر، استفاده از روش‌های داکینگ و مدل‌سازی مولکولی برای بررسی مهارکننده‌های آنزیمی در آفات، مانند تری‌هالاز یا پروتئین‌های گوارشی، نتایج نویدبخشی داشته است (Neyman et al., 2024; Pothula et al., 2019).

بید سیب‌زمینی (*Phthorimaea operculella*)، از مخرب‌ترین آفات غده سیب‌زمینی، به دلیل مقاومت فزاینده در برابر بسیاری از سموم رایج، نیازمند رویکردهای نوآورانه برای کنترل زیستی است. در این مطالعه، ترکیبات شاخص *S. hydrangea* با استفاده از پایگاه‌های PubChem، ChEBI، KEGG Compound و PlantCyc شناسایی و ساختار سه‌بعدی آن‌ها آماده‌سازی شد. سپس، پیش‌بینی اهداف زیستی با SwissTargetPrediction، مدل‌سازی ساختاری پروتئین‌های هدف با SWISS-MODEL، و تحلیل تعاملات لیگاند–پروتئین از طریق PyRx و موتور AutoDock Vina انجام گرفت. مسیرهای زیستی مرتبط نیز با پایگاه KEGG Pathway تحلیل و موقعیت عملکردی اهداف در شبکه‌های زیستی مشخص گردید.

مواد و روش‌ها

۱. استخراج ترکیبات زیست‌فعال از *Salvia hydrangea*

برای شناسایی ترکیبات مؤثره‌ی موجود در *Salvia hydrangea*، ابتدا منابع علمی و پایگاه‌های داده‌ی متابولیتی مورد بررسی قرار گرفتند. پایگاه‌هایی نظیر PubChem، ChEBI، KEGG Compound و PlantCyc جهت بازیابی ساختارهای شیمیایی، کلاس ترکیبات، مسیرهای متابولیکی، و کدهای مرتبط به آنزیم‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. تمرکز اصلی بر ترکیباتی بود که در مطالعات فیتوشیمیایی پیشین به‌عنوان اجزای غالب اسانس گیاه گزارش شده‌اند، از جمله: مونوترپن‌ها مانند سینئول (Cineole-۱،۸) و کامفور (Camphor)، سسکوئی‌ترپن‌ها مانند اسپاتولنول (Spathulenol)، تری‌ترپنوئیدهایی مانند اسید اورسولیک (Ursolic Acid)، ترکیبات فنولی استخراج‌شده از عصاره‌های قطبی. ساختار سه‌بعدی این ترکیبات با استفاده از PubChem در قالب فایل‌های .sdf و SMILES دانلود شده و جهت استفاده در مراحل داکینگ، به فرمت مناسب .pdbqt تبدیل شد. برای بهینه‌سازی هندسی و افزودن هیدروژن‌های قطبی، از ابزار Open Babel استفاده گردید.

۲. پیش‌بینی اهداف زیستی با استفاده از SwissTargetPrediction

جهت شناسایی اهداف پروتئینی احتمالی برای هر ترکیب، از پلتفرم SwissTargetPrediction استفاده شد. این سامانه با بهره‌گیری از مقایسه‌ی شباهت ساختاری دوبعدی و سه‌بعدی با مجموعه‌ای از لیگاندهای شناخته‌شده، پروتئین‌های هدف را در گونه‌های مرجع (انسان و جوندگان) پیش‌بینی می‌کند. اگرچه هدف اصلی پژوهش تمرکز بر عملکرد در *Phthorimaea operculella* بود، به‌دلیل محدودیت در داده‌های اختصاصی، از این ابزار به‌عنوان مرحله غربالگری اولیه استفاده گردید. پس از بارگذاری ساختار ترکیبات، لیستی از اهداف با مقدار احتمال (Probability Score) بالاتر از ۰،۰۴ استخراج شد. این شاخص، یک عدد بین صفر تا یک است که بیانگر احتمال تعامل ترکیب با هدف زیستی در مدل پیش‌بینی SwissTargetPrediction بوده و واحد فیزیکی ندارد؛ به‌گونه‌ای که مقدار ۱ بیانگر اطمینان کامل و مقدار نزدیک به صفر بیانگر احتمال بسیار کم تعامل است. در اکثر موارد، اهداف مشترک و کلیدی

استیل‌کولین‌استراز (AChE) آنزیم کلیدی در چرخه انتقال عصبی کولینرژیک و سیتوکروم P450 (CYP450) مجموعه‌ای از آنزیم‌های دخیل در متابولیسمxenobiotic ، سم‌زدایی و مقاومت آفات، مشاهده شدند.

۳. استخراج و مدل‌سازی پروتئین‌های هدف

با توجه به نبود داده‌های ساختاری برای *Phthorimaea operculella*، از پروتئین‌های همولوگ در گونه‌های نزدیک مانند *Spodoptera frugiperda* استفاده شد. توالی آمینواسیدی آنزیم‌های مورد نظر از پایگاه UniProt با کلیدواژه‌های زیر استخراج گردید:

"acetylcholinesterase *Spodoptera frugiperda*" → UniProt ID: A0A9R0CV65
"cytochrome P450 *Spodoptera frugiperda*" → UniProt ID: S4VGT4

توالی‌ها در فرمتfasta ذخیره شده و به پلتفرم SWISS-MODEL منتقل شدند. پس از جستجو و تطبیق با الگوهای ساختاری (Templates) دارای بالاترین درصد تشابه توالی، مدل‌های سه‌بعدی ساخته شدند. مدل‌های منتخب دارای مقادیر GMQE > 0.85 و QMEANDisCo Global > 0.6 بوده و برای داکینگ پذیرفته شدند.

۴- آماده‌سازی و اجرای داکینگ مولکولی

ساختارهای سه‌بعدی پروتئین‌ها (در فرمت PDB) و لیگاندها پس از بهینه‌سازی، با استفاده از PyRx 0.8 که به موتور AutoDock Vina متصل است، برای داکینگ آماده شدند.

- مراحل انجام داکینگ:

- حذف آب، افزودن هیدروژن قطبی و تبدیل ساختار پروتئین به pdbqt.
- تبدیل لیگاندهای گیاهی به pdbqt.پس از هندسه بهینه‌شده
- تعیین Grid Box برای پوشش جایگاه فعال؛ در صورت نامشخص بودن جایگاه، حالت Auto-Center در PyRx فعال شد
- اجرای داکینگ برای هر ترکیب با پارامترهای پیش‌فرض(Vina (Exhaustiveness=8, Modes=10
- ثبت مقادیر Binding Affinity (انرژی اتصال) و ذخیره‌ی بهترین مود(Mode 0)

۵. تحلیل مسیرهای زیستی و نقشه‌هایKEGG

جهت تحلیل عملکرد سیستمی و اثر نهایی ترکیبات در سطح مسیرهای زیستی، از نقشه‌های مرجع KEGG Pathwayاستفاده شد. کدهای عملکردی به‌دست آمده شامل:

AChE → K01049: نقشه ۰۴۷۲۵ (Cholinergic synapse)

CYP450 → K07418: نقشه ۰۰۹۸۲ (Drug metabolism - cytochrome P450)

با استفاده از ابزارKEGG Mapper، مکان دقیق این آنزیم‌ها در نقشه مشخص شده و در نرم‌افزار طراحی مانند Illustrator، ترکیبات هدف‌گذاری‌شده به صورت گرافیکی مشخص شدند.

نتایج و بحث

نتایج داکینگ مولکولی نشان داد که از میان ترکیبات بررسی‌شده از *Salvia hydrangea*، اسید اورسولیک و اسپاتولنول بیشترین تمایل اتصال به استیل‌کولین‌استراز (AChE) را با انرژی ۵٫۵– kcal/mol داشتند، در حالی که سینئول و کامفور تمایل بیشتری به سیتوکروم P450 (CYP450) با انرژی ۵٫۲– kcal/mol نشان دادند. این نتایج با مطالعات پیشین در خصوص نقش ترکیبات ترپنوییدی در مهار آنزیم‌های کلیدی حشرات همخوانی دارد. به‌عنوان مثال، اثر مهارکنندگی اسید اورسولیک بر AChE در گونه‌های مختلف حشرات گزارش شده و به‌عنوان یکی از مکانیزم‌های اصلی القای اثرات نوروتوکسیک شناخته می‌شود. از سوی دیگر، ارتباط مونوترپن‌هایی مانند ۱،۸-سینئول و کامفور با مهار سیتوکروم‌های P450 و ایجاد اختلال در مسیرهای سم‌زدایی نیز پیش‌تر گزارش شده است (Scalerandi et al., 2018). مهار CYP450 می‌تواند منجر به کاهش کارایی آفت در متابولیزه‌کردن ترکیبات خارجی (xenobiotics) و افزایش حساسیت آن به ترکیبات سمی گردد، که این موضوع در مطالعات مروری اخیر نیز به‌عنوان یکی از مکانیسم‌های مهم مقاومت یا حساسیت حشرات به آفت‌کش‌ها مورد توجه قرار گرفته است (Nauen et al., 2022; Scalerandi et al., 2018). تحلیل فضایی برهم‌کنش‌ها بیانگر اتصال پایدار لیگاندها به نواحی فعال پروتئین‌ها بود. مسیرهای زیستی استخراج‌شده از KEGG نیز این یافته‌ها را تأیید کردند، به‌طوری‌که مهار AChE می‌تواند باعث اختلال در انتقال عصبی شده و مهار CYP450 منجر به کاهش توانایی آفت در سم‌زدایی گردد. این نتایج پتانسیل ترکیبات مورد بررسی را برای توسعه آفت‌کش‌های گیاه‌پایه با دو مکانیسم عملکرد مکمل تقویت می‌کند.

Interpretation	Binding Affinity (kcal/mol)	Target Protein	Compound
Moderate binding to detox enzyme	–5.2	CYP450	1,8-Cineole
Moderate binding to detox enzyme	–5.2	CYP450	Camphor
Strong binding to neurotarget	–5.5	AChE	Spathulenol
Strong binding to neurotarget	–5.5	AChE	Ursolic Acid

توضیح درباره واحد و دلیل منفی بودن مقدار Binding Affinity

Binding Affinity برحسب کیلوکالری بر مول (kcal/mol) بیان شده و مقدار منفی به این معنی است که اتصال لیگاند به پروتئین از نظر ترمودینامیکی خودبه‌خودی (spontaneous) است و هر چه این عدد منفی‌تر باشد، پیوند قوی‌تر و پایدارتر است.

نتیجه‌گیری کلی

اسپاتولنول و اسید اورسولیک به‌عنوان مهارکننده‌های قوی آنزیم استیل‌کولین‌استراز (AChE) شناسایی شدند، در حالی که ۱،۸-سینئول و کامفور اثر مهارکنندگی متوسطی بر سیتوکروم P450 (CYP450) نشان دادند. این نتایج بیانگر وجود یک مکانیسم دوگانه و مکمل است که هم مسیرهای عصبی را هدف قرار می‌دهد و هم مقاومت متابولیکی آفات را کاهش می‌دهد و می‌تواند به توسعه آفت‌کش‌های گیاه‌پایه با کارایی بالا کمک کند.

منابع

Beran, F., Köllner, T. G., Gershenzon, J., & Tholl, D. (2019). Chemical Convergence Between Plants and Insects: Biosynthetic Origins and Functions of Common Secondary Metabolites. *New Phytologist*, *223*(1), 52-67. https://doi.org/10.1111/nph.15718

İstifli, E. S. (2021). Chemical Composition, Antioxidant and Enzyme Inhibitory Activities of Onosma Bourgaei and Onosma Trachytricha and in Silico Molecular Docking Analysis of Dominant Compounds. *Molecules*, *26*(10), 2981. https://doi.org/10.3390/molecules26102981

Nauen, R., Bass, C., Feyereisen, R., & Vontas, J. (2022). The Role of Cytochrome P450s in Insect Toxicology and Resistance. *Annual Review of Entomology*, *67*(1), 105-124. https://doi.org/10.1146/annurev-ento-070621-061328

Neyman, V., Quicray, M., Francis, F., & Michaux, C. (2024). Toxicological, Biochemical, and in Silico Investigations of Three Trehalase Inhibitors for New Ways to Control Aphids. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, *115*(4). https://doi.org/10.1002/arch.22112

Pothula, R., Shirley, D., Perera, O. P., Klingeman, W. E., Oppert, C., Abdelgaffar, H., Johnson, B. R., & Jurat-Fuentes, J. L. (2019). The Digestive System in Zygentoma as an Insect Model for High Cellulase Activity. *Plos One*, *14*(2), e0212505. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212505

Scalerandi, E., Flores, G. A. M., Palacio, M., Defagó, M. T., Carpinella, M. a. C., Valladares, G., Bertoni, A. O., & Palacios, S. M. (2018). Understanding Synergistic Toxicity of Terpenes as Insecticides: Contribution of Metabolic Detoxification in Musca Domestica. *Frontiers in Plant Science*, *9*. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01579

Schwartz, R., Hadar-Volk, A., Nam, K., & Major, D. T. (2025). Template-Based Docking Using Automated Maximum Common Substructure Identification With EnzyDock: Mechanistic and Inhibitor Docking. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *65*(11), 5596-5611. https://doi.org/10.1021/acs.jcim.5c00201

In Silico Evaluation of Bioactive Compounds from *Salvia hydrangea* Targeting Key Enzymes in *Phthorimaea operculella*: A Molecular Docking and Pathway-Based Approach

Nayereh Akbari*[1], Shayan Shorazian[2], Maryam Alsadat Gazerey[3]
1. PhD in Phytomedicine, Independent Researcher
2. Master of Science in Bioinformatics, University of Science and Culture
3. Master of Science in Microbial Biotechnology, Islamic Azad Unviversity, Medical Sciences Branch, Tehran
*Corresponding Author: nayereh.akbari@gmail.com

Abstract

In the pursuit of eco-friendly and precision-based pest control strategies, plant-derived compounds are gaining attention as sustainable alternatives to synthetic insecticides. This study employed a bioinformatics-based approach to investigate the potential bioactivity of selected phytochemicals from *Salvia hydrangea* against key enzymatic targets in *Phthorimaea operculella*, a major pest of potato crops. Four major constituents 1,8-cineole, camphor, spathulenol, and ursolic acid were selected based on phytochemical databases and literature. SwissTargetPrediction was used to identify likely protein targets, revealing acetylcholinesterase (AChE) and cytochrome P450 (CYP450) as primary candidates. Due to the absence of target protein data for *P. operculella*, homologous sequences from *Spodoptera frugiperda* were modeled using SWISS-MODEL. Molecular docking performed via PyRx (AutoDock Vina) showed strong binding affinities between spathulenol and AChE (–5.5 kcal/mol), and between cineole/camphor and CYP450 (–5.2 kcal/mol). KEGG pathway analysis confirmed the functional roles of these enzymes in neurotransmission and xenobiotic detoxification, respectively. These findings suggest that *S. hydrangea* may serve as a promising source of dual-action phytochemicals for neuro-disruption and metabolic interference in insect pest management.

Keywords: Salvia hydrangea, molecular docking, acetylcholinesterase, cytochrome P450, bioinformatics, *Phthorimaea operculella*

مروری بر نقش آلیسین در مهار مسیر NF-κB در دیابت نوع ۲

رقیه عبادی مقدم علی خلج[*1]، مهتاب اصغرزاده علمداری[2]، امید وجدان دوست اهرابی[3]

۱- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

۲- گروه زیست‌شناسی گیاهی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳- گروه زیست‌شناسی، موسسه اموزش عالی سراج، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: emroghayye@gmail.com

چکیده

دیابت نوع ۲ یکی از معضلات سلامت در جهان، به دلیل مقاومت به انسولین عوارض متابولیکی را از طریق مسیرهای متعدد از جمله NF-κB ایجاد می‌کند. با توجه به پاسخ‌های درمانی محدود نسبت به این مسیر، استفاده از ترکیبات طبیعی و چندهدفه همچون آلیسین، ترکیب فعال موجود در سیر، مورد توجه قرار گرفته است. این مطالعه‌ی مروری با هدف بررسی مطالعات موجود درباره‌ی اثرات آلیسین بر مهار مسیر NF-κB در دیابت نوع ۲ انجام شده است. بر اساس مطالعات پیش‌بالینی مرورشده، آلیسین با مهار فسفوریلاسیون IκBα، جلوگیری از جابه‌جایی p65 به هسته، و کاهش بیان سایتوکاین‌های التهابی مانند TNF-α و IL-6، مسیر NF-κB را به‌طور مستقیم مهار می‌کند. همچنین با فعال‌سازی مسیر آنتی‌اکسیدانی Nrf2/HO-1، به‌صورت غیرمستقیم موجب کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب می‌شود. شواهد حاصل از مدل‌های حیوانی و مطالعات مکمل نشان می‌دهد که آلیسین، علاوه بر خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی، قادر است سطح گلوکز خون را تنظیم کرده و در پیشگیری و مدیریت نفروپاتی دیابتی نقش مؤثری ایفا کند. همچنین، این ترکیب موجب بهبود شاخص‌های عملکرد کلیوی، کاهش فیبروز و تنظیم فشار خون در مدل‌های دیابت نوع ۲ شده است. نتایج موجود حاکی از آن است که آلیسین ترکیبی مؤثر در مهار مسیر التهابی NF-κB در دیابت نوع ۲ است؛ با این حال، به‌دلیل محدودیت مطالعات انسانی، انجام کارآزمایی‌های بالینی بیشتر به‌منظور ارزیابی اثربخشی و ایمنی این ترکیب به‌عنوان گزینه‌ای برای درمان مکمل در دیابت نوع ۲ ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: التهاب، آلیسین، دیابت، ضدالتهاب، مکانیسم

مقدمه

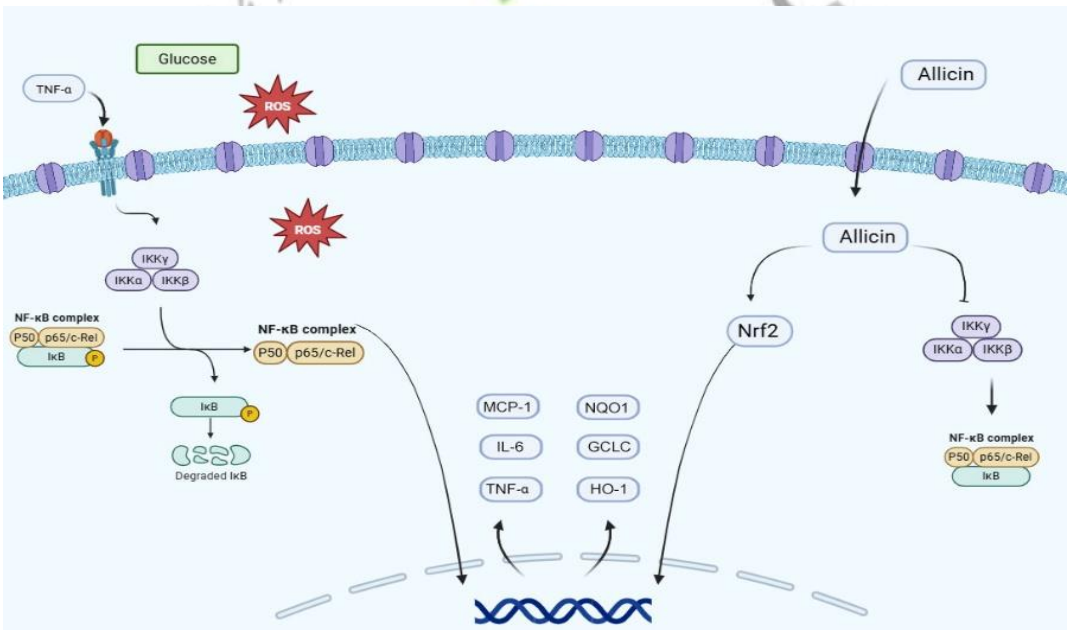
دیابت نوع ۲ که شایع‌ترین نوع بیماری دیابت را تشکیل می‌دهد، ناشی از مقاومت به انسولین یا نقص ترشح آن بوده و منجر به افزایش قند خون می‌شود. بیماران دیابتی بیشتر مستعد عفونت‌های تنفسی، ادراری و پوستی هستند و پاسخ درمانی ضعیف‌تر، هزینه‌های بالاتر و عوارض طولانی مدت دارند. همچنین، دیابت باعث بروز بیماری‌های قلبی-عروقی، نارسایی کلیه، نابینایی و نوروپاتی می‌شود. فاکتورهای التهابی و مسیرهای پیش‌التهابی مانند NF-κB نقش مهمی در ایجاد این عوارض ایفا می‌کنند (Davari et al., 2020).

Allium sativum یک گیاه علفی یک ساله و از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین گیاهان دارویی به شمار می‌رود که از زمان‌های قدیم به عنوان داروی سنتی مورد استفاده قرار می‌گرفته است. آلیسین [S-(۲-پروپنیل)-۲-پروپن-۱-سولفینوتیوات] فعال‌ترین ترکیب بیولوژیکی حاوی گوگرد در سیر بوده و مسئول بو و طعم آن می‌باشد (Mejía Delgado et al., 2025).

هدف اصلی این مقاله، بررسی اطلاعات علمی موجود در مورد تاثیرات مستقیم و غیرمستقیم ماده آلیسین بر مسیر NF-κB در بیماری دیابت نوع ۲ می‌باشد.

مکانیسم‌های مولکولی مهار مسیر التهابی NF-κB توسط آلیسین

مسیر سیگنالینگ NF-κB یکی از محورهای اصلی در تنظیم پاسخ‌های التهابی، ایمنی و استرس اکسیداتیو در سلول‌های یوکاریوتی است. در شرایط فیزیولوژیک، NF-κB به‌صورت غیرفعال در سیتوپلاسم و متصل به مهارکننده IκBα قرار دارد، اما در پاسخ به محرک‌هایی مانند LPS، ROS یا TNF-α، با فسفریلاسیون و تخریب IκBα، زیرواحد فعال p65 به هسته منتقل شده و رونویسی ژن‌های التهابی را آغاز می‌کند (Mejía Delgado et al., 2025). التهاب مزمن و افزایش ROS باعث آسیب بافتی و مقاومت به انسولین می‌شود. آلیسین، ترکیب فعال سیر، با مهار مسیر NF-κB از تولید واسطه‌های التهابی نظیر TNF-α، IL-6، COX-2 و VCAM-1 جلوگیری می‌کند. طبق شکل۱، آلیسین با فعال‌سازی مسیر آنتی‌اکسیدانی Nrf2/HO-1 و کاهش ROS، مهار NF-κB را به‌طور غیرمستقیم تقویت کرده و تنظیم متقابل مسیر NF-κB/Nrf2، استرس اکسیداتیو و التهاب را کاهش می‌دهد، این اثرات هم‌افزا، آلیسین را به مهارکننده‌ای مؤثر در بیماری‌های التهابی، متابولیک و سرطانی بدل کرده‌اند (Bhol et ;al., 2024) (Mejía Delgado et al., 2025



شکل ۱. مقایسه مسیرهای سیگنال‌دهی در دیابت نوع ۲ در حضور آلیسین و در شرایط طبیعی. آلیسین از طریق فعال‌سازی Nrf2 و مهار NF-κB موجب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، کاهش التهاب مزمن، و حفظ هموستاز سلولی می‌شود.

آثار بیولوژیک پیش‌بالینی آلیسین در مهار التهاب و نفروپاتی دیابت نوع ۲

مطالعات پیش‌بالینی و متاآنالیزهای اخیر شواهد قابل‌توجهی در حمایت از اثرات محافظتی سیر و ترکیبات مشتق‌شده از آن، به‌ویژه آلیسین، در مدل‌های حیوانی نفروپاتی دیابتی (DKD) ارائه داده‌اند. مرور سیستماتیک Jiang و همکاران (۲۰۲۳، ۲۰۲۴) نشان داد آلیسین و ترکیبات سیر باعث بهبود شاخص‌های کلیوی شامل BUN، کراتینین،

پروتئینوری و شاخص کلیوی (KI) و همچنین بهبود متابولیسم سیستمیک مانند سطح گلوکز، انسولین و وزن بدن در مدل‌های حیوانی می‌شوند. مکانیسم‌های اثر آلیسین شامل کاهش استرس اکسیداتیو با میانجی‌گری محور Nrf2/Keap1 و مسیر NO، مهار مسیرهای التهابی NF-κB و PPAR، تأخیر در فیبروز کلیوی با دخالت مسیرهای MAPK، Wnt/β-catenin، HIF-1α و پیروپتوز و بهبود متابولیسم گلوکز از طریق مسیرهای GLUT1/PKC و GLUT4/IRSs می‌باشند. این تأثیرات از طریق کاهش استرس اکسیداتیو با فعال‌سازی محور Nrf2/Keap1 و افزایش NO، مهار مسیرهای التهابی نظیر NF-κB و PPAR، کاهش فیبروز کلیوی با دخالت مسیرهای TGF-β و HIF-1α و نیز بهبود تنظیم گلوکز از طریق مسیرهای GLUT4 و IRS اعمال می‌شوند. در این مطالعه اثربخش‌ترین دوز گزارش‌شده آلیسین ۴۵ تا ۱۵۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به مدت ۴ تا ۱۰ هفته بوده است و این اطلاعات می‌توانند به‌عنوان الگو در طراحی مداخلات بالینی آینده در انسان مورد استفاده قرار گیرند؛ اما با وجود نتایج مثبت، به دلیل وجود محدودیت‌های روش‌شناختی در برخی مطالعات، انجام کارآزمایی‌های بالینی معتبر برای تأیید ایمنی و اثربخشی بلند مدت آلیسین در این امر ضروری است (Jiang et al., 2023).

در مطالعه Chang-ling Li و همکاران (۲۰۱۷) نیز، دیابت با استرپتوزوتوسین (STZ) در موش‌های نر (C57BL/6J) القا شد و به‌مدت ۸ هفته تحت درمان با آلیسین قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اگرچه کاهش گلوکز خون معنادار نبود، اما افزایش وزن قابل‌توجه (P=0.03) و بهبود شاخص تغذیه‌ای و متابولیکی مشاهده شد. یافته‌های مکمل حاصل از بررسی‌های *in vitro* نیز بیانگر آن بود که آلیسین قادر است آپوپتوز القاشده در شرایط هایپرگلیسمی را مهار کرده، تکثیر سلول‌های اندوتلیال انسانی (HUVECs) را بهبود بخشد و تعادل میان فاکتورهای NF-κB و Nrf2 تنظیم کند. بر پایه این شواهد، آلیسین می‌تواند به‌عنوان درمانی طبیعی و چندهدفه در مهار یا پیشگیری از پیشرفت ماکروآنژیوپاتی دیابتی مورد توجه قرار گیرد (Li et al., 2020).

مطالعات مکمل و هم‌افزایی‌ها

یافته‌های مطالعه‌ی Arellano-Buendía و همکاران نشان می‌دهد که آلیسین ممکن است از طریق مهار مکانیسم‌های کلیدی آسیب کلیوی در دیابت نوع ۲، نقشی مکمل و چندهدفه داشته باشد. در مدل حیوانی دیابت، تجویز خوراکی آلیسین با بهبود پارامترهای همودینامیکی از جمله کاهش فشار خون سیستولیک، هیپوکسی و استرس اکسیداتیو در قشر کلیه همراه بود. این اثرات احتمالاً از طریق فعال‌سازی مسیر Nrf2 و مهار Keap1، HIF-1α و فاکتورهای فیبروتیک نظیر TGF-β1، CTGF و α- SMA در مهار پیشرفت فیبروز کلیوی نقش داشته‌اند. افزون بر این، کاهش بیان سایتوکاین‌های التهابی مانند TNF-α، VCAM-1، MCP-1 و iNOS، با کاهش التهاب مزمن و بهبود بازسازی عروقی همراه بوده است. مجموع این یافته‌ها، پتانسیل آلیسین را به‌عنوان ترکیبی طبیعی با اثرات ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی، ضدفیبروتیک و عوارض عروقی ناشی از دیابت نوع ۲ را برجسته می‌سازد. با این حال، برای تعمیم این نتایج به انسان، انجام مطالعات بالینی بیشتر ضروری است (Arellano-Buendía et al., 2020).

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به شیوع بالای دیابت نوع ۲ که التهاب نقش برجسته‌ای در پیشرفت عوارض آن دارد، هدف این مقاله بررسی اثرات مهاری آلیسین بر مسیر سیگنالینگ NF-κB که از محورهای اصلی التهاب مزمن در دیابت است، بود. یافته‌های این مرور نشان دادند که آلیسین می‌تواند با دخالت چندهدفی در مسیر NF-κB، فعالیت این فاکتور التهابی را

به‌طور مستقیم و غیرمستقیم مهار کند. مطالعات پیش‌بالینی حاکی از آن بودند که آلیسین با جلوگیری از فسفریلاسیون و تخریب IκBα، مهار جابه‌جایی p65 به هسته و کاهش بیان ژن‌های التهابی نظیر TNF-α، IL-6 و MCP-1، فعالیت NF-κB را به‌طور معناداری کاهش می‌دهد. از طرفی، آلیسین با فعال‌سازی مسیر آنتی‌اکسیدانی Nrf2/HO-1، تعادل بین استرس اکسیداتیو و التهاب را به نفع هموستاز سلولی بازتنظیم کرده و از آسیب‌های کلیوی در دیابت جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، شواهد تجربی نشان داده‌اند که آلیسین با تنظیم فشار خون و کاهش فیبروز و آسیب عروق، اثرات حفاظتی گسترده‌ای بر سیستم‌های متابولیک و سرطان دارد. با وجود این نتایج امیدبخش، بیشتر مطالعات بر پایه‌ی مدل‌های حیوانی انجام شده و برخی دارای محدودیت‌هایی بوده‌اند. بنابراین، تعمیم نتایج به جمعیت انسانی نیازمند احتیاط و اطمینان است. توصیه می‌شود مطالعات بالینی طراحی شوند تا بتوان از آلیسین در مهار مسیر سیگنالینگ NF-κB به عنوان یک گزینه‌ی درمانی مکمل و مؤثر در کنترل و درمان دیابت نوع ۲ استفاده کرد.

قدردانی

بدین‌وسیله از راهنمایی‌های علمی و حمایتی فاطمه سادات مجلسی که در نگارش این مقاله همراهی‌مان کردند، صمیمانه قدردانی می‌نماییم.

منابع

Arellano-Buendía, A. S., Castañeda-Lara, L. G., Loredo-Mendoza, M. L., García-Arroyo, F. E., Rojas-Morales, P., Argüello-García, R., Juárez-Rojas, J. G., Tapia, E., Pedraza-Chaverri, J., Sánchez-Lozada, L. G., & Osorio-Alonso, H. (2020). Effects of Allicin on Pathophysiological Mechanisms during the Progression of Nephropathy Associated to Diabetes. *Antioxidants*, *9*(11), 1134. https://doi.org/10.3390/antiox9111134.

Bhol, N. K., Bhanjadeo, M. M., Singh, A. K., Dash, U. C., Ojha, R. R., Majhi, S., Duttaroy, A. K., & Jena, A. B. (2024). The interplay between cytokines, inflammation, and antioxidants: mechanistic insights and therapeutic potentials of various antioxidants and anti-cytokine compounds. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *178*, 117177. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2024.117177.

Davari, M., Hashemi, R., Mirmiran, P., Hedayati, M., Sahranavard, S., Bahreini, S., Tavakoly, R., & Talaei, B. (2020). Effects of cinnamon supplementation on expression of systemic inflammation factors, NF-kB and Sirtuin-1 (SIRT1) in type 2 diabetes: A randomized, double blind, and controlled clinical trial. *Nutrition Journal*, *19*(1). https://doi.org/10.1186/s12937-019-0518-3.

Jiang, Y., Li, Z., Yue, R., Liu, G., Yang, M., Long, C., & Yan, D. (2023). Evidential support for garlic supplements against diabetic kidney disease: a preclinical meta-analysis and systematic review. *Food and Function*, *15*(1), 12–36. https://doi.org/10.1039/d3fo02407e.

Li, C. ling, Liu, X. hong, Qiao, Y., Ning, L. ning, Li, W. jing, Sun, Y. shan, Liu, D. shan, Gao, W., & Ma, C. mei. (2020). Allicin alleviates inflammation of diabetic macroangiopathy via the Nrf2 and NF-kB pathway. *European Journal of Pharmacology*, *876*. https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2020.173052

Mejía Delgado, E. M., Quiroz-Aldave, J. E., Durand-Vásquez, M. del C., Aldave-Pita, L. N., Fuentes-Mendoza, J. M., Concepción-Urteaga, L. A., Paz-Ibarra, J., & Concepción-Zavaleta, M. J. (2025). Immunomodulatory effect of allium sativum in type 2 diabetes mellitus. *World Journal of Experimental Medicine*, *15*(2). https://doi.org/10.5493/wjem.v15.i2.103481.

A Review on the Role of Allicin in Inhibiting the NF-κB Pathway in Type 2 Diabetes

Roghayyeh Ebadi Mogaddam Ali Khalaj[1*], Mahtab Asgharzadeh Alamdari[2], Omid Vejdandoust Ahrabi[3]
1. Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Maragheh, Maragheh, Iran
2. Department of plant Biology, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran
3. Department of Biology, SERAJ Higher Education Institute, Tabriz, Iran
**Corresponding Author: emroghayye@gmail.com*

Abstract

Type 2 diabetes mellitus is one of the globe's most common disorders of health that causes metabolic abnormalities through insulin resistance by multiple mechanisms, including NF-κB. Since therapeutic measures against this process are scarce, treatment with natural and multifunctional compounds like allicin, the active principle of garlic, has also been noted. This review paper will evaluate the well-established literature on the allicin-mediated inhibition of NF-κB pathways in type 2 diabetes mellitus. Experimental preclinical evidence suggests allicin suppresses the NF-κB signaling pathway indirectly via the prevention of phosphorylation of IκBα, translocation of p65 into the nucleus, and induction of pro-inflammatory cytokines TNF-α and IL-6. Inflammation and oxidative stress are prevented indirectly by allicin via the induction of the antioxidant Nrf2/HO-1 pathway. Findings from animal model studies suggest allicin and antioxidant and anti-inflammatory properties in glucose control in blood and, potentially, prevention and treatment of diabetic nephropathy. The compound was further observed to improve markers of renal function, reduce fibrosis, and normalize blood pressure in type 2 diabetic models. The present findings suggest that allicin is an effective compound for inhibiting the inflammatory NF-κB pathway in type 2 diabetes, but as there are few human studies, further clinical trials are necessary to determine the efficacy and safety of this compound as an adjunct therapy in type 2 diabetes.

Keywords: Allium, Anti-inflammatory, Diabetes, Inflammation, Mechanism

سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

بررسی اثر هم‌افزایی ترکیبات زیست‌فعال عصاره‌های گیاهان *Eucalyptus camaldulensis* و *Melia azedarach* به عنوان راهکاری مؤثر در کنترل نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica*

سلماالسادات ترابی شمس آباد[*1]، اعظم زین‌الدینی ریسه[2]

۱- دانشجوکارشناسی ارشد، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر(عج) رفسنجان، دانشکده کشاورزی، کرمان، رفسنجان

۲- استادیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر(عج) رفسنجان، دانشکده کشاورزی، کرمان، رفسنجان

[*]نویسنده مسئول: Zeynadini@vru.ac.ir

چکیده

در دهه‌های اخیر، توسعه روش‌های کنترل پایدار آفات و بیماری‌های گیاهی به یکی از اولویت‌های تحقیقات کشاورزی تبدیل شده است. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی پتانسیل هم‌افزایی عصاره‌های آبی برگ گیاهان اکالیپتوس *Eucalyptus camaldulensis* و زیتون تلخ *Melia azedarach* در کنترل نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica*، یکی از مخرب‌ترین تهدیدات کشاورزی، انجام گردید. بررسی اثرات هم‌افزایی مقادیر LC50 و LC90 عصاره‌های مذکور بر میزان بازدارندگی تفریخ تخم‌ها بعد از گذشت پنج روز و مرگ و میر لاروهای سن دوم بعد از یک شبانه روز، در ترکیب با یکدیگر، که شامل غلظت‌های ۴۷۰۰ و ۶۸۵۰ ppm از زیتون تلخ و همچنین غلظت‌های ۵۰۰۰ و ۶۹۰۰ ppm از گیاه اکالیپتوس، به ترتیب به عنوان مقادیر LC50 و LC90 از هر دو عصاره بود، در شرایط آزمایشگاهی انجام گرفت. تیمارهای مورد بررسی شامل اختلاط نسبت برابر غلظت‌های LC50 دو عصاره باهم و غلظت‌های LC90 دو عصاره و همچنین اختلاط مقادیر LC50 وLC90 دو عصاره با یکدیگر بود که با احتساب تیمار شاهد، این پژوهش با پنج تیمار انجام شد. نتایج نشان داد تمام تیمارها به‌طور معنی‌داری موجب افزایش مرگ‌ومیر لاروها نسبت به شاهد شدند، به‌طوری‌که تیمار مخلوط LC90 دو عصاره با ۱/۸۳±۹۷درصد مرگ‌ومیر بالاترین تاثیر را در مقایسه با شاهد داشت. در بررسی مهار تفریخ تخم‌ها، تیمارهایی که حاوی اختلاط مقادیرLC90 و LC50 دو عصاره بودند، با بازدارندگی ۲/۸۷±۷۴/۷۵ و ۲/۸۷±۷۵ درصد نسبت به شاهد، مؤثرترین تیمارها بودند.

واژه‌های کلیدی: زیست بوم، کنترل پایدار، متابولیت‌های ثانویه گیاهی، مهار کننده‌های طبیعی، نماتدهای انگل گیاهی

مقدمه

مطالعات متعددی در زمینه اثرات هم افزایی عصاره‌های گیاهی در کنترل عوامل بیماریزای قارچی و باکتریایی در جانوران انجام شده است (حیدری سورشجانی و همکاران، ۱۳۹۷; Amenu, 2014). با این حال، در حوزه بیماری‌های گیاهی، بررسی اثرات هم‌افزایی ناشی از کاربرد توأمان دو یا چند عصاره گیاهی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. گزارش پژوهش‌های مربوطه حاکی از آن است که در سال‌های اخیر، مطالعات متعددی در مورد ترکیب چندین عصاره یا اسانس گیاهی با یکدیگر و یا همراه با ترکیبات شیمیایی مهارکننده عوامل بیماری‌زای گیاهی انجام شده است (Korayem et al., 1993; Kalsoom et al., 2019). بر طبق تحقیقات، ترکیبات گیاهی می‌توانند از طریق مکانیسم‌های

مختلفی مانند اختلال در یکپارچگی غشای سلولی، مهار مسیرهای متابولیکی کلیدی و ایجاد استرس اکسیداتیو، اثرات بازدارنده قابل توجهی بر نماتدها داشته باشند (Worku et al., 2017; Khan et al., 2023). در همین راستا، نتایج یک مطالعه نشان داد که تیمار نماتد *Helicotylenchus dihystera* با عصاره گیاهان *Punica granatum*، *Thymus vulgaris* و *Artemisia absinthium* منجر به مهار بیش از ۷۵ درصد فعالیت آنزیم استیل کولین استراز در این نماتد گردیده است (Korayem et al., 1993). در پژوهشی دیگر، ترکیب عصاره‌های آویشن و دارچین در مطالعات آزمایشگاهی توانست موجب مهار رشد ۷۸ درصدی قارچ *Botrytis cinerea* شود، در حالی که هر عصاره به تنهایی تنها ۴۰ تا ۵۰ درصد اثر بازدارندگی داشت (Martins et al., 2024). این یافته‌ها به وضوح نشان دهنده پتانسیل قابل توجه ترکیبات گیاهی در کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی می‌باشد. با توجه به پتانسیل بالای بیمارگری نماتدهای ریشه‌گرهی که قادرند سالانه سبب از بین رفتن پنج درصد از محصولات کشاورزی در جهان شوند (Martins et al., 2024) و از طرفی چالش‌های مدیریتی این نماتدها به دلیل توانایی تولیدمثل بالا و دامنه میزبانی وسیع، تاکنون روش‌های مدیریتی مختلفی اعم از روش‌های فیزیکی، شیمیایی و کاربرد عوامل کنترل زیستی علیه نماتد ریشه‌گرهی به کار برده شده است که از این میان، روش‌های دوستدار طبیعت بیشتر مورد توجه هستند (Kalsoom et al., 2019; Khan et al., 2023). کاربرد عصاره‌های گیاهی علیه نماتدها از جمله روش‌های سازگار با زیست بوم می‌باشد که در این پژوهش باتوجه به در دسترس بودن و رشد سریع گیاهان اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) و زیتون تلخ (*Melia azedarach*) در شرایط آب و هوایی استان کرمان و نتایج قابل قبولی که از عملکرد این دو گیاه در برابر بیمارگرهای گیاهی گزارش شده‌است، این دو گیاه انتخاب و بررسی اثر هم‌افزایی عصاره آبی برگ آن‌ها بر مرگ و میر لارو سن دوم و مهار تفریخ تخم نماتد *Meloidogyne javanica* به عنوان گونه غالب در اکثر باغات منطقه، در شرایط آزمایشگاهی بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

تهیه عصاره گیاهان مورد آزمایش

برگ‌های اکالیپتوس (*E. camaldulensis*) و زیتون تلخ (*M. azedarach*) پس از خشک شدن در دمای محیط، پودر شده و با آب مقطر مخلوط و به مدت ۲۴ ساعت با شیکر ۱۱۰ دور در دقیقه عصاره‌گیری شدند. عصاره خام پس از فیلتراسیون با کاغذ واتمن شماره ۱، در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد. (Gingasu et al., 2023).

تهیه زادمایه نماتدی

ریشه‌های گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد (۴۵ روز پس از آلودگی) پس از شستشو به قطعات ۲-۳ سانتی‌متری تقسیم شدند. قطعات ریشه ابتدا به مدت ۲۰ ثانیه در یک خردکن حاوی محلول هیپوکلریت سدیم نیم درصد قرار گرفت سپس سوسپانسیون حاصل از الک‌های ۱۰۰ و ۵۰۰ مش عبور داده شد و تخم‌های جمع‌آوری شده روی الک ۵۰۰ مش برای انجام مراحل آزمایش مورد استفاده قرار گرفت (Hussey and Barker, 1973).

آزمون زیست‌سنجی

جهت بررسی اثر هم افزایی، کاربرد همزمان دو عصاره *E. camaldulensis* و *M. azedarach* بر مرگ و میر لاروهای سن دوم و مهار تفریخ تخم نماتد ریشه گرهی *M. javanica*، غلظت‌های مؤثر عصاره‌ها شامل مقادیر LC50 و LC90 به ترتیب ۴۷۰۰ و ۶۸۵۰ ppm برای اکالیپتوس و ۵۰۰۰ و ۶۹۰۰ ppm برای زیتون تلخ ارزیابی شدند. تیمارهای آزمایشی با نسبت اختلاط یک به یک از این دو عصاره در ظروف پتری شیشه‌ای تهیه گردید، به‌طوری‌که هر واحد

آزمایشی حاوی چهار میلی‌لیتر از تیمار اختلاطی و یک میلی‌لیتر سوسپانسیون حاوی ۱۰۰ عدد لارو سن دوم یا تخم نماتد بود. چهار ترکیب مختلف از عصاره‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت که شامل مخلوط مقادیرLC50 هر دو عصاره، مخلوط مقادیر LC90 هر دو عصاره، ترکیب LC50 اکالیپتوس با LC90 زیتون تلخ و ترکیب معکوس این غلظت‌ها بود و تیمار شاهد آب مقطر دریافت کرد. نام گذاری تیمارها به ترتیب گفته شده، یک تا چهار و شاهد بعنوان تیمار پنج در نظر گرفته شد. این پژوهش به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملا تصادفی و در چهار تکرار انجام شد. ارزیابی نتایج آزمون لاروی پس از ۲۴ ساعت و آزمون مهار تفریخ تخم پس از ۱۲۰ساعت انجام پذیرفت. قابل ذکر است که مقادیر LC50 و LC90 محاسبه شده، طی پژوهشی مشابه با هدف بررسی اثرگذاری منفرد عصاره‌های مذکور بر نماتد *M. javanica* به دست آمده است (Torabi and zeynadini, 2024).

روش آماری

آنالیزها به کمک نرم‌افزار SAS نسخه ۹,۴ و Excel نسخه ۲۰۱۹ انجام و داده‌های حاصل، با استفاده از تحلیل واریانس یکطرفه (ANOVA) و آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد مورد بررسی قرار گرفتند. مقایسه هر تیمار با شاهد توسط آزمون t مستقل (Samples t-test Independent) صورت گرفت. جهت نمایش کمی اثر تیمارها نسبت به شاهد، افزایش برابری با تقسیم میانگین هر تیمار بر میانگین شاهد انجام شد.

نتایج و بحث

الف) مرگ‌ومیر لاروهای نماتد ریشه گره‌ای:

نتایج آنالیز واریانس یکطرفه نشان داد که تیمارهای مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری بر مرگ‌ومیر لاروها داشته‌اند ($F(4,15) = 182.94$, $P < 0.001$). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که همه تیمارها به طور معنی‌داری باعث افزایش مرگ‌ومیر لاروها نسبت به تیمار شاهد شده‌اند ($P < 0.001$)، در حالی که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای ترکیبی نسبت به یکدیگر مشاهده نشد ($P = 0.34$). بیشترین اثر مربوط به تیمار ترکیبی LC90 هر دو عصاره با افزایش ۶/۵ برابری مرگ و میر لارو سن دوم در مقایسه با شاهد بود (جدول ۱). ترکیبات گیاهی به دلیل داشتن ترکیباتی مانند ترپنوئیدها و آلکالوئیدها دارای اثرات لاروکشی می‌باشند که این مورد در گزارشات قبلی توسط خان و همکاران (۲۰۲۳) و همچنین ورکو و همکاران (۲۰۲۳) نیز گزارش گردیده است. این ترکیبات با اختلال در سیستم عصبی لاروهای سن دوم منجر به کاهش ۹۳-۸۵ درصد تحرک لاروهای نماتد *M. incognita* شدند (Worku et al., 2017; Khan et al., 2023).

ب) مهار تفریخ تخم‌های نماتد ریشه گره‌ای:

اثر تیمارها بر مهار تفریخ تخم‌ها نیز معنی‌دار بود ($F(4,15) = 24.94$, $P < 0.001$). برخلاف مرگ‌ومیر لاروها، بین تیمارهای ترکیبی تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($P = 0.023$). تیمارهای سه و چهار با افزایش ۲/۳ برابری مهار تفریخ تخم‌ها نسبت به تیمار شاهد، بیشترین تأثیر را نشان دادند (جدول ۱). نتایج قبلی نشان دادند که گیاهانی مانند آویشن (*Thymus vulgaris*) و اکالیپتوس (*E. camaldulensis*) دارای پتانسیل بازدارندگی تفریخ تخم نماتدها هستند که این مطلب می‌تواند به دلیل حضور ترکیبات فنولی و ترپنوئیدها در این گیاهان باشد. این ترکیبات با تأثیر بر غشای تخم و مهار آنزیم‌های ضروری، قادرند تفریخ تخم‌ها را تا ۸۹ درصد کاهش دهند (Jassam et al., 2019).

جدول ۱. مقایسه میانگین مرگ و میر لارو سن دوم (پس از ۲۴ ساعت) و مهار تفریخ تخم M. javanica (طی ۱۲۰ ساعت) نسبت به شاهد تحت تیمار اثرات هم‌افزایی E. camaldulensis و M. azedarach

تیمار	میانگین مرگ و میر لارو سن دوم ±SE	میزان افزایش مرگ و میر نسبت به شاهد	میانگین مهار تفریخ تخم ±SE	میزان افزایش مهار تفریخ نسبت به شاهد
۱	۸۴/۷۵±۳/۵*	۵/۷ x	۵۹/۵±۱/۷۳*	۱/۸ x
۲	۹۷±۱/۸۳*	۶/۵ x	۶۷±۳/۵۶*	۲/۱ x
۳	۹۶±۲/۱۶*	۶/۴ x	۷۴/۷۵±۲/۸۷*	۲/۳ x
۴	۹۶/۵±۲/۶۵*	۶/۴ x	۷۵±۲/۸۷*	۲/۳ x
۵	۱۵±۱/۴۱	۱ x	۳۲/۵±۲/۳۸	۱ x

۱) مخلوط غلظت‌های LC50 هر دو عصاره ۲) مخلوط غلظت‌های LC90 هر دو عصاره ۳) مخلوط LC50 عصاره M. azedarach با LC90 عصاره E. camaldulensis ۴) مخلوط LC90 عصاره M. azedarach با LC50 عصاره E. camaldulensis، * تفاوت معنی‌دار با شاهد در سطح پنج صدم ($P < 0.05$)

نتیجه‌گیری کلی

گسترش خسارت ناشی از نماتدهای ریشه گرهی در انواع محصولات باغی و گلخانه ای و همچنین کاربرد انواع سموم شیمیایی خطرناک برای زیست بوم و سلامتی انسان که اغلب دارای هزینه بالایی برای کشاورزان نیز هستند، رو به افزایش است. بر طبق این پژوهش، عصاره‌های گیاهی اکالیپتوس (*E. camaldulensis*) و زیتون تلخ (*Melia azedarach*) با اثرات هم‌افزایی قابل توجه بر نماتد ریشه گرهی *M. javanica* ، قادرند به‌عنوان جایگزینی سازگار با محیط‌زیست برای سموم شیمیایی متداول مورد توجه باشند. یافته‌های این پژوهش می‌تواند پایه‌ای برای توسعه فرمولاسیون‌های گیاهی جدید در مدیریت پایدار این بیمارگر مهم باشد.

منابع

حیدری سورشجانی، م.، خمیری، م.، مقصودلو، ی.، یوسفی، ح.، رفیعیان م.، کشیری، م. (۱۳۹۷). تاثیر توام اسانس گیاهان زنیان و رازیانه بر باکتری‌های اشریشیا کلای و کلستریدیوم اسپوروژنز با استفاده از روش چکربورد. نشریه میکروبیولوژی کاربردی در صنایع غذایی، ۲، ۵۸-۴۴.

Amenu, D. (2014). Antimicrobial activity of medicinal plant extracts and their synergistic effect on some selected pathogens. *American Journal of Ethnomedicine, 1*(1), 18-29.

Gingasu, D., Culita, D.C., Calderon Moreno, J.M., Marinescu, G., Bartha, C., Oprea, O., Preda, S., Chifiriuc, M.C. and Popa, M. (2023). Synthesis of $CoFe_2O_4$ through wet ferritization method using an aqueous extract of Eucalyptus leaves. *Coatings, 13*(7): 1250-1265.

Hussey, R. and Barker, K. (1973). A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. *Plant Disease Report, 57*: 1025-1032.

Jassam, Y. A., & Kareem, T. A. (2019). The effect of plant extracts of sage (*Salvia officinalis*) and thyme (*Thymus vulgar*is) in the cause of disease complicating the roots of nematodes *Meloidogyne incognita* on the tomato in Iraq. *Plant Arch, 19*, 1164-1169.

Kalsoom, R., Chohan, S., Haider, M.S. and Abid, M. (2019). Synergistic effect of plant extracts and fungicide against purple blotch disease of onion. *Plant Protection, 3*(1): 53-57.

Khan, A., Ahmad, G., Haris, M., & Khan, A. A. (2023). Bio-organics management: novel strategies to manage root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* pest of vegetable crops. *Journal of Crop Health*, *75*(1), 193-209.

Korayem, A. M., Hasabo, S. A., & Ameen, H. H. (1993). Effects and mode of action of some plant extracts on certain plant parasitic nematodes. *Journal of Pest Science*, *66*(2), 32-36.

Martins, G. A., & Bicas, J. L. (2024). Antifungal activity of essential oils of tea tree, oregano, thyme, and cinnamon, and their components. *Brazilian Journal of Food Technology*, *27*, 6723-6738.

Torabi, S., & Riseh, A. Z. (2024). Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*) and chinaberry (*Melia azedarach*) extracts' potential for sustainable control of root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*. *Journal of Advances in Plant Protection, 1*(2), 75-82.

Worku, E., Kiros, A., Asgedom, H., & Tadesse, B. (2017). Alternative control methods of gastrointestinal nematode infections in small ruminants: biological method and use of medicinal plant extracts. *ARC Journal of Animal and Veterinary Sciences*, *3* (2): 11-28.

Evaluation of the synergistic effects of bioactive compounds from *Eucalyptus camaldulensis* and *Melia azedarach* plant extracts as an effective strategy for controlling root-knot nematode *Meloidogyne javanica*

Salma sadat torabi [1]*, Azam Zeynadini Riseh [2]
1. M.Sc. Student Plant Pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran
2. Assistant Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran
*Corresponding Author: Zeynadini@vru.ac.ir

Abstract

In recent decades, the development of sustainable methods for controlling plant pests and diseases has become one of the priorities of agricultural research. The current study was conducted to evaluate the synergistic potential of aqueous leaf extracts from *Eucalyptus camaldulensis* and *Melia azedarach* in controlling the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*, one of the most destructive agricultural threats. The synergistic effects of LC50 and LC90 concentrations of these extracts on egg hatching inhibition after five days and second-stage juvenile (J2) mortality after 24 hours were investigated under laboratory conditions. The tested concentrations included 4700 and 6850 ppm for *M. azedarach* and 5000 and 6900 ppm for *E. camaldulensis*, representing the LC50 and LC90 values of both extracts, respectively. The experimental treatments consisted of: equal ratio mixtures of LC50 concentrations of both extracts, equal ratio mixtures of LC90 concentrations of both extracts, and mixtures of LC50 and LC90 concentrations of both extracts, along with a control treatment, making a total of five treatments in this study. The results demonstrated that all treatments significantly increased larval mortality compared to the control, with the LC90 mixture treatment showing the highest effect (97±1.83% mortality, 6.5 times higher than control). In the evaluation of egg hatching inhibition, treatments containing mixtures of LC90 and LC50 concentrations of both extracts were the most effective, showing 74.75±2.87% and 75±2.87% inhibition (2.3 times higher than control).

Keywords: Agroecosystem, Sustainable management, Plant secondary metabolites, Natural biocides, Phytoparasitic nematodes

بررسی فعالیت ضدمیکروبی، هم‌افزایی دارویی و جذب اشعه UV سه گونه گیاهی *Artemisia annua* (افسنتین)، *Mentha piperita* (نعناع فلفلی) و *Berberis vulgaris* (زرشک)

نصراله سوری[1*]، امیرارسلان کاویانی‌فرد[2]

۱- گروه علوم کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: *Dr.soori@pnu.ac.ir*

چکیده

گیاهان دارویی، در سازوکارهای دفاعی طبیعی خود، ترکیبات متابولیتی ثانویه‌ای از قبیل فنول‌ها، آلکالوئیدها، ترپنوئیدها و ترکیبات گوگردی را تولید می‌کنند. این پژوهش با هدف بررسی اثربخشی دفاعی عصاره‌های سه گونه گیاهی دارویی شامل افسنتین، نعناع فلفلی و زرشک علیه پاتوژن‌های باکتریایی و قارچی منتخب، و همچنین مطالعه تعامل هم‌افزای این عصاره‌ها با آنتی‌بیوتیک‌های رایج، انجام پذیرفت. روش کار بر پایه استخراج ترکیبات فعال از گیاهان با استفاده از حلال‌های مناسب و سپس ارزیابی آزمایشگاهی (*in vitro*) فعالیت ضد میکروبی عصاره‌ها علیه سویه‌های استاندارد پاتوژن‌ها بنا شد. برای ارزیابی فعالیت ضد میکروبی، از روش تعیین حداقل غلظت مهارکننده (MIC) و جهت بررسی اثرات هم‌افزایی عصاره‌های گیاهی با آنتی‌بیوتیک‌های رایج از روش چکربورد استفاده گردید. علاوه بر این، خواص محافظت‌کنندگی عصاره‌ها در برابر اشعه ماورای بنفش (UV) با استفاده از اسپکتروفتومتری سنجیده شد. طرح آزمایشی پژوهش به صورت کاملاً تصادفی با سه تکرار برای هر تیمار طراحی گردید. داده‌های حاصل از آزمایش‌ها با استفاده از آزمون آماری ANOVA تجزیه و تحلیل شدند. نتایج حاکی از فعالیت ضد میکروبی قابل توجه عصاره‌های سه گونه گیاهی بود. همچنین، پتانسیل قابل ملاحظه‌ای در ایجاد اثرات هم‌افزایی بین عصاره‌های گیاهی و آنتی‌بیوتیک‌های مورد استفاده مشاهده شد. خواص محافظت در برابر اشعه ماورای بنفش نیز در عصاره‌ها تأیید گردید. این یافته‌ها ضمن تأیید نقش دوگانه این گیاهان در دفاع از خود و کاربردهای درمانی بالقوه، بر اهمیت رویکرد اتنوفارماکولوژی و زیست‌فناوری در کشف داروهای جدید تأکید می‌ورزند.

واژه‌های کلیدی: اثر هم‌افزایی، اشعه فرابنفش، اتنوفارماکولوژی، فعالیت ضدمیکروبی، عصاره گیاهی، گیاهان دارویی.

مقدمه

گیاهان دارویی از دیرباز به‌عنوان یکی از ارزشمندترین منابع طبیعی در تأمین نیازهای دارویی انسان مورد توجه بوده‌اند. استفاده سنتی از این گیاهان در فرهنگ‌های مختلف، از جمله طب سنتی ایران، طب آیورودا در هند و طب چینی، حاکی از دانش انباشته‌ای است که امروزه به‌عنوان پایه‌ای برای پژوهش‌های اتنوفارماکولوژیک نوین تلقی می‌شود. با پیشرفت روش‌های تحلیلی مدرن، مشخص شده است که اثربخشی دارویی این گیاهان ناشی از وجود ترکیباتی به نام متابولیت‌های ثانویه است که نقش کلیدی در دفاع زیستی گیاهان ایفا می‌کنند. متابولیت‌های ثانویه

مانند فنول‌ها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، ساپونین‌ها، تانن‌ها و ترپنوئیدها نه‌تنها به گیاه در مقابله با عوامل بیماری‌زا، گیاه‌خواران، قارچ‌ها و میکروب‌ها کمک می‌کنند، بلکه دارای اثرات زیستی گسترده‌ای از جمله خاصیت ضدمیکروبی، ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی و محافظت در برابر اشعه ماورای بنفش در بدن انسان هستند (Ali *et al.*, 2015).

در عصر حاضر که جهان با بحران فزاینده مقاومت آنتی‌بیوتیکی مواجه است و اثربخشی داروهای سنتی کاهش یافته، نیاز به کشف منابع نوین با قابلیت‌های چندگانه دارویی بیش از پیش احساس می‌شود. در این راستا، مطالعه سیستم‌های دفاعی گیاهان دارویی نه‌تنها درک ما را از زیست‌شناسی گیاهی افزایش می‌دهد، بلکه امکان شناسایی مولکول‌های فعال جدید برای درمان بیماری‌های انسانی را نیز فراهم می‌سازد. از سوی دیگر، رشد روزافزون تقاضا برای محصولات طبیعی، ایمن و چندکاره در حوزه مراقبت از سلامت و پوست، اهمیت بررسی عملکردهای حفاظتی گیاهان دارویی از جمله جذب پرتوهای UV را برجسته می‌سازد. برخی از ترکیبات گیاهی قادر به جذب یا پراکندگی اشعه‌های UV-A و UV-B هستند و می‌توانند به‌عنوان جایگزینی طبیعی برای فیلترهای شیمیایی در فرآورده‌های آرایشی-بهداشتی عمل کنند. در همین راستا، پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش دفاعی سه گونه گیاه دارویی پرکاربرد شامل افسنتین، نعناع فلفلی و زرشک طراحی شد. این گونه‌ها نه‌تنها در طب سنتی کاربردهای متعددی داشته‌اند، بلکه در مطالعات اولیه نیز فعالیت‌های زیستی قابل توجهی از خود نشان داده‌اند. در این مطالعه، تلاش شد تا ضمن شناسایی ترکیبات فیتوشیمیایی، اثربخشی ضدمیکروبی عصاره‌ها علیه باکتری‌ها و قارچ‌های رایج، پتانسیل هم‌افزایی دارویی آن‌ها با آنتی‌بیوتیک‌های مرسوم و توانایی جذب پرتو UV ارزیابی و تحلیل گردد (Cowan, 1999; Ferreira *et al.*, 2010; Kulkarni & Girish., 2010).

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، سه گونه گیاه دارویی با کاربردهای شناخته‌شده در طب سنتی و گزارش‌های مستند از فعالیت ضدمیکروبی شامل *Artemisia annua* (افسنتین)، *Mentha piperita* (نعناع فلفلی) و *Berberis vulgaris* (زرشک) انتخاب شدند. بخش‌های هوایی بالغ گیاهان از منابع معتبر جمع‌آوری شده، در سایه و در دمای محیط خشک شدند تا از تخریب ترکیبات حساس جلوگیری شود. پس از خشک شدن کامل، نمونه‌ها به‌صورت یکنواخت آسیاب شدند. برای استخراج ترکیبات فعال، از روش خیساندن (maceration) استفاده شد. ۵۰ گرم پودر هر گیاه در ۵۰۰ میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ (v/v) به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای محیط نگهداری شدند. مخلوط هر ۱۲ ساعت یک‌بار هم زده می‌شد. پس از گذشت زمان تعیین‌شده، محلول‌ها با استفاده از صافی کاغذ واتمن شماره ۱ صاف شدند. سپس برای حذف حلال، از دستگاه تبخیر دورانی (Rotary Evaporator) در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد تا عصاره خام خشک حاصل شود (Cowan, 1999; Ferreira *et al.*, 2010; Cushnie & Lamb., 2011).

برای تعیین فنول کل (TPC) روش فولین- سیوکالتو مورد استفاده قرار گرفت. ۱ میلی‌لیتر از عصاره در حضور معرف فولین و سدیم کربنات واکنش داده و جذب آن در طول‌موج ۷۶۵ نانومتر با اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. مقادیر برحسب معادل اسید گالیک (mg GAE/g عصاره خشک) محاسبه گردید. جهت تعیین فلاونوئید کل (TFC) از روش رنگ‌سنجی با کلرید آلومینیوم استفاده شد. واکنش بین فلاونوئیدها و $AlCl_3$ باعث تشکیل کمپلکس رنگی زرد می‌شود که در طول‌موج ۴۱۵ نانومتر جذب دارد. نتایج برحسب معادل کوئرستین (mg QE/g) گزارش شد. برای اندازه‌گیری آلکالوئیدها با استفاده از واکنش دراگندورف (Dragendorff reagent) آلکالوئیدها رسوب داده شدند. پس از سانتریفیوژ و تبخیر حلال، مقدار رسوب خشک‌شده وزن شده و به‌صورت میلی‌گرم در گرم عصاره گزارش شد. در

آزمون‌های ضدمیکروبی، میکروارگانیسم‌های هدف شامل باکتری‌های گرم مثبت *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923)، باکتری‌های گرم منفی *Escherichia coli* (ATCC 25922) و قارچ‌های *Candida albicans* (ATCC 10231) و *Aspergillus niger* بود. عصاره‌ها در غلظت‌های مشخص روی دیسک‌های کاغذی استریل آغشته شدند (۲۰ میکرولیتر، معادل ۵ میلی‌گرم عصاره در هر دیسک). سپس این دیسک‌ها روی محیط کشت مولر-هینتون (برای باکتری) یا سابورودکستروز آگار (برای قارچ) قرار گرفتند. پس از انکوباسیون (۲۴ ساعت برای باکتری‌ها، ۴۸ ساعت برای قارچ‌ها)، قطر ناحیه ممانعت از رشد (ZOI) اندازه‌گیری شد. برای تعیین حداقل غلظت مهاری (MIC)، روش رقیق‌سازی در میکروپلیت ۹۶ خانه‌ای به‌کار رفت. رقت‌های متوالی از عصاره‌ها در محیط کشت تهیه و هر چاهک با ۱۰۵ CFU/mL از میکروارگانیسم هدف تلقیح شد. بعد از انکوباسیون، با مشاهده شفافیت محیط، حداقل غلظت مهاری ثبت گردید. در آزمون هم‌افزایی با آنتی‌بیوتیک‌ها، برای بررسی تعامل دارویی، از روش چکربورد استفاده شد. ترکیب عصاره‌ها با آمپی‌سیلین (برای باکتری‌ها) و فلوکونازول (برای قارچ‌ها) در غلظت‌های متقاطع بررسی شده و شاخص هم‌افزایی (FIC) محاسبه شد: (FIC≤0.5: اثر هم‌افزای قوی، 0.5<FIC≤1: اثر هم‌افزای متوسط و FIC>1: عدم هم‌افزایی یا آنتاگونیسم). برای بررسی جذب اشعه ماورای بنفش (UV Absorption Assay)، عصاره‌ها در غلظت ۱٪ (w/v) در آب مقطر حل شده و با استفاده از اسپکتروفتومتر UV-Vis، طیف جذب آن‌ها در بازه ۲۹۰ تا ۴۰۰ نانومتر ثبت شد. نتایج با زینک‌اکسید به‌عنوان ماده مرجع مقایسه گردید تا توان محافظتی عصاره‌ها در برابر UV-A و UV-B تحلیل شود (Cowan, 1999; Ferreira *et al.*, 2010; Nohynek *et al.*, 2010; Cushnie & Lamb., 2011; Petrović *et al.*, 2015; Wright, 2016).

نتایج

در بررسی محتوای فیتوشیمیایی عصاره‌ها، تحلیل‌های کمی نشان داد که هر سه گونه دارای ترکیبات فیتوشیمیایی متنوعی هستند. جدول ۱، نتایج میانگین ± انحراف معیار را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که *A. annua* بالاترین مقدار فنول و *M. piperita* بیشترین فلاونوئید را دارد. *B. vulgaris* به‌طور برجسته‌ای غنی از آلکالوئیدهاست.

جدول ۱. نتایج ترکیبات فیتوشیمیایی سه گونه گیاهان دارویی

گونه گیاه	فنول کل (mg GAE/g)	فلاونوئید کل (mg QE/g)	آلکالوئید (mg/g)
A. annua	۱۲۰ ± ۵	۴۵ ± ۳	۸/۲ ± ۰/۴
M. piperita	۹۰ ± ۴	۵۵ ± ۴	۴/۶ ± ۰/۳
B. vulgaris	۷۵ ± ۳	۳۰ ± ۲	۱۵/۸ ± ۰/۶

در آزمون دیسک دیفیوژن برای بررسی فعالیت ضدمیکروبی، عصاره‌های *A. annua* و *M. piperita* قطر ممانعت از رشد بین ۱۵ تا ۲۰ میلی‌متر علیه *S. aureus* و *E. coli* ایجاد کردند. در آزمون حداقل غلظت مهاری (MIC)، عصاره *B. vulgaris* بیشترین اثر را علیه *C. albicans* (۱۸ میلی‌متر) و *A. niger* (۱۵ میلی‌متر) نشان داد (جدول ۲). در بررسی هم‌افزایی با آنتی‌بیوتیک‌ها، اثر هم‌افزا در ترکیب *A. annua* و آمپی‌سیلین علیه *S. aureus*: FIC = 0.5 و ترکیب *B. vulgaris* و فلوکونازول علیه *C. albicans*: FIC = 0.75 مشاهده شد. ترکیب‌های دیگر، اثر خنثی یا اندکی افزایشی داشتند (FIC > 1). طی بررسی جذب اشعه ماورای بنفش، نتایج طیف‌سنجی نیز نشان داد هر سه عصاره در ناحیه UV-B (۲۹۰–۳۲۰ نانومتر) و UV-A (۳۲۰–۴۰۰ نانومتر) جذب قابل‌توجهی دارند. عصاره نعناع فلفلی (*M. piperita*)

بیشترین جذب را در هر دو ناحیه نشان داد، به‌ویژه در پیک ۳۲۰–۳۴۰ نانومتر، که با SPF پایین برخی فرآورده‌های طبیعی محافظ پوست قابل مقایسه بود.

جدول ۲. مقایسه MIC عصاره‌های گیاهی مختلف علیه باکتری‌ها و قارچ‌ها

عصاره	S. aureus (µg/mL) علیه MIC	*E. coli*	*C. albicans*	*A. niger*
A. annua	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	>۵۰۰
M. piperita	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۵۰۰
B. vulgaris	۵۰۰	۵۰۰	۶۲/۵	۱۲۵

بحث

یافته‌های حاصل از این پژوهش شواهد مهمی را در زمینه نقش دفاعی گیاهان دارویی و پتانسیل کاربردی آن‌ها در علوم دارویی و درمانی فراهم می‌کنند. تحلیل فیتوشیمیایی نشان داد که سه گونه بررسی‌شده غنی از ترکیبات زیست‌فعال هستند که به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه شناخته می‌شوند. این ترکیبات نه‌تنها برای دفاع گیاه در برابر تنش‌های زیستی و محیطی حیاتی‌اند، بلکه اثرات دارویی چشمگیری نیز در سیستم‌های زیستی انسان دارند. ۱. نقش ترکیبات فیتوشیمیایی در دفاع طبیعی: ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی، در محافظت سلولی گیاهان در برابر گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و تابش UV نقش دارند. *A. annua* به دلیل غلظت بالای فنول‌ها، عملکرد دفاعی بالایی در برابر باکتری‌ها نشان داد که هم‌راستا با نقش شناخته‌شده آرتیمیسینین در مقابله با عوامل بیماری‌زا است. آلکالوئیدهای موجود در *B. vulgaris*، به‌ویژه بربرین، شناخته‌شده‌ترین ترکیب این گیاه، اثرات ضدقارچی قوی از خود نشان داد. این ماده با هدف قرار دادن دیواره سلولی قارچ‌ها و مهار سنتز DNA در آن‌ها، مکانیسم مؤثری در ممانعت از رشد قارچ‌ها ایفا می‌کند. ۲. فعالیت ضدمیکروبی و مقایسه عملکرد عصاره‌ها: بر اساس نتایج MIC و آزمون دیسک دیفیوژن، عصاره‌های گیاهی به‌ویژه *A. annua* و *M. piperita* توانستند رشد باکتری‌های گرم مثبت و منفی را مهار کنند. عملکرد بالاتر علیه *S. aureus* را می‌توان به نفوذپذیری بیشتر دیواره سلولی این باکتری نسبت به باکتری‌های گرم منفی نسبت داد. در مورد قارچ‌ها، *B. vulgaris* عملکرد بسیار خوبی علیه *Candida albicans* و *Aspergillus niger* نشان داد. این موضوع تطابق زیادی با کاربرد سنتی زرشک در درمان عفونت‌های پوستی و قارچی دارد. ۳. هم‌افزایی با آنتی‌بیوتیک‌ها: مزیت‌های درمانی: نتایج آزمایش چکربورد نشان‌دهنده اثر هم‌افزای قابل‌توجه برخی عصاره‌ها با آنتی‌بیوتیک‌های رایج بود. ترکیب *A. annua* با آمپی‌سیلین، با شاخص FIC = 0.5، اثربخشی دارو را افزایش داده و به‌طور بالقوه امکان کاهش دوز مصرفی دارو را فراهم می‌سازد. این مسئله از نظر بالینی اهمیت زیادی دارد، زیرا می‌تواند به کاهش عوارض جانبی دارو و کاهش سرعت توسعه مقاومت دارویی کمک کند. همچنین، ترکیب *B. vulgaris* با فلوکونازول اثر هم‌افزای متوسطی داشت (FIC = 0.75) که نشان می‌دهد عصاره گیاهی می‌تواند اثر قارچ‌کشی دارو را تقویت کرده و کاربرد آن را در درمان عفونت‌های مقاوم تقویت کند. ۴. جذب اشعه ماورای بنفش: پتانسیل کاربرد در فرآورده‌های مراقبت از پوست: توان جذب عصاره‌ها در ناحیه UV-B و UV-A نشان داد که این عصاره‌ها قابلیت استفاده به‌عنوان فیلترهای طبیعی در محصولات ضدآفتاب را دارند. عصاره نعناع فلفلی، به‌ویژه در بازه ۳۲۰–۳۴۰ نانومتر، جذب بالایی داشت که نشان‌دهنده امکان کاربرد آن در محافظت از پوست در برابر پیری زودرس، سرطان پوست و تخریب DNA است. مزیت استفاده از عصاره‌های گیاهی در ضدآفتاب‌ها، طبیعی بودن،

زیست‌تخریب‌پذیر بودن، و کم‌عارضه بودن آن‌ها در مقایسه با ترکیبات شیمیایی سنتتیک است. ۵. تطابق با منابع طب سنتی و اتنوفارماکولوژی: کاربردهای سنتی هر سه گیاه به‌خوبی با نتایج آزمایشگاهی تطابق داشت. در متون طب سنتی ایران و دیگر فرهنگ‌ها، از افسنتین برای درمان تب و عفونت، از نعناع فلفلی برای التهاب و مشکلات پوستی، و از زرشک برای عفونت‌های قارچی و پوستی استفاده می‌شده است. این تطابق، صحت داده‌های تجربی و اعتبار استفاده از منابع سنتی را در غربالگری ترکیبات دارویی جدید تقویت می‌کند (Cowan, 1999; Ferreira *et al.*, 2010; Nohynek *et al.*, 2010; Cushnie & Lamb., 2011; Petrović *et al.*, 2015; Wright, 2016).

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر شواهد روشنی از عملکرد چندگانه و دفاعی گیاهان دارویی ارائه می‌دهد: ۱. نقش دفاعی گیاهان: ترکیبات فیتوشیمیایی همچون فنول‌ها، فلاونوئیدها و آلکالوئیدها ابزار مؤثر گیاه در دفاع در برابر عوامل بیماری‌زا هستند. ۲. اثرات ضدمیکروبی: عصاره‌های *A. annua* و *M. piperita* فعالیت بالایی علیه باکتری‌ها، و *B. vulgaris* اثربخشی ویژه‌ای علیه قارچها نشان دادند. ۳. هم‌افزایی دارویی: ترکیب عصاره‌های گیاهی با آنتی‌بیوتیک‌ها می‌تواند اثربخشی درمانی را افزایش و مقاومت دارویی را کاهش دهد. ۴. جذب UV: توانایی عصاره‌ها در جذب اشعه UV، زمینه‌ساز کاربرد آن‌ها در محصولات مراقبت از پوست است. ۵. ارزش اتنوفارماکولوژیک: نتایج این پژوهش، اهمیت استفاده از طب سنتی به‌عنوان منبعی ارزشمند برای کشف داروهای جدید را تأیید می‌کند.

منابع

Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. Clinical Microbiology Reviews, 12(4), 564-582. https://doi.org/10.1128/CMR.12.4.564

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils–A review. Food and Chemical Toxicology, 46(2), 446-475. https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106

Wright, G. D. (2016). Antibiotic adjuvants: Rescuing antibiotics from resistance. Trends in Microbiology, 24(11), 862-871. https://doi.org/10.1016/j.tim.2016.06.009

Ferreira, J. F. S., Luthria, D. L., Sasaki, T., & Heyerick, A. (2010). Flavonoids from *Artemisia annua* L.: A review. Molecules, 15(5), 3135-3170. https://doi.org/10.3390/molecules15053135

Ali, B., Al-Wabel, N. A., Shams, S., Ahamad, A., Khan, S. A., & Anwar, F. (2015). Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 5(8), 601-611. https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.05.007

Kulkarni, R., & Girish, K. J. (2010). *Berberis vulgaris*: A review on its phytochemistry and pharmacology. Pharmacognosy Reviews, 4(8), 69-74. https://doi.org/10.4103/0973-7847.65327

Nohynek, G. J., Antignac, E., Re, T., & Toutain, H. (2010). Safety assessment of personal care products/cosmetics and their ingredients. Toxicology and Applied Pharmacology, 243(2), 239-259. https://doi.org/10.1016/j.taap.2009.12.001

Cushnie, T. P. T., & Lamb, A. J. (2011). Recent advances in understanding the antibacterial properties of flavonoids. International Journal of Antimicrobial Agents, 38(2), 99-107. https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2011.02.014

Petrović, J., Stanojkovic, T., Comic, L., & Curcic, S. (2015). In vitro synergistic antibacterial activity of essential oils in combination with antibiotics against bacteria. Journal of Food and Nutrition Research, 54(4), 335-343.

Fabricant, D. S., & Farnsworth, N. R. (2001). The value of plants used in traditional medicine for drug discovery. Environmental Health Perspectives, 109 (Suppl 1), 69-75. https://doi.org/10.1289/ehp.01109s169

Investigation of Antimicrobial Activity, Drug Synergy, and UV Radiation Absorption in Three Plant Species: *Artemisia annua*, *Mentha piperita*, and *Berberis vulgaris*

Nasrollah soori[1*], Amirarsalan kavyanifard[2]
1. Department of Agricultural Sciences, Payam Noor University, Tehran, Iran
2. Department of Biology, Payam Noor University, Tehran, Iran
[*]*Corresponding Author: Dr.soori@pnu.ac.ir*

Abstract

Medicinal plants produce secondary metabolites such as phenols, alkaloids, terpenoids, and sulfur compounds as part of their natural defense mechanisms. This study aimed to investigate the defensive efficacy of extracts from three medicinal plant species, including *Artemisia annua*, *Mentha piperita*, and *Berberis vulgaris*, against selected bacterial and fungal pathogens, as well as to study the synergistic interactions of these extracts with common antibiotics. The methodology was based on extracting active compounds from the plants using appropriate solvents, followed by *in vitro* evaluation of the antimicrobial activity of the extracts against standard strains of pathogens. The minimum inhibitory concentration (MIC) was determined to assess antimicrobial activity, and the checkerboard method was used to investigate the synergistic effects of plant extracts with common antibiotics. Furthermore, the protective properties of the extracts against ultraviolet (UV) radiation were measured using spectrophotometry. The experimental design was completely randomized with three replicates for each treatment. Data obtained from the experiments were analyzed using ANOVA. The results indicated significant antimicrobial activity of the extracts from the three plant species. Moreover, a considerable potential for synergistic effects between the plant extracts and the antibiotics used was observed. The protective properties against UV radiation were also confirmed in the extracts. While confirming the dual role of these plants in self-defense and potential therapeutic applications, these findings emphasize the importance of the ethnopharmacological approach and biotechnology in discovering new drugs.

Keywords: Antimicrobial activity, Ethnopharmacology, Medicinal plants, Plant extract, Synergistic effect, Ultraviolet radiation.

کاربرد پودر ثعلب ارکیده (*Orchis simia*) و گلوکومانان حاصل از آن بر خواص حسی بستنی

زینب مسعودی جوزچال[*1]، نادعلی باقری[2]، نادعلی بابائیان جلودار[3]، غلامعلی رنجبر[3] و جمشید فرمانی[4]

۱ - دانش آموخته دکتری (ژنتیک و بهنژادی گیاهی، علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران)

۲- دانشیار (ژنتیک و بهنژادی گیاهی، علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران)

۳- استاد (ژنتیک و بهنژادی گیاهی، علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران)

۴- دانشیار (علوم و صنایع غذایی، مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران)

[*]نویسنده مسئول: zeinab. Masoodi 3271@gmail.com

چکیده

ثعلب به‌عنوان ماده افزودنی در صنایع غذایی استفاده می‌شود. کیفیت ثعلب با مقدار گلوکومانان موجود در آن سنجیده می‌شود. بنابراین ثعلب با کیفیت بالا باید حاوی بیش از ۴۰ گرم گلوکومانان در ۱۰۰ گرم ثعلب باشد. این تحقیق با هدف بررسی ثعلب و میزان گلوکومانان موجود در غده ارکیده سیمیا (*Orchis simia*) به‌عنوان یک پایدارکننده تجاری، استخراج و در تولید بستنی مورد استفاده قرار گرفت. استخراج گلوکومانان پودر ثعلب حاصل از گیاه ارکیده سیمیا با استفاده از اسیدکلریک ۰/۷ نرمال، مطلوب بود و با روش HPLC ارزیابی شد. میزان گلوکومانان با روش مذکور ٪۶۵/۸۸ بدست آمد. همچنین آنالیز فیتوشیمیایی غده انجام و طی آن میزان نشاسته، پروتئین، خاکستر و مواد آلی پودر ثعلب تعیین شد. میزان گلوکومانان (٪۶۵/۸۸) بیش از نشاسته (٪۳۶/۴۱) بدست آمد. در کاربرد پودر ثعلب و گلوکومانان حاصل از آن به‌عنوان پایدار کننده بستنی، به ترتیب (سه فاکتور رنگ، میزان ذوب و بافت بستنی) و (طعم و میزان احساس سردی) از امتیاز بالا و مورد پسند داوران برخوردار شد. بنابراین کاربرد گلوکومانان، طعم بستنی را خیلی بهتر آشکار می‌کند. نتایج نشان‌دهنده اهمیت پودر ثعلب ارکیده سیمیا و گلوکومانان به‌عنوان پایدار کننده طبیعی در تولید بستنی و سایر کاربردهای آن در صنایع غذایی و دارویی می‌باشد. بنابراین ارکیده سیمیا می‌تواند گزینه مناسبی برای تولید گلوکومانان باشد.

واژه‌های کلیدی: ارکیده، بستنی، پایدار کننده طبیعی، گلوکومانان.

مقدمه

ارکیده‌های زمینی از خانواده ارکیداسه (Orchidaceae) به طور طبیعی در مناطق آب و هوایی معتدل پراکنده می‌شوند و بسیاری از گونه‌های این گروه، غده‌ای را در زیر زمین تشکیل می‌دهند. غده‌های آن ارکیده‌ها قرن‌ها به‌عنوان غذا، عوامل شفابخش و تقویت‌کننده قوای جنسی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ارکیده‌های غده‌ای که به طور گسترده در هند، نپال، چین، ترکیه، خاورمیانه، اروپا و سایر مناطق معتدل جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند، ارکیده ثعلب نامیده می‌شوند (Caliskan et al., 2023). پودر ثعلب از غده‌های خانواده ارکیداسه تولید می‌شود و به دلیل ویژگی‌های عملکردی منحصربه‌فرد و ارزش غذایی در فرمولاسیون‌های غذایی و پزشکی، در چند دهه اخیر مورد توجه تحقیقات زیادی قرار گرفته است. گلوکومانان ماده اصلی تشکیل‌دهنده پودر ثعلب است. به دلیل طعم و مزه خاص، به‌طور

گسترده‌ای به‌عنوان قوام دهنده و تثبیت کننده در نوشیدنی‌ها و بستنی‌های سنتی استفاده می‌شود. علاوه بر این، ثعلب را می‌توان برای ساخت سیستم‌های بسته‌بندی فعال سازگار با محیط زیست و کاربردهای پوشش استفاده کرد. همچنین به دلیل ظرفیت بالای ذخیره آب، می‌توان ثعلب را برای کاربردهای زیست پزشکی اصلاح کرد. غده‌های گیاهانی که به‌طور طبیعی رشد می‌کنند، خشک می‌شوند و بدون هیچ گونه عملیات شیمیایی، پودری تولید می‌شود که حاوی گلوکومانان به‌عنوان پلیمر اصلی است. نشاسته به‌عنوان ذخیره انرژی در غده‌ها، به‌عنوان ناخالصی اصلی پودر ثعلب پس از پروتئین و ترکیبات خاکستر در نظر گرفته می‌شود که با کاهش ویسکوزیته محلول بر کیفیت ثعلب تأثیر می‌گذارد (Kurt, 2021). در ترکیه و ایران از ثعلب در بستنی‌ها با غلظت ۰/۷ تا ۱ درصد استفاده می‌شود. استفاده از ثعلب شامل گلوکومانان بالا (۴۰٪<) به‌طورکلی در تولید بستنی برای افزایش ویسکوزیته محلول و امتیاز حسی مطلوب محصول نهایی ترجیح داده می‌شود (Sen et al., 2018). مطالعه حاضر با هدف بررسی پودر ثعلب ارکیده سیمیا (*Orchis simia*) و گلوکومانان حاصل از آن از نظر میزان ترکیبات و کاربرد آن در خصوصیات کیفی بستنی انجام شد.

مواد و روش‌ها

۱-آنالیز فیتوشیمیایی پودر ثعلب

میزان ماده آلی، خاکستر خام، پروتئین خام و نشاسته پودر ثعلب براساس روش (Makari et al., 2016) و میزان گلوکومانان با روش HPLC اندازه‌گیری شد.

۲- استخراج گلوکومانان

برای استخراج با این روش، ابتدا به نسبت (۸:۱) حلال (هیدروژن کلراید ۰/۷ نرمال) به نمونه (پودر ثعلب) به مدت یک ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد بن‌ماری همزده شد. سپس مخلوط حاصل، سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه) شد تا مواد جامد رسوب کند. مایع رویی برداشته و دو برابر هم حجم آن اتانول ۹۶ درصد افزوده شد تا گلوکومانان رسوب کند. گلوکومانان فیلتر شده در آون با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت خشک شد.

۳- فرآیند تولید بستنی

تولید بستنی به روش سنتی مطابق با روش مشخص شده توسط (Akalın and Erişir, 2008) انجام شد.

۴- آزمون حسی بستنی

ارزیابی حسی بستنی توسط ۱۳ نفر (۸ آقا و ۵ خانم) از بین دانشجویان، کارکنان و اساتید گروه اصلاح نباتات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. صفات مورد ارزیابی بستنی شامل رنگ، طعم، بافت، سرعت ذوب، احساس سردی در دهان و پذیرش کلی از شماره ۱۰-۱ امتیاز داده شد. میانگین وزنی امتیازات با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

۵- اندازه‌گیری pH و مقاومت به ذوب بستنی

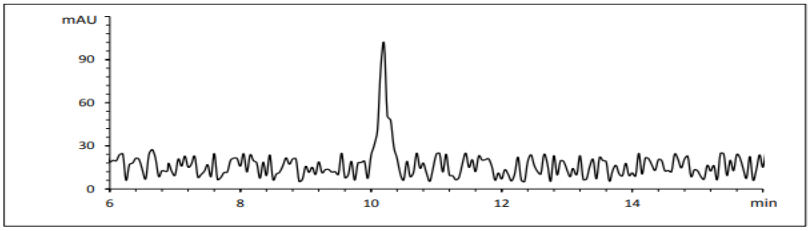
اندازه‌گیری pH نمونه‌های بستنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با استفاده از pH متر دیجیتال و مقاومت به ذوب شدن، بر اساس روش (Alai and Karajian, 2014) انجام شد.

نتایج و بحث

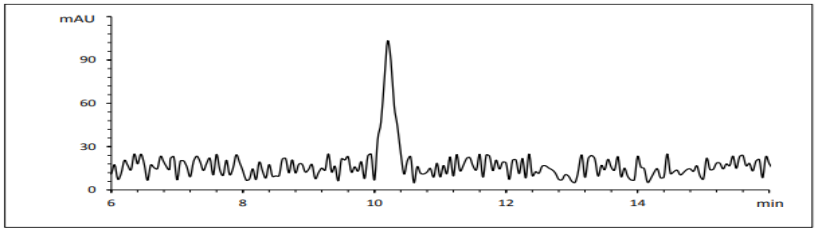
در تعیین گلوکومانان ثعلب با روش HPLC، میزان گلوکومانان ٪۶۵/۸۸ بدست آمد (جدول ۱) به‌طوری‌که کروماتوگرام نمونه استاندارد با نمونه ثعلب ارکیده سیمیا زمان بازداری یکسانی داشتند (شکل ۱). میزان گلوکومانان بیشتر از نشاسته بوده و مطلوب است (جدول ۱).

جدول ۱. میزان ترکیبات شیمیایی غده *Orchis simia*

ترکیبات شیمیایی	نتایج آنالیز (٪)
گلوکومانان	۶۵/۸۸
نشاسته	۳۶/۴۱
خاکستر	۷/۴۰
پروتئین	۹/۹۷
مواد آلی	۹۲/۶



(A)



(B)

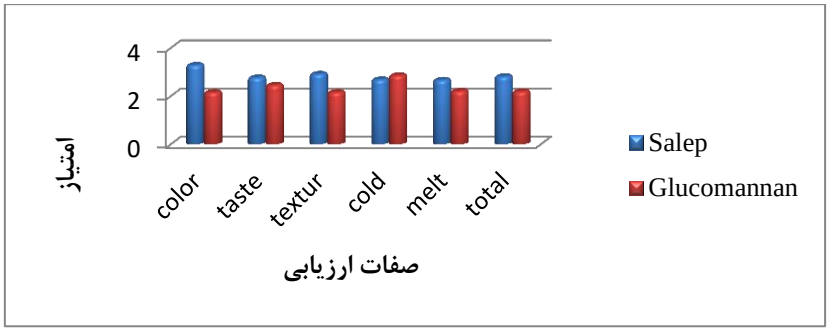
شکل ۱. (A). کروماتوگرام استاندارد گلوکومانان (B).کروماتوگرام گلوکومانان *Orchis simia*

اندازه pH بستنی‌های حاوی ثعلب و گلوکومانان ۶/۷ بود. بستنی حاوی ثعلب، زودتر ذوب شد و بستنی حاوی گلوکومانان مقاومت به ذوب بیشتری نشان داد. این در حالی بود که میزان ثعلب مصرفی ٪۰٫۸~ و میزان گلوکومانان مصرفی ٪۰٫۱~ بوده است و این میزان گلوکومانان معادل ۱ گرم ثعلب است. درصد مقاومت به ذوب شدن، در بستنی‌های حاوی گلوکومانان (۹۳٫۱۷) بیشتر از نمونه حاوی ثعلب (۸۴/۱۸) بود. در مطالعه (Alai and Karajian, 2014) بیشترین میزان مقاومت به ذوب شدن برابر ٪۶۳/۸۳ برای بستنی حاوی ٪۰/۶ گلوکومانان کنجاک بدست آمد. به‌طوری‌که با افزایش میزان گلوکومانان کنجاک از ۰/۲ به ۰/۶ میزان مقاومت به ذوب افزایش پیدا کرده و از ٪۴۷ به ٪۶۳ رسید.

به‌طورکلی، با توجه به نتایج بدست آمده از آزمون ارزیابی حسی، امتیازات پذیرش کلی مربوط به بستنی ثعلب بیشتر از نمونه گلوکومانان بدست آمد. احساس سردی در نمونه گلوکومانان بیشتر از ثعلب بود (جدول ۲-۳). می‌توان گفت، نمونه حاوی گلوکومانان دارای کریستال‌های یخ با سایز بزرگتری نسبت به نمونه‌های حاوی ثعلب است، بنابراین احساس سرما در آن بیشتر محسوس می‌شود. پایدارکننده ثعلب در تمامی نمونه‌ها، امتیازات رنگ و بافت بالاتری نسبت به پایدارکننده گلوکومانان بدست آورد. طعم، بیشترین اهمیت را در بین معیارهای حسی بستنی دارد. نمونه‌های حاوی ثعلب امتیاز طعمی پایین‌تری را دریافت کردند. احتمالا این دلیل را می‌توان به عدم توانایی ثعلب جهت اتصال با ترکیبات معطر موجود در فرمولاسیون بستنی نسبت داد. از بین داوران، تعداد ۶ نفر طعم بستنی حاوی گلوکومانان و ۴ نفر طعم بستنی حاوی ثعلب را پسندیدند و برای ۳ نفر هر دو نمونه امتیاز یکسانی داشتند. بنابراین پایدارکننده گلوکومانان، طعم بهتری از بستنی آشکار می‌سازد. نمودار مقایسه میانگین وزنی ارزیابی حسی (شکل ۲-۳) بیانگر ارجحیت بستنی حاوی ثعلب در مقایسه با گلوکومانان بود. مراحل جداسازی گلوکومانان از غده، نقش مهمی در مطالعه گلوکومانان ایفا می‌کند زیرا می‌تواند بر ناخالصی‌ها، خواص و ساختار گلوکومانان خالص شده تأثیر بگذارد که به نوبه خود بر دامنه کاربردهای این محصول تأثیر می‌گذارد. بنابراین، توسعه روش جداسازی که نه تنها گلوکومانان را با خلوص بالا تولید می‌کند، بلکه راحت و مقرون به صرفه است، مهم است. معمولاً محلول اتانول همراه با عملیات حرارتی برای خالص‌سازی گلوکومانان استفاده می‌شود (Wardhani et al., 2020). در مطالعه ای توسط (Caliskan et al., 2023)، رابطه منفی بین محتوای نشاسته و گلوکومانان غده‌های ارکیده ثعلب را نشان داد که توسط نتایج فعلی ما تأیید شد. مهمترین ویژگی کیفی غده‌های ثعلب، میزان گلوکومانان آن است که برای تولید نوشیدنی گرم و بستنی بسیار مهم است و نسبت بالا مطلوب است. مطابق نتایج (Sen et al., 2018)، نمونه‌های حاوی ثعلب با گلوکومانان بالا (>٪۴۰)، که از گونه‌های (*O. mascula* ssp. *pinetorum*، *S. vomeracea* ssp. *Vomeracea*) به‌دست آمده‌اند، به کیفیت حسی بستنی کمک می‌کنند. مطالعات مربوط به ترکیب شیمیایی ثعلب به دست آمده از گونه ارکیده وحشی در ایران و استفاده از آن در تولید بستنی بسیار نادر است. بااین‌حال، هیچ مطالعه‌ای در مورد اثرات گلوکومانان و محتویات نشاسته‌ی ثعلب به دست آمده از این گونه بر کیفیت در تولید بستنی وجود ندارد. در مطالعه ما، گلوکومانان ثعلب به میزان۰/۱۲۹ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر در تولید بستنی استفاده شد و توانست امتیاز قابل قبولی در مقابل میزان مصرف ثعلب بیشتر کسب کند.

جدول ۳. ارزیابی حسی بستنی‌های حاوی ثعلب و گلوکومانان

تیمار	رنگ	طعم	بافت	سردی	ذوب	کل
ثعلب	۳/۲۹	۲/۷۷	۲/۹۲	۲/۶۹	۲/۶۷	۲/۸۲
گلوکومانان	۲/۱۶	۲/۴۶	۲/۱۶	۲/۸۶	۲/۲۱	۲/۱۹



شکل ۳. مقایسه میانگین وزنی صفات ارزیابی حسی بستنی حاوی ثعلب و گلوکومانان

نتیجه‌گیری

در نتیجه ثعلب (*Orchis simia*) و گلوکومانان حاصل از آن، به‌عنوان هیدروکلوئید و پایدارکننده طبیعی و مناسب در تولید بستنی گزارش می‌شود.

منابع

Alai M. and Karajian H. (2014). Physicochemical, textural, sensory and functional properties of ice cream containing konjac glucomannan stabilizer. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, No. 123, Volume 19.

Akalın, A., & Erişir, D. (2008). Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream. *Journal of food science*, *73*(4), M184-M188.

Caliskan, O., Beşir, A., Anıl, M., Gülser, C., & Kurt, D. (2023). Morphologic and chemical characterizations of some salep orchids. *Eurasian Journal of Soil Science*, *12*(4), 344-351.

Kurt, A. (2021). Salep glucomannan: properties and applications. *Polysaccharides: Properties and Applications*, 177-203.

Makari, F., Gholamalipour Alamdari, A. and Bayat Kohsar, J. (2016). Phytochemical analysis of different organs of the rhubarb plant (Rheum ribes) in the flowering stage (case study: Karizek village heights in Kashmar county). *Journal of Environmental Plant Physiology*, 42: 36 25.

Sen, M. A., Palabiyik, I. and Kurultay, S. (2018).The effect of saleps obtained from various Orchidacease species on some physical and sensory properties of ice cream. *Food Science and Technology*, *39*, 82-87.

Wardhani, D. H., Rahayu, L. H., Cahyono, H. and Ulya, H. L. (2020). Purification of glucomannan of porang (Amorphophallus oncophyllus) flour using combination of isopropyl alcohol and ultrasound-assisted extraction. *Reaktor*, *20*(4), 203-209.

Application of orchid (*Orchis simia*) salep powder and its glucomannan on sensory properties of ice cream

Zeinab Masoudi Jozchal*[1], Nadali Bagheri[2], Nadali Babaian Jelodar[3], Gholamali Ranjbar[3] and Jamshid Farmani[4]

1. PhD graduate (Plant Genetics and Breeding, Agricultural Sciences, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran)
2. Associate Professor (Plant Genetics and Breeding, Agricultural Sciences, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran)
3. Professor (Plant Genetics and Breeding, Agricultural Sciences, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran)
4. Associate Professor (Food Science and Technology, Agricultural Engineering, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran)

Corresponding Author: zeinab. Masoodi 3271@gmail.com

Abstract

Salep is used as an additive in food industries. Salep's quality is measured by the amount of glucomannan in it. Therefore, high-quality salep should contain more than 40 g of glucomannan per 100g of salep. This research aimed to investigate the salep and the amount of glucomannan present in the tuber of simia orchid (*Orchis simia*) as a commercial stabilizer, extracted and used in ice cream production. Extraction of glucomannan from salep powder obtained from simia orchid plant using 0.7 N hydrochloric acid was optimal and was evaluated by HPLC method. The amount of glucomannan was obtained by the aforementioned method as 65.88%. Also, phytochemical analysis of the tuber was performed and the amount of starch, protein, ash and organic matter in the salep powder was determined. The amount of glucomannan (65.88%) was obtained more than starch (36.41%). In the application of salep powder and glucomannan from it as an ice cream stabilizer, (three factors of color, melting rate and texture of ice cream) and (taste and cold feeling) were given high and favorable scores by the judges, respectively. Therefore, the use of glucomannan reveals the taste of ice cream much better. The results indicate the importance of simia orchid salep powder and glucomannan as natural stabilizers in the production of ice cream and its other applications in the food and pharmaceutical industries. Therefore, simia orchid can be a good option for glucomannan production.

Keywords: Orchid, ice cream, natural stabilizer, glucomannan.

اهمیت زراعت گیاه دارویی کلوس (*Kelussia odoratissma*)

علی رحیمی[1*]، محمدرضا چاکرالحسینی[2]، یوسف عسکری[3]

۱-بخش تحقیقات جنگلها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران.

۲- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

۳- بخش تحقیقات جنگلها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

* نویسنده مسئول: rahimi.ali1362@yahoo.com

چکیده

جستجوی نظام‌مند با کلیدواژه‌های مرتبط با گیاه کلوس در پایگاه‌های علمی معتبر انجام شد. منابع مرتبط از مقالات، کتاب‌ها و پایگاه‌های داده استخراج و تحلیل شدند. کرفس‌کوهی (*Kelussia odoratissma*) با نام فارسی کلوس، گیاهی معطر، علفی چند ساله، از خانواده چتریان از گونه‌های با ارزش دارویی و دارای اهمیت اکولوژیک و اقتصادی می‌باشد. رویشگاه طبیعی کلوس ارتفاعات و مناطق برف‌گیر زاگرس مرکزی، از جمله استان کهگیلویه و بویراحمد است، که در معرض آسیب و انقراض جدی است. با توجه به تغییرات حاد اکولوژیکی و خشکسالی‌های اخیر، برای حفظ این گونه گیاهی از جمله بررسی سازگاری آن و کاشت در شرایط دیم و زراعی کردن وجود دارد. بذر این گیاه باید در فصل پاییز و قبل از شروع دوره یخبندان و بارندگی‌های پاییزه کشت شود. فاصله مناسب کاشت در هر ردیف ۵۰ سانتی‌متر توصیه می‌گردد تا از ایجاد رقابت بین پایه‌های این گیاه جلوگیری شود. با فرض استقرار کامل بذرهای کشت شده، کاشت بذر کرفس به صورت تک‌کشتی در ردیف‌هایی با فاصله ۵۰ سانتی‌متر و قرار دادن ۴ عدد بذر در هر گودال حفر شده، میزان بذر خالص و سالم مورد نیاز برای ایجاد یک هکتار زراعت کرفس کوهی تقریباً ۳۵۰۰ گرم است. کاشت بذر کرفس کوهی با توجه به اندازه متوسط بذر آن (طول یک سانتی‌متر و عرض ۷ میلی‌متر) در خاک‌های با بافت سنگین تا متوسط در عمق ۳ تا ۵ سانتی‌متری و در خاک‌های سبک‌تر تا عمق حداکثر ۱۰ سانتی‌متر از سطح خاک توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آسیب، انقراض، زاگرس مرکزی، کشت، کلوس

مقدمه

جهان با چالش‌های مهمی از قبیل تغییر اقلیم، سیل، افزایش روز افزون جمعیت و انواع تنش‌های محیطی روبرو است. همه این‌ها می‌تواند گیاهان را به طور مستقیم یا غیر مستقیم تحت تاثیر قرار دهد. خشکی یکی از مهمترین تنش‌های غیر زیستی و عامل محدود کننده تولید موفقیت آمیز محصولات گیاهی در سراسر جهان محسوب می‌شود و اثرات نامطلوبی بر فعالیت‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان دارد. سازگاری به اثرات تنش خشکی نتیجه تغییر در مکانیسم‌های رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی است که سبب تغییراتی در سرعت رشد، هدایت روزنه‌ای، فرآیند

فتوسنتز و فعالیت‌های آنزیمی گیاهان می‌شود. تنش خشکی فتوسنتز را در گیاهان مختل می‌کند و به تدریج به دلیل بسته بودن روزنه‌ها جذب دی اکسید کربن را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، تنش خشکی بر پایداری غشای سلولی تأثیر می‌گذارد و روابط آبی گیاه را با کاهش در بهره‌وری مصرف آب مختل می‌کند. برای مواجهه با این شرایط، گیاهان مکانیسم‌های متفاوتی را اتخاذ می‌کنند. مدیریت صحیح برای جلوگیری از اثرات نامطلوب تنش خشکی بسیار مهم است (فتحی و همکاران، ۱۴۰۱). همچنین بررسی سازگاری گونه‌های گیاهی وحشی در شرایط دیم و زراعی کردن آنها، یکی از روش‌های جلوگیری از انقراض آنهاست و از جمله گونه‌های گیاهی در معرض آسیب و انقراض استان کهگیلویه و بویراحمد بر اساس نتایج (حسنی‌مقدم و همکاران، ۱۴۰۱)، گیاه دارویی کلوس می‌باشد، که کاشت گیاهان وحشی و زراعی کردن آنها نیازمند تحقیق در تعیین نیازهای محیطی و نحوه تاثیر شرایط محیطی بر گیاه مورد نظر می‌باشد. در این راستا شناخت و کاشت گونه‌های گیاهی سازگار با شرایط کم‌آبی از راهکارهای موثر مقابله با شرایط کنونی منطقه است، لذا به همین منظور، این تحقیق به بررسی یکی از گونه‌های گیاهی وحشی در معرض آسیب و انقراض و سازگار با شرایط محیطی استان کهگیلویه و بویراحمد تحت عنوان کلوس (*Kelussia odoratissma* Mozaff) از جنبه‌های مختلف می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

جستجوی نظام‌مند با کلیدواژه‌های مرتبط با گیاه کلوس در پایگاه‌های علمی معتبر انجام شد. منابع مرتبط از مقالات، کتاب‌ها و پایگاه‌های داده استخراج و تحلیل شدند.

گیاه‌شناسی کلوس

کرفس‌کوهی (*Kelussia odoratissma*) با نام فارسی کلوس، گیاهی معطر از گونه‌های با ارزش دارویی در منطقه زاگرس بوده که دارای اهمیت اکولوژیک و اقتصادی می‌باشد (رزاقی و همکاران، ۱۳۹۳) و گیاهی است علفی چند ساله، از خانواده چتریان (سعیدی و امیدبیگی، ۱۳۸۸)، با ساقه‌های کوتاه و پوشیده با غلاف‌های برگی، گل‌ها به صورت نر-ماده بوده، در گل‌آذین‌های چتر مرکب با ارتفاع ۱۲۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر قرار می‌گیرند. از نظر پدیده‌شناسی، ظهور گیاه از اوایل اسفند ماه در زیر برف آغاز شده، تا اواسط شهریور ماه که به بذر می‌نشیند، ادامه حیات می‌دهد. رویشگاه‌های این گیاه دارای بافت خاک از نوع رس-لای بوده، فاقد شوری و قلیاییت است. این گونه دارای سطح دیپلوئید و عدد پایه کروموزومی x=۱۱ است و کروموزوم‌ها از نظر اندازه تقریباً متوسط هستند. کاریوتیپ این گونه تقریباً متقارن است. تیمار سرما اثر بسیار معنی‌داری بر جوانه‌زنی بذور کلوس نشان داد. همچنین، تیمار خیساندن درصد جوانه‌زنی را افزایش داد. مطالعات گرده‌شناسی، شکل کلی دانه گرده در این گیاه را از نوع دوکی (prolate) نشان داد. گرده از نظر ساختار، هم دارای شیار و هم دارای منفذ بوده، سطح آن نیز مشبک است. بررسی شاخص‌های تنوع زیستی نیز بیانگر تنوع پایین رویشگاه این گیاه بود (عکافی و همکاران، ۱۳۹۳).

اکولوژی و زراعت کلوس

رویشگاه طبیعی کرفس کوهی ارتفاعات و مناطق برف‌گیر زاگرس مرکزی، از جمله استان کهگیلویه و بویراحمد است. به طور کلی حداقل با ارتفاع ۲۵۰۰ متر با بارندگی بیش از ۴۵۰ میلیمتر و حداقل ۶۰ درصد ریزشهای آن بصورت برف باشد. حداکثر دمای هوا در دوره رشد ۲۰ درجه می باشد. رویشگاه این گیاه بر روی خاک‌های کم عمق تا بسیار عمیق با بافت متوسط تا سنگین که ظرفیت نگهداری آب بالایی داشته و فاقد شوری و قلیائیت باشد، دیده می

شود. در گیاه کرفس کوهی برای جوانه زدن نیاز به دوره سرمادهی به منظور خارج شدن از حالت کمون دارد. با توجه به اینکه در منطقه زاگرس مرکزی حداقل به مدت ۴ یا ۵ ماه در سال دوره یخبندان وجود دارد این فرآیند به صورت طبیعی انجام می‌شود. بنابراین بذر این گیاه باید در فصل پاییز و قبل از شروع دوره یخبندان و بارندگی‌های پاییزه کشت شود. فاصله مناسب کاشت در هر ردیف ۵۰ سانتی‌متر توصیه می‌گردد تا از ایجاد رقابت بین پایه‌های این گیاه جلوگیری شود. با فرض استقرار کامل بذرهای کشت شده، کاشت بذر کرفس یه صورت تک‌کشتی در ردیف‌هایی با فاصله ۵۰ سانتی‌متر و قرار دادن ۴ عدد بذر در هر گودال حفر شده، میزان بذر خالص و سالم مورد نیاز برای ایجاد یک هکتار زراعت کرفس کوهی تقریباً ۳۵۰۰ گرم است. کاشت بذر کرفس کوهی با توجه به اندازه متوسط بذر آن (طول یک سانتی‌متر و عرض ۷ میلی‌متر) در خاکهای با بافت سنگین تا متوسط در عمق ۳ تا ۵ سانتی‌متری و در خاکهای سبکتر تا عمق حداکثر ۱۰ سانتی‌متر از سطح خاک توصیه می‌شود. گفتنی است که عمق کاشت در شرایط دیم معمولاً بیشتر در نظر گرفته می‌شود تا بذر رطوبت کافی در اختیار داشته باشد. برای راحتی کار می‌توان کشت را با استفاده از قطعات چوب مناسب که تا عمق ذکر شده رنگ‌آمیزی شده‌اند، انجام داد (بی‌نام، ۱۴۰۲).

اهمیت و ترکیبات گیاه کلوس

گیاهان دارویی از دیرباز دارای جایگاه ویژه‌ای در نظام سنتی کشاورزی ایران بوده و استفاده از این گیاهان به عنوان دارو برای پیشگیری و درمان بیماری‌ها از روزگاران کهن مورد توجه متخصصان طب سنتی قرار داشته است. گیاهان دارویی با منابع غنی از متابولیت‌های ثانوی، مواد موثره اساسی بسیاری از داروها را تامین می‌کنند. گرچه بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه به صورت ژنتیکی کنترل می‌شود، ولی ساخت آنها به شدت توسط عوامل محیطی تحت تاثیر قرار می‌گیرد (رحیمی، ۱۳۹۶). کرفس کوهی دارای دو گروه ترکیبات اسانس و فلاونوئید می‌باشد. فلاونوئیدها بخش مهمی از ترکیبات این گیاه هستند که دارای اثرات ضدالتهابی، ضدویروسی، ضددیابت و ضدسرطان می‌باشند. مهم‌ترین ترکیب موجود در اسانس کرفس کوهی بوتیلیدن دی‌هیدروفتالید و نیز بوتیلیدن فتالید است. فتالیدها به طور عمده در بذر گیاه یافت می‌شوند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸). به دلیل فالونوئید و Z-لگوستلید موجود در کرفس کوهی، این گیاه دارای اثرات ضد التهاب، آرام‌بخش، ضد سرفه، ضد دیابت، ضد سرطان، ضد آسم می‌باشد (رزاقی و همکاران، ۱۳۹۳). در طب سنتی برای اندام‌های هوایی گیاه کرفس کوهی، خواصی همچون ضدالتهاب، ضددرد، درمان روماتیسم و تصفیه خون ذکر شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸). میزان اسانس بذر بدست آمده از این گیاه ۲/۱ درصد بود. بذر حاوی ۲۵ درصد روغن بود و مهمترین اسید چرب بذر، شامل: اسید پتروسلینیک و اسید اولئیک به میزان ۷۵/۳۵ درصد بود. سایر اسیدهای چرب بذر اسید لینولئیک ۱۹/۱۴ درصد، اسید پالمتیک ۶/۶۵ درصد، اسید استئاریک ۱/۹ درصد و اسید لینولنیک ۹۵/ درصد بودند (سعیدی و امیدبیگی، ۱۳۸۸). اسانس‌ها، یکی از مهم‌ترین ترکیبات ثانویه موجود در گیاهان و حتی برخی جانوران می باشند که به دلیل خواص عطر یخشی، طعم دهندگی و جلوگیری از فساد در صنایع غذایی از اهمیت زیادی برخوردارند. علاوه بر آن خواص درمانی برخی از اسانس‌ها نظیر تقویت معده، کاهش نفخ، ضد درد، آنتی اکسیدان، افزایش سطح ایمنی بدن، تمدد اعصاب و غیره به اثبات رسیده است. در همین راستا با توجه به مصرف بومی اندام هوایی (برگ و ساقه) گیاه انحصاری کرفس کوهی یا کلوس در فرآوردهای لبنی به خصوص ماست و دوغ، باعث شد تا تحقیقی توسط شاکریان و همکاران (۱۳۹۱) با هدف بررسی اثرات اسانس گیاه مذکور بر خواص حسی و ماندگاری ماست اجرا شود و اسانس کرفس کلوس استخراج شده با ماست تولید شده به روش صنعتی در کارخانه در غلظت‌های مختلف و پودر گیاهی کرفس بعد از مرحله استارترزنی و قبل از بسته بندی اضافه شد و

ماست تولید شده در مدت ۳۰ روز و در فاصله های زمانی مشخص مورد ارزیابی فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حسی قرار گرفت، که نتایج نشان داد که اسانس کرفس کوهی بر روی خواص فیزیکی و شیمیایی ماست تاثیر گذار بوده و باعث کنترل افزایش اسیدیته ماست می‌شود، ولی ظرفیت نگهداری آب را کاهش داد. همچنین خواص حسی را افزایش داده و بیشترین تأثیر را بر طعم و عطر دارد و باعث افزایش ماندگاری ماست گردید.

چالش‌های گیاه دارویی کلوس

آب از منابع کمیاب در ایران است که تحت تأثیر میزان بارندگی است. اثر تنش آبی به مدت زمان، دوام و اندازه کمبود آن بستگی دارد (Pandey et al., 2008). خشکسالی و تنش ناشی از آن، مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش محیطی است که هر ساله خسارت‌های هنگفتی به محصولات جهان، بخصوص ایران، وارد می‌نماید (صباغ‌پور، ۱۳۸۲) و در بین عوامل بازدارنده محیطی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی، باغی و دارویی، تنش کمبود آب مهم‌ترین عامل کاهش تولید بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود (Reddy et al., 2004). کمبود آب در جریان تولید گیاهان می‌تواند صدمات سنگینی به رشد و نمو و همچنین مواد مؤثرهٔ دارویی گیاهان وارد نماید (امیدبیگی، ۱۳۷۹) و مهمتر، مقدار آب در دسترس گیاه از عوامل مهم اقلیمی مؤثر بر توزیع و پراکنش گیاهان در سرتاسر جهان بوده و می‌تواند باعث تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه شود (حسنی و امیدبیگی، ۱۳۸۱). همچنین سودآوری‌های کلان اقتصادی و توجه روزافزون به تجارت گیاهان دارویی، مشکلاتی برای این منابع به وجود آورده و بقای بسیاری از گونه‌های دارویی را با خطر نابودی مواجه کرده‌اند؛ زیرا بخش بزرگی از نیاز بشر به گیاهان دارویی با جمع‌آوری از عرصه‌های طبیعی تأمین شده است. براساس گزارش‌های موجود اکنون حدود ۸ درصد گونه‌های جهان (۳۴ هزار گونه) در معرض انقراض قرار دارند (Bernath, 2002). گیاهان یکی از ذخایر ارزشمند ژنتیکی جهان محسوب می‌شوند. پیش‌بینی می‌شود که بیش از ۱۵ تا ۴۰ درصد گونه‌های زنده، در سال ۲۰۵۰ انقراض پیدا خواهند کرد. مطالعات در مورد گونه‌های در حال انقراض و حفظ ذخایر ژنتیکی در دنیا، از سال ۱۹۶۰ به طور بسیار جدی مطرح شد. به طوری که سازمان‌های بین المللی در این راستا تشکیل شدند (توحیدفر و حاجی برات، ۱۳۹۵). استان کهگیلویه و بویراحمد بواسطه موقعیت جغرافیایی خاص آن محل زیست گونه‌های گیاهی مختلفی است که برخی از آنها منحصر به فرد بوده و تنها در این استان امکان رویش دارند به گونه‌ای که این استان ۲۱۰۰ گونه گیاهی که ۲۸ درصد گونه‌های گیاهی کشور را شامل می‌شود در خود جای داده است. از این تعداد ۴۲۵ گونه، گیاهان دارویی می‌باشند اما در سالیان اخیر بخش قابل توجهی از این گونه‌ها به دلایل گوناگون در معرض خطر انقراض قرار گرفته‌اند. کلوس یا کرفس کوهی (*Kelussia odoratissima* Mozaff.) یک گیاه دارویی اندمیک زاگرس مرکزی ایران است، که بر اساس نتایج احمدی و همکاران (۱۳۹۸) به دلیل برداشت بیش از حد آن در اوایل دوره رویشی و زمان نسبتاً زیاد مورد نیاز برای استقرار و تولید بذر، این گیاه فرصت تجدید حیات و تولید بذر را نداشته و در معرض انقراض می‌باشد.

راهبردهای علمی مقابله با چالش‌های گیاه دارویی کلوس

خشکی به عنوان مشکل مهم اقلیم ایران مطرح است، لذا انتخاب گونه‌های مناسب مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار حائز اهمیت است. در این راستا بسیاری ازکشاورزان بومی این مناطق، کشت گیاهان سازگار را انتخاب کرده‌اند (بنایان اول و همکاران، ۱۳۹۰). گونه‌های مختلف گیاهی از نظر مقاومت به خشکی دامنه وسیعی را نشان می‌دهند که به دلیل سازگاری‌های فیزیولوژیکی، ریخت‌شناسی و بیوشیمیایی آنها می‌باشد. عوامل مورفولوژیک مانند تغییر در سطح برگ، سطح و حجم تاج پوشش، وزن کل بیوماس و یا وزن تاج پوشش، ارتفاع، قطر، طول میان‌گره، قطر تنه، سطح

مقطع تنه، زاویه انشعاب شاخه با تنه اصلی، زاویه انشعاب برگ با شاخه، رشد افقی و عمودی ریشه، تراکم ریشه در واحد حجم خاک می‌توانند بر میزان مقاومت گیاه به تنش خشکی نقش داشته باشند (صباغ‌پور، ۱۳۸۳؛ Thomas and Gausling, 2000). برخی تغییرات فیزیولوژیک گیاهان مقاوم به خشکی در طی بروز تنش خشکی نیز موجب ذخیره مواد تنظیم کننده اسمزی همانند اسیدهای آمینه، قندها، برخی از یون‌های معدنی، هورمون‌ها و پروتئین‌ها می‌شود (Reddy et al., 2004)، در شرایط خشک‌سالی چند دهه اخیر، استفاده از روش‌های علمی و جدید برای افزایش رشد و میزان موثره گیاهان دارویی و معطر از جمله کلوس یا کرفس کوهی (*Kelussia odoratissima* Mozaff.) در استان کهگیلویه و بویراحمد که بعلت کاهش بارندگی‌های سال‌های اخیر، تحت تنش خشکی مداوم قرار دارد، امری ضروری است.

یکی از روش‌ها در سال‌های اخیر برای مقابله با کم‌آبی و تنش خشکی، استفاده از قارچ‌های مایکوریزای وزیکولار آربوسکولار در بسیاری از گیاهان است. قارچ‌های مایکوریزای وزیکولار آربوسکولار یکی از انواع کودهای زیستی بوده که دارای رابطه همزیستی مسالمت‌آمیز با ریشه گیاهان است (Gogoi and Singh, 2011). تاثیر مثبت این قارچ بر برخی گیاهان مختلف گزارش شده است (Moradi et al., 2011؛ Karagiannidis et al., 2012). قارچ‌های مایکوریزا همزیست اجباری بیش از ۸۰ درصد خانواده‌های گیاهی می‌باشند و در شرایط مختلف و به خصوص در مواردی که گیاه با محدودیت‌ها و از جمله تنش‌های محیطی مواجه باشد، بقاء و افزایش رشد و نمو گیاه میزبان را مورد حمایت قرار می‌دهد. در شرایط تنش، فشردگی حضور مایکوریزا باعث اختصاص بیشتر کربن به ریشه گیاه شده و لذا رشد ریشه و گسترش طولی آن افزایش می‌یابد که به دلیل افزایش سطح تماس ریشه با خاک و در نتیجه افزایش جذب آب و مواد غذایی در ناحیه تخلیه ریشه می‌باشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۰). هیف‌های قارچ مایکوریزا می‌توانند به منافذ بسیار ریزی که حتی تارهای کشنده قادر به نفوذ در آنها نیستند، وارد شده و باعث افزایش میزان جذب آب گردند (Tisdall, 1991). قارچ‌های همزیست، مواد کربوهیدراتی را عمدتاً به شکل ساکارز از گیاه دریافت و عناصر غذایی (عمدتاً فسفر) را در اختیار گیاه قرار می‌دهند (Marulanda and Barea, 2009). به این ترتیب که عناصر غذایی از غشای آربوسکول از طریق حامل‌های غشایی، که با شیب پروتون عمل می‌کنند، به صورت فعال در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و مواد کربوهیدراتی موجود در آوند آبکش گیاه، ابتدا توسط قارچ به گلوگز و فروکتوز تبدیل شده و سپس توسط حامل‌ها جذب می‌گردد (Smith et al., 2010). برای حفظ گونه‌های در معرض آسیب و انقراض (کلوس یا کرفس کوهی *Kelussia odoratissima* Mozaff.)، اقداماتی از جمله تشکیل بانک‌های ژن گیاهی، تعیین مناطق حفاظت شده جهت حفظ ذخایر ژنتیکی و کاشت گونه‌های در حال انقراض در باغ‌های گیاه‌شناسی و مزارع وجود دارد. جهت تشکیل بانک‌های ژن گیاهی و کاشت گونه‌ها در مزارع و وارد شدن آنها در تناوب با محصولات زراعی و یا ایجاد پایلوت جهت حفظ، نگهداری، تکثیر و پرورش گیاهان در حال انقراض استان، نیازمند آگاهی از تکنیک بهبود و افزایش قدرت جوانه زنی بذر، استقرار و ایجاد یک گیاهچه کاملا سالم و قوی و افزایش کارایی بالای گیاه در مزارع است. که بر اساس گزارشات (Boddy et al., 2012)، مشخص کردن دمای کاردینال و زمان‌گرایی مفید برای یافتن دمای مطلوب برای سریع‌ترین جوانه‌زنی، به عنوان یک معیار جهت توزیع گونه‌ها تحت سناریوهای تغییر اقلیم‌های مختلف، بسیار مفید می‌باشد و از طرفی پرایمینگ یکی از روش‌های بهبود کارکرد و افزایش کیفیت بذر برای جوانه‌زنی در شرایط نامساعد محیطی است (Basra et al., 2004) و پرایمینگ بذر یک روش فیزیولوژیکی است که کارایی بذر را برای جوانه زنی سریع و هماهنگ بهبود می‌بخشد (Mohammadi and Amiri, 2010)، که در همین راستا تعیین کاردینال دمایی در شرایطی که بذرها عملیات پرایمینگ بذر بر آنها اعمال شده باشد، می‌تواند موثر و مفید واقع شود.

نتیجه‌گیری

کلوس یا کرفس کوهی (*Kelussia odoratissima* Mozaff.) یک گیاه دارویی اندمیک زاگرس مرکزی ایران است، که بر اساس نتایج محققان به دلیل برداشت بیش از حد آن در اوایل دوره رویشی و زمان نسبتاً زیاد مورد نیاز برای استقرار و تولید بذر، این گیاه فرصت تجدید حیات و تولید بذر را نداشته و در معرض انقراض می‌باشد. با توجه به تغییرات حاد اکولوژیکی و خشکسالی‌های اخیر، برای حفظ این گونه گیاهی از جمله بررسی سازگاری آن و کاشت در شرایط دیم و زراعی کردن وجود دارد. بذر این گیاه باید در فصل پاییز و قبل از شروع دوره یخبندان و بارندگی‌های پاییزه کشت شود. فاصله مناسب کاشت در هر ردیف ۵۰ سانتی‌متر توصیه می‌گردد تا از ایجاد رقابت بین پایه‌های این گیاه جلوگیری شود. با فرض استقرار کامل بذرهای کشت شده، کاشت بذر کرفس یه صورت تک‌کشتی در ردیف‌هایی با فاصله ۵۰ سانتی‌متر و قرار دادن ۴ عدد بذر در هر گودال حفر شده، میزان بذر خالص و سالم مورد نیاز برای ایجاد یک هکتار زراعت کرفس کوهی تقریباً ۳۵۰۰ گرم است. کاشت بذر کرفس کوهی با توجه به اندازه متوسط بذر آن (طول یک سانتی‌متر و عرض ۷ میلی‌متر) در خاک‌های با بافت سنگین تا متوسط در عمق ۳ تا ۵ سانتی‌متری و در خاک‌های سبک‌تر تا عمق حداکثر ۱۰ سانتی‌متر از سطح خاک توصیه می‌شود.

منابع

احمدی،خ. امیدی،ح. امینی دهقی، م. نقدی بادی، ح. (۱۳۹۸). مروری بر خصوصیات گیاهشناسی، فیتوشیمیایی و فارماکولوژیکی گیاه دارویی کرفس کوهی(*Kelussia odoratissima* Mozaff). فصلنامه گیاهان دارویی، ۱۸ (۱۴): ۳۰-۴۵.

امیدبیگی، ر. (۱۳۷۹). رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد اول، چاپ دوم، انتشارات طراحان نشر، تهران، ۲۸۳ صفحه.

بی‌نام. ۱۴۰۲. کرفس کوهی. شرکت پاکان بذر اصفهان. https://www.pakanbazr.com

بنایان اول، م. ف.، خانی‌نژاد، س.ف.، قربانی، ص. و حسام عارفی، ا. (۱۳۹۰) ارزیابی نوسان برخی مولفه‌های تولیدی گیاه در گیاهان دارویی، پژوهش‌های زراعی ایران، ۹: ۳۶۸-۳۷۸.

توحیدفر، م. حاجی برات، ز. (۱۳۹۵). نجات گونه‌های گیاهی در حال انقراض با استفاده از تراریخته. مجله ایمنی زیستی. ۹(۴): ۲۳-۳۱.

حسنی‌مقدم، ا. شعبان، م. دهشیری،ع. حسنی، ف. دولتشاه، م. اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر بر رفع خواب و خصوصیات جوانه‌زنی بذر و رشد هتروتروفیک گیاهچه کرفس‌کوهی (*Kelussia odoratissma* L.) و ارزیابی سازگاری آن با شرایط آب و هوایی شهرستان بروجرد. فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران، ۱۷ (۳): صفحه ۷۴-۵۳.

حسنی، ع. و امیدبیگی، ر. (۱۳۸۱). اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان، دانش کشاورزی ۱۲: ۵۹-۴۷.

رازقی، ل. نعمتی، س. ح. باقری، ع. ا. زیارت‌نیا، س. م. عزیزی، م. (۱۳۹۳). تأثیر ترکیب‌های هورمونی بر القاء کالوس گیاه دارویی کرفس کوهی (*Kelussia odoratissima* Mozaff) و بررسی رشد آن در محیط کشت مایع. دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، شماره ۶ : ۹۳-۹۴۳.

رحیمی، ع. (۱۳۹۶). تاثیر قارچ مایکوریزا بر خصوصیات فیزیولوژیکی، مواد مؤثره و عملکرد گیاه دارویی گاوزبان (*Borago officinails* L.) تحت تنش آب، رساله‌ی دکتری، دانشگاه یاسوج، ایران. ۱۰۱ صفحه.

صباغ‌پور، ح. (۱۳۸۲). سازوکارهای تحمل به خشکی در گیاهان. فصلنامه خشکی و خشکسالی کشاورزی، (۱۳): ۳۲-۲۱.

صباغ‌پور، س.ح. (۱۳۸۳). شاخص‌ها و مکانیزم‌های مقاومت به خشکی در گیاهان، انتشارات وزارت جهاد کشاورزی. معاونت زراعت. کمیته ملی مدیریت خشکی وخشکسالی کشاورزی، تهران.

فتحی، ا. ملکی، ع. ناصری، ر. (۱۴۰۱). مروری بر اثرات تنش خشکی در گیاهان و برخی راهکارهای موثر در مدیریت زراعی. فیزیولوژی محیطی گیاهی.

Basra, S. M. A., Ashraf, M., Iqbal, N., Khaliq, A., and Ahmad, R. (2004). Physiological and biochemical aspects of pre- sowing heat stress on cotton seed. *Seed Sci. Technol*, 32:765-774.

Bernath, J. (2002). Strategies and recent achievements in selection of medicinal and aromatic plants. *Acta Horticulturae* 576: 115-128.

Boddy, L. G., Bradford, K. J., and Fischer, A. J. (2012). Population-based threshold models describe weed germination and emergence patterns across varying temperature, moisture and oxygen conditions. *Journal of Applied Ecology*, 49(6) : 1225-1236.

Gogoi, P. and R. K. Singh. (2011). Different effect of some arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Piper longum* L. (Piperaceae). Indian Journal of Sciences and Technology, 4(2): 119- 125.

Karagiannidis, N., T. Thomidis, E. Panou-Filotheou and C. H. Karagiannidis. (2012). Response of three mint and two Oregano species to *Glomus etunicatum* inoculation. *Australian Journal of Crop Sciences*. 6(1): 164- 169.

Marulanda, A. and G. M. Barea. (2009). Stimulation of plant growth and drought to clearance by native micro-organisms from dry environments: mechanisms related to bacterial effectiveness. *Journal of Plant Growth Regulator*, 28: 115- 124.

Mohammadi, G. R., and Amiri, F. (2010). The effect of priming on seed performance of canola *(Brasica napus* L.*)* under drought stress. *American-Eurasian Journal. of Agriculture and Environment. Science*, 9 (2): 202-207.

Moradi, R., P. Rezvani Moghaddam, M. Nasiri Mahallati and A. Nezhadali. (2011). Effects of organic and biological fertilizers on fruit yield and essential oil of sweet fennel (*Foeniculum vulgar* Var. Duice). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(2): 546-553.

Reddy, A. R., K. Y. Chaitanya and M. Vivekanandan. (2004). Drought induced resposes of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Environmental and Experimental Botany*, 161: 1189-1202.

Pandey, R. K., J. W. Maranville and A. Admou. (2001). Tropical wheat response to irrigation and nitrogen in a Sahelian environment. I. Grain yield, yield components and water use efficiency. *European Journal of Agronomy*, 15: 93-105.

Smith, S. E., E. Facelli and S. Pope. (2010). Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. *Plant and Soil*, 326: 3-20.

Thomas, M.T. and Gausling, T. (2000). Morphological and physiological responses of oak (*Quercuspet raea* and *Q.robur*) to moderat drought, *Annals of Forest Science*.

Tisdall, J. M. (1991). Fungal hyphae and structural stability of soil. *Australian Journal of Soil Research*, 29 (6): 729-743.

The cultivation of medicinal plant *Kelussia odoratissma*

Ali Rahimi[1]*, Mohammad Reza Chakeral Hosseini[2], Yousef Askari[3]

1. Forests, rangelands and watershed Research Department, Kohgiluyeh-Boyerahmad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasouj, Iran.
2. Department of soil and water research, Kohgiluyeh-Boyerahmad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasouj, Iran.
3. Forests, rangelands and watershed Research Department, Kohgiluyeh-Boyerahmad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasouj, Iran.

Corresponding Author: rahimi.ali1362@yahoo.com

Abstract

A systematic search was conducted with keywords related to the plant *Kelussia odoratissma* in reputable scientific databases. Relevant sources were extracted and analyzed from articles, books, and databases. Mountain Celery (*Kelussia odoratissma*) with the Persian name Kelus, is an aromatic, herbaceous perennial plant, belonging to the Chetrian family, one of the species with medicinal value and ecological and economic importance.The natural habitat of Kelus is the highlands and snowy areas of central Zagros, including Kohgilooyeh and Boyerahmad provinces, which is under serious damage and extinction. Due to the acute ecological changes and recent droughts, and to preserve this plant species, including checking its compatibility and planting in rainy conditions, there is cultivation. The seeds of this plant should be sown in the fall before the onset of frost and autumn rainfall. The recommended planting distance in each row is 50 cm to prevent competition between the plants. Assuming that the seeds are fully established, the amount of pure and healthy seeds required to establish one hectare of mountain celery cultivation is approximately 3500 grams. Considering its average seed size (one centimeter long and 7 millimeters wide), mountain celery seeds are recommended to be planted in heavy to medium-textured soils at a depth of 3 to 5 centimeters, and in lighter soils to a maximum depth of 10 centimeters from the soil surface.

Key words: Damage, extinction, Central Zagros, cultivation, Kelussia odoratissma.

مطالعه بخشی از فلور منطقه مختار در استان کهگیلویه و بویراحمد

علی رحیمی[1*]، یوسف عسکری[2]، محمدرضا چاکرالحسینی[3]

۱- بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

۲- بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

۳- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

[*]نویسنده مسئول: rahimi.ali1362@yahoo.com

چکیده

معرفی مجموعه گیاهان موجود در یک منطقه (فلور منطقه) از کارهای مهمی است که در جهت استفاده بهینه از منابع طبیعی موجود در یک منطقه صورت می‌گیرد. روستای مختار از توابع بخش مرکزی شهرستان بویراحمد استان کهگیلویه و بویراحمد با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی، در سه کیلومتری غرب یاسوج قرار گرفته است. ارتفاع روستای مختار از سطح دریا ۱۷۶۰ متر است و آب و هوای آن در فصول بهار و تابستان بسیار دلپذیر و مطبوع و در زمستان سرد است. استقرار روستا در ناحیه تاریخی استان کهگیلویه و بویراحمد و وجود امامزاده مختار (ع) از قدمت روستا حکایت دارد. امید است معرفی برخی گیاهان موجود در این منطقه بتواند اطلاعات پایه و بنیادی را فراهم کند تا در علوم مختلف زیستی، کشاورزی، داروسازی و صنعتی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به اهمیت شناسایی وضعیت موجود پوشش گیاهی روستای مختار، بررسی و مطالعه پوشش گیاهی در این روستا برای نخستین بار انجام شد. جو موشی یا وحشی (*Hordeum murinum* L.)، بارهنگ سر نیزه‌ای یا کاردی (*Plantago lanceolata* L.)، کاهوی خاردار، گاو چاق کن (*Lactuca serriola* L.)، ازمک (*Lepidium draba* L.) و غیره از جمله گونه‌های گیاهی موجود در فاز اول جمع‌آوری در این روستا بود. تشکیل بانک‌های ژن گیاهی، تعیین مناطق حفاظت شده جهت حفظ ذخایر ژنتیکی و کاشت گونه‌های در حال انقراض در باغ‌های گیاه‌شناسی و مزارع از توصیه‌های ترویجی این بررسی است.

واژه‌های کلیدی: شناسایی، فلور، کشاورزی، گیاهان، منابع طبیعی

مقدمه

کشور ایران با وسعت ۱۶۵ میلیون هکتار از نظر عوارض طبیعی، اقلیمی و پوشش گیاهی بسیار متغیر و متفاوت است، به‌طوری که ارتفاع آن از ۲۴- متر تا ۵۶۷۸ متر از سطح دریا و از نظر دما از ۵۰+ تا ۳۰- درجه سانتیگراد تغییر می‌کند (آذرنیوند و زارع چاهوکی، ۱۳۸۹). تفاوت آب و هوایی به تنوع پوشش گیاهی منجر می‌شود، به طوری که در ایران، جوامع گیاهی مربوط به بیابان‌های کاملاً خشک و استپ‌های علفی و نیز جوامع بوته‌ای و جنگلی یافت می‌شود (آذرنیوند و زارع چاهوکی، ۱۳۸۹). در حدود ۸۰۰۰ گونه گیاهی متعلق به ۱۵۰ تیره گیاهی در کشور وجود دارد که ۱۷۲۷ گونه از این گیاهان (۲۲ درصد)، جزو گونه‌های بومزاد هستند که به نوعی در خطر انقراض قرار دارند. تعداد ۲۱

گونه از این آنها در معرض خطر و تعداد ۴۳۲ گونه جزو طبقه آسیب‌پذیر قرار دارند (جلیلی و جم‌زاد، ۱۳۷۸). امروزه مناطق تحت حفاظت (قرق شده) از مفیدترین اشکال نگهداری از منابع طبیعی گیاهی هر سرزمینی شناخته می‌شود (خواجه‌الدین و یگانه، ۱۳۸۹). شناسایی و معرفی رُستنی‌های یک منطقه به‌طور اختصاصی و محلی اهمیت ویژه‌ای دارد که از جمله آن می‌توان امکان دسترسی به گونه‌های گیاهی خاص در محل و زمان معین، تعیین پتانسیل و قابلیت‌های رویشی منطقه، امکان افزایش تراکم گونه‌های منطقه، شناسایی گونه‌های مقاوم، مهاجم و گونه‌های در حال انقراض، کمک به تعیین پوشش گیاهی کشور، امکان دستیابی به گونه یا گونه‌های جدید گیاهی و شناسایی عوامل مخرب رُستنی‌ها را نام برد (قلاسی مود و همکاران، ۱۳۸۵). به طور کلی، پوشش گیاهی هر منطقه از مهم‌ترین پدیده‌های نمود چهره و سیمای طبیعت و بهترین راهنمای قضاوت درباره عوامل بوم‌شناختی آن منطقه است، زیرا گیاهان موجودات پابرجایی هستند که در دراز مدت کلیه شرایط و رخدادهای محیط زیست را تحمل کرده، در نهایت به وضع موجود در آمده‌اند و با تنش‌های زیست محیطی سازگار شده‌اند (میمندی نژاد، ۱۳۴۷). فلور ایران از دیرباز مورد توجه پژوهشگران خارجی و داخلی بوده است و نمونه‌های گیاهی فراوانی از مناطق مختلف کشور جمع‌آوری و شناسایی شده است (رچینجر، ۱۳۸۸-۱۳۴۱)، (دیویس، ۱۳۵۴-۱۳۷۷)، (زهری، ۱۳۵۱)، (قهرمان، ۱۳۸۱-۱۳۵۶)، (معصومی، ۱۳۶۵) و (اسدی و همکاران، ۱۳۷۷-۱۳۸۹). استان کهگیلویه و بویراحمد با ۲۶۴/۱۶ کیلومترمربع وسعت در جنوب غربی ایران واقع شده است. این استان از شمال با استان چهار محال و بختیاری، از جنوب با استان‌های فارس و بوشهر، از شرق با استان‌های اصفهان و فارس و از غرب با استان خوزستان همسایه است و سرزمینی کوهستانی و نسبتاً مرتفعی است که کوه‌های زاگرس با رشته‌های موازی، سراسر شمال و شرق و کوه‌های سیاه و سفید، خومی خائیز و نیل جنوب شرقی آن را در برگرفته‌اند. بلندترین نقطه استان قله دنا با ارتفاع ۴۴۰۹ متر و پست‌ترین ناحیه آن لیشتر به ارتفاع ۵۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. رودخانه‌های مارون، بشار، زهره، خرسان و نازمکان از این استان عبور می‌کنند و ارتفاعات آن، سرچشمه تعدادی از رودخانه‌ها است. با توجه به شرایط جغرافیایی استان، هر چه در امتداد اصلی کوه‌های زاگرس از شمال شرقی به جنوب غربی نزدیکتر شویم، از ارتفاع کوه‌ها و مقدار بارندگی و رطوبت هوا به طور محسوسی کاسته می‌شود. این وضعیت طبیعی، مشخصات اقلیمی دوگانه‌ای را پدید آورده و استان را به دو ناحیه سردسیری و گرمسیری تقسیم کرده است: الف- ناحیه گرمسیری و ب- ناحیه سردسیری (حفاظت محیط زیست، ۱۴۰۳) که روستای مختار در این ناحیه قرار گرفته و از دیگر زیبایی‌های این استان بودن مناطق سردسیری آن در پهنه شمال خاوری این استان بوده به گونه‌ای که طبیعت این مناطق در اردیبهشت ماه و فصل بسیار دلپذیر و دل انگیز است (شبکه اطلاع‌رسانی دانا، ۱۴۰۳). یکی از مناطقی که امروز می‌تواند در شهر یاسوج یا همان پایتخت طبیعت ایران حرف‌های زیادی برای گفتن داشته باشد، روستای زیبای مختار در نزدیکی شهر یاسوج است که به روستای زیبایی‌های ناشناخته جنگل‌های زاگرس شهره است و در لابه‌لای درختان تنومند و کهن‌سال زاگرس بنا شده که دوستی انسان و درخت را بیشتر از هر چیز دیگری برای رهگذران نمایان می‌کند (شبکه اطلاع‌رسانی دانا، ۱۴۰۳). روستای مختار از توابع بخش مرکزی شهرستان بویراحمد استان کهگیلویه و بویراحمد با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی، در سه کیلومتری غرب یاسوج قرار گرفته است ارتفاع روستای مختار از سطح دریا ۱۷۶۰ متر است و آب و هوای آن در فصول بهار و تابستان بسیار دلپذیر و مطبوع و در زمستان سرد است. استقرار روستا در ناحیه تاریخی استان کهگیلویه و بویراحمد و وجود امامزاده مختار (ع) از قدمت روستا حکایت دارد. معرفی مجموعه گیاهان موجود در یک منطقه (فلور منطقه) از کارهای مهمی است که در جهت استفاده بهینه از منابع طبیعی موجود در یک منطقه صورت می‌گیرد. امید است معرفی برخی گیاهان موجود در این منطقه بتواند اطلاعات پایه و بنیادی را فراهم کند تا در علوم مختلف زیستی، کشاورزی، داروسازی و صنعتی مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

با توجه به اهمیت شناخت وضعیت موجود پوشش گیاهی در روستای مختار شهرستان بویراحمد، استان کهگیلویه و بویراحمد، بررسی و مطالعه پوشش گیاهی در این روستا برای نخستین بار در فاز اول با بررسی‌های صحرایی در فصول رویشی سال ۱۴۰۲ انجام شد. ابتدا عکس‌برداری و برداشت از گیاهان انجام گرفت. سپس شماره گذاری و داخل کیسه پلاستیکی قرار داده شدند و در اسرع وقت به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد منتقل گردیدند. جهت عاری بودن از وجود گرد و خاک و یا گل بر روی ریشه و یا ساقه و برگ، گیاهان با آب شستشو و پس از آن اندام‌های خشک شده و یا آلوده به آفت و بیماری با قیچی جدا شدند و به وسیله کاغذ خشک کن و یا کاغذ روزنامه تمیز آب گیری از گیاهان صورت گرفت. نمونه‌های آماده شده با مراجعه به منابع: فلورا ایرانیکا (رچینجر، ۱۳۸۸-۱۳۴۱)، فلور ترکیه (دیویس، ۱۳۵۴-۱۳۷۷)، فلور ایران (اسدی و همکاران، ۱۳۷۷-۱۳۸۹)، فلور رنگی ایران (قهرمان، ۱۳۸۱-۱۳۵۶)، گون‌های ایران (معصومی، ۱۳۶۵) و فرهنگ نام‌های گیاهان ایران (مظفریان، ۱۳۷۷) شناسایی شدند.

نتایج و بحث

پس از بررسی و مطالعه پوشش گیاهی در این روستا برای نخستین بار در فاز اول انجام شد و برخی گونه‌های گیاهی زیر در این منطقه در فاز نخستین شناسایی شدند (جدول ۱). گونه‌های گیاهی موجود علاوه بر تامین بخشی از چوب مورد نیاز روستاییان و تعلیف دام‌ها می‌تواند از نظر تولید محصولات فرعی شامل صمغ، رزین، گل، میوه، مغزیجات، دانه، ریشه و برگ با مصارف اغلب دارویی و صنعتی نیز حائز اهمیت می باشند (حفاظت محیط زیست، ۱۴۰۳).

جدول ۱. برخی گونه‌های گیاهی روستای مختار

نام فارسی و لاتین گیاهان	نام علمی	خانواده (تیره)
جو موشی یا وحشی	*Hordeum murinum* L	Gramineae
بارهنگ سر نیزه‌ای یا کاردی	*Plantago lanceolata* L	Plantaginaceae
کاهوی خاردار، گاو چاق کن	*Lactuca serriola* L	composite
ازمک	*Lepidium draba* L. پیش از این: *Cardaria draba*.	Brassicaceae
شمعدانی غده‌دار	*Granium tuberasum* L	Geraniaceae
کیسه کشیش	*Capsella bursa*-pastoris	Brassicaceae
آلاله وحشی	*Ranunculus Repens*	Ranunculaceae
بی‌تی‌راخ (شیرپنیر)	*Galium aparine*	Rubiaceae
علف چمنی	*Poa bulbosa*	Poaceae
ترشک	*Rumex crispus*	Polygonaceae
ماشک معمولی، ماشک باغی	*Vicia sativa* L	Fabaceae
پنیرک	*Malva neglecta* Wallr	Malvaceae
برموس آویخته (علف پشمکی)	*Bromus tectorum*	Poaceae
ماشک برگ پهن	*Vicia narbonensis* L	Fabaceae

جنگل‌های زاگرس با وسعت ۶ میلیون هکتار از گسترده‌ترین زیست بوم‌های جنگلی در حال تخریب ایران است. این جنگل‌ها از لحاظ حفاظت آب و خاک و مسایل اقتصادی و اجتماعی اهمیت بالایی دارند. شرایط کوهستانی استان

کهگیلویه و بویراحمد باعث تنوع بوم شناختی و زیستی گیاهان و جانوران مختلف شده است. اختلاف ارتفاع ۱۰۰ تا ۴۰۰۰ متر از سطح دریا و اختلاف دمای ۱۰- تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد مبین طیف وسیع بردباری گونه‌های گیاهی و جانوری برای ادامه حیات در این منطقه است (کریمیان و همکاران، ۱۳۹۱). روستای مختار در استان کهگیلویه و بویراحمد، دارای پوشش گیاهی جنگلی به شکلی است که ۸۰ درصد آن زیر پوشش گونه غالب بلوط و ۲۰ درصد باقیمانده شامل درختان و درختچه هایی نظیر بنه (پسته وحشی)، بادام کوهی، زالزالک و گلابی وحشی می‌باشد و پوشش گیاهان مرتعی آن در بین مزارع کشاورزی، مراتع و در میان پوشش‌های درختان جنگی منطقه قرار گرفته‌اند، که برخی از آنها در جدول ۱ نشان داده شده است (مشاهدات نویسنده، ۱۴۰۲). گیاهان یکی از ذخایر ارزشمند ژنتیکی جهان محسوب می‌شوند. پیش‌بینی می‌شود که بیش از ۱۵ تا ۴۰ درصد گونه‌های زنده، در سال ۲۰۵۰ انقراض پیدا خواهند کرد. مطالعات در مورد گونه‌های در حال انقراض و حفظ ذخایر ژنتیکی در دنیا، از سال ۱۹۶۰ به طور بسیار جدی مطرح شد. به طوری که سازمان‌های بین‌المللی در این راستا تشکیل شدند (توحیدفر و حاجی برات، ۱۳۹۵). کشور ایران از لحاظ آب و هوایی، موقعیت جغرافیایی و تنوع گیاهی فراوان و زمینه رشد گیاهان دارویی، یکی از بهترین مناطق جهان جهت تولید گیاهان دارویی محسوب می‌شود. استان کهگیلویه و بویراحمد از پوشش گیاهی متنوعی برخوردار است. سطح کل جنگل‌ها و مراتع استان ۱۴۰۰۰۰۰ هکتار برآورد شده است و حدود یک سوم گیاهان دارویی کشور در این مناطق رویش دارند. این نشان‌دهنده اهمیت بالای این استان در زمینه تنوع زیستی و منابع گیاهی دارویی است (سیاره و اسدالهی، ۱۳۹۸) و این استان بواسطه موقعیت جغرافیایی خاص آن محل زیست گونه‌های گیاهی مختلفی است که برخی از آنها منحصر به فرد بوده و تنها در این استان امکان رویش دارند به گونه‌ای که این استان ۲۱۰۰ گونه گیاهی که ۲۸ درصد گونه‌های گیاهی کشور را شامل می‌شود در خود جای داده است. از این تعداد ۴۲۵ گونه، گیاهان دارویی می‌باشند، اما در سالیان اخیر بخش قابل توجهی از این گونه‌ها به دلایل گوناگون در معرض خطر انقراض قرار گرفته‌اند (فتاحی و خوشدلی، ۱۳۹۵).

نتیجه‌گیری کلی

نظر به اینکه، روستای زیبای مختار یکی از قدیمی‌ترین روستای شهرستان بویراحمد در قسمت سررود جنوبی پایتخت طبیعت یا همان شهر یاسوج بوده و از سوی دیگر این روستای خوش آب و هوا در میان دره‌ای در محور مواصلاتی شهر چیتاپ و در مسیر دسترسی به منطقه ییلاقی و زیبای آن واقع شده است. بنابراین شناسایی و معرفی رُستنی‌ها و حیات وحش این روستا به‌طور اختصاصی و محلی اهمیت ویژه‌ای دارد که از جمله آن می‌توان امکان دسترسی به گیاهان و جانوران خاص در محل و زمان معین، تعیین پتانسیل و قابلیت‌های رویشی و زیست حیات وحش منطقه، امکان افزایش تراکم گونه‌های گیاهان و حیات وحش منطقه، شناسایی گیاهان و جانوران مقاوم، مهاجم و در حال انقراض، کمک به تعیین پوشش گیاهی کشور، امکان دستیابی به گونه یا گونه‌های جدید گیاهی و شناسایی عوامل مخرب رُستنی‌ها و حیات وحش منطقه را نام برد. البته در این راستا توصیه‌هایی وجود دارد که عبارتند از: ۱- تاسیس هرباریوم گیاهان که همه استانداردهای جهانی را داشته باشد. ۲- استفاده از رسانه‌های ارتباط جمعی (رادیو و تلویزیون) برای جلوه دادن اهمیت گیاهان در طبیعت. ۳- تشکیل بانک‌های ژن گیاهی، تعیین مناطق حفاظت شده جهت حفظ ذخایر ژنتیکی و کاشت گونه‌های در حال انقراض در باغ‌های گیاه‌شناسی و مزارع. ۴- ایجاد انگیزه و تشویق فعالان عرصه کشاورزی برای توسعه کشت گیاهان دارویی با توجه به ظرفیت‌های بالای منطقه جهت شکوفایی هر چه

بهتر اقتصاد منطقه و ۵-تدوین برنامه آموزشی استفاده بهینه از منابع طبیعی توسط بهره‌برداران در راستای حفظ دائمی فلور منطقه

منابع

آذرنیوند، ح. و زارع چاهوکی، م. ع. (۱۳۸۹). بوم‌شناسی مرتع. انتشارات دانشگاه تهران، جلد ۱. ۳۶۴ صفحه.

اسدی، م.، معصومی، ا.، خاتم ساز، م. مظفریان، و. ا. (ویراستاران). (۱۳۷۷-۱۳۸۹). فلور ایران. جلدهای ۵۱-۱. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران. ایران.

حفاظت محیط زیست استان کهگیلویه و بویراحمد، (۱۴۰۳). بررسی موقعیت جغرافیایی، آب و هوایی و اقلیمی استان کهگیلویه و بویراحمد https://kb.doe.ir.

جلیلی، ع. و جمزاد، ز. (۱۳۷۸). کتاب قرمز اطلاعات ایران، بررسی مقدماتی گونه‌های گیاهی بومی، کمیاب و در حال انقراض ایران. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران. ایران.

خواجه‌الدین، س. ج. ا. یگانه، ح. (۱۳۸۹). فلور منطقه شکار ممنوع حنا. تاکسونومی و بیوسیستماتیک. ۱(۲): ۷۳-۹۰.

دیویس، پ.ح. (ویراستار). (۱۳۵۴-۱۳۷۷). فلور ترکیه. جلد ۱-۱۰. انتشارات دانشگاه ادینبورگ، ادینبورگ.

رچینجر، ک. ه (۱۳۸۸-۱۳۴۱). فلورا ایرانیکا. جلد ۱-۱۷۸. انتشارات دانشگاه گراتس، اتریش.

زهری، م. (۱۳۵۱). مبانی ژئوبوتانیکی خاورمیانه. جلد ۱-۲. گوستاو فیشر ورلاگ، اشتوتگارت و سویتس، آمستردام.

شبکه اطلاع‌رسانی دانا.، (۱۴۰۳). روستای مختار زیبای خفته در دل درختان بلوط/هم‌نشینی انسان و درخت در روستای زیبای مختار. https://dana.ir.

قلاسی مود، ش.، جلیلی، ب. و بخشی خانیکی، غ. ر. (۱۳۸۵). معرفی فلور و اشکال زیستی گیاهان در غرب بیرجند. پژوهش و سازندگی، ۷۳: ۶۵-۷۳.

قهرمان، ا. (۱۳۸۱-۱۳۵۶). فلور رنگارنگ ایران. جلد: ۱-۲۰. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران. ایران.

مظفریان، و. (۱۳۷۷). فرهنگ نام گیاهان ایرانی. انتشارات فرهنگ معاصر. تهران، ایران.

معصومی، ع. ا. (۱۳۶۵). تیره گون در ایران. جلد: ۱-۵. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران. ایران.

میمندی نژاد، م. ج. (۱۳۴۷). اکولوژی پوشش زنده خاک. انتشارات دانشگاه تهران. تهران. ایران.

Study of part of the flora of the Mukhtar region in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province

Ali Rahimi[1]*, Yousef Askari[2], Mohammad Reza Chakeral Hosseini[3]
1. Forests, rangelands and watershed Research Department, Kohgiluyeh-Boyerahmad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasouj, Iran.
2. Forests, rangelands and watershed Research Department, Kohgiluyeh-Boyerahmad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasouj, Iran.
3. Department of soil and water research, Kohgiluyeh-Boyerahmad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasouj, Iran.
**Corresponding Author: rahimi.ali1362@yahoo.com*

Abstract

Introducing the collection of plants available in a region (flora of the region) is one of the important tasks that is done for the optimal use of natural resources in a region. Mokhtar village is one of the functions of the central part of Boyer Ahmad city, Kohgiluyeh- Boyer Ahmad province, with geographical coordinates of 51 degrees and 31 minutes of east longitude and 30 degrees and 40 minutes of north latitude at three kilometers west of Yasouj. The height of Mukhtar village is 1760 meters above sea level and its climate is very pleasant and pleasant in spring and summer and cold in winter. The establishment of the village in the historical area of Kohgiluyeh-Boyer Ahmad province and the existence of Imamzadeh Mokhtar (AS) tell about the village's antiquity. It is hoped that the introduction of some plants in this region can provide basic and fundamental information to be used in various biological, agricultural, pharmaceutical and industrial sciences. Considering the importance of identifying the current status of the vegetation of Mokhtar village, the investigation and study of the vegetation in this village was done for the first time in the first step. *Hordeum murinum* L., *Plantago lanceolata* L., *Lactuca serriola* L., *Lepidium draba* L., etc. were among the plant species present in the first phase of collection in this village. Establishing plant gene banks, determining protected areas to preserve genetic resources and planting endangered species in botanical gardens and farms are some of the promotion recommendations of this survey.

Keywords: Identification, flora, agriculture, plants, natural resources

سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

اثر شاخ و برگ گیاه گز بر بار میکروبی شیر بز نجدی

طاهره محمدآبادی [1*] خدامراد مرادی کیا [2]

۱- استاد دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

۲- دانشجوی دکتری دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

*نویسنده مسئول: t.mohammadabadi.t@gmail.com

چکیده

هدف از انجام این آزمایش، بررسی تاثیر شاخ و برگ گیاه گز بر بار میکروبی و جمعیت لاکتوباسیلوس شیر بز نجدی بود. ۱۴ رأس بز نجدی با میانگین وزن ۴۰ کیلوگرم که در اوایل شیرواری بودند، به‌طور تصادفی با جیره شاهد بدون گیاه گز و جیره حاوی ۵۰ گرم گیاه گز برای مدت ۳۰ روز تغذیه شدند. در پایان آزمایش جهت اندازه‌گیری بار میکروبی شیر، نمونه‌های شیر جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل و بار میکروبی شیر بزهای تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد، بار میکروبی و جمعیت کپک مخمر شیر بزها در جیره‌های حاوی گیاه گز نسبت به شاهد کاهش و جمعیت لاکتوباسیلوس افزایش یافت ($P<0/05$). بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده گیاه گز ممکن است به عنوان منبع دارویی با خواص ضد میکروبی در تغذیه بز شیری استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: گیاه گز، بار میکروبی، شیر، بز شیری

مقدمه

گیاه گز با نام علمی *Tamarix apylla* از خانواده Tamaricaceae بوده که با نام‌های رایج تاماریسک و سدر نمکی شناخته می‌شود، شامل بیش از ۶۰ گونه از گیاهان هالوفیت است که تقریباً در تمام نقاط جهان کشت می‌شوند. این گیاهان با برگ‌های سوزنی‌شکل پوشیده از نمک که از غدد نمکی ترشح می‌شوند، مشخص می‌شوند (Samadi et al. 2013). از جمله مهم‌ترین ترکیبات شیمیایی گیاه گز ترکیبات پلی فنلی از جمله اسیدهای فنولیک، فلاونوئیدها و تانن‌ها می باشند. در کشورهای مختلف آسیایی و آفریقایی مانند پاکستان، هند، ایران و الجزایر، مردم محلی از گیاه گز برای مصارف دارویی استفاده می‌کنند (Alnuqaydan and Rah. 2019; Bahramsoltani et al. 2020). فعالیت ضدمیکروبی ترکیبات فنولی به‌دست‌آمده از عصاره گیاه *تاماریکس گالیکا* (Ksouri et al. 2008) و *تاماریکس راموسیسما* (Sultanova et al. 2001) گزارش شده است. ترکیبات فنولی طبیعی مانند کاتچین، کوئرستین و اسید گالیک دارای فعالیت ضدباکتریایی در برابر *اشریشیا کلی*، *سودوموناس آئروژینوزا* و *استافیلوکوکوس اورئوس* می باشند (Rodriguez Vaquero et al. 2008). هدف از انجام این تحقیق، بررسی تاثیر شاخ و برگ گیاه گز بر بار میکروبی و جمعیت لاکتوباسیلوس شیر بز نجدی برای اولین بار بود.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش از ۱۴ رأس بز نجدی شیری با متوسط وزن ۴۰ کیلوگرم که در اوایل شیرواری بودند استفاده شد. بزها در محل‌های جداگانه با آخور و آبشخور انفرادی مستقر شدند و خوراک کاملا مخلوط یا TMR روزانه در دو وعده

غذایی صبح و عصر به مدت ۳۰ روز به بزها داده شد. جیره‌های آزمایشی شامل جیره تیمار شاهد بدون گیاه گز و جیره تیمار گیاه گز حاوی ۵۰ گرم گیاه گز به صورت سرک یا top-dress بودند. جیره غذایی دام‌های مورد مطالعه بر اساس وزن و تولید شیر بر طبق جداول احتیاجات غذایی گوسفند و بز NRC تنظیم شد. در پایان آزمایش جهت اندازه‌گیری بار میکروبی شیر خام، نمونه‌های شیر در شرایط کاملا استریل درون ظرف‌های استریل جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل گردید. جهت تعیین بار میکروبی و لاکتوباسیلوس از محیط کشت استریل شده پلیت کانت آگار و MRS آگار استفاده شد. جمعیت کپک مخمر شیر از طریق محیط کشت سطحی رقت مناسب در محیط کشت PDA اندازه‌گیری و نتایج به صورت تعداد کلونی در هر میلی لیتر شیر شمارش و گزارش شد (Karim et al. 2005). داده‌های این طرح با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (Institute INC. 2004) و با رویه آماری GLM در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

بر طبق نتایج بدست آمده در جدول ۱، بار میکروبی کل در شیر بزهای تغذیه شده با شاخ و برگ گیاه گز، نسبت به شاهد به طور معنی داری کاهش (P<۰/۰۵) و جمعیت کپک مخمرها در شیر بزهای تغذیه شده با شاخ و برگ گیاه گز نسبت به شاهد کاهش اما جمعیت لاکتوباسیلوس به طور معنی داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). موافق با این آزمایش، فعالیت ضد باکتریایی روغن‌های ضروری قسمت‌های هوایی گیاه تاماریکس توسط محققان گزارش شد (Saïdana et al. 2008). همچنین عصاره هیدروالکلی گیاه پنیرک حاوی ترکیباب فنولی مشابه با گیاه گز منجر به کاهش بار میکروبی مضر و افزایش میکروب‌های مفید در شیر شده است (Noruzi et al. 2024).

ترکیبات فنولی موجود در گیاهان می‌توانند با مهار مستقیم میکروارگانسیم‌ها و اتصال به آنزیم‌های خارج سلولی آن‌ها، اثرات ضد میکروبی خود را نشان دهند. به طور کلی فلاونوئیدها و فلاونول‌های گیاهی اثرات ضد میکروبی دارند (Hervas et al. 2003).

جدول ۱. اثر شاخ و برگ گیاه گز بر جمعیت میکروبی شیر بز نجدی (Log CFU/ml)

مورد	شاهد	گز	SEM	P-value
بارمیکروبی کل	۶/۸۴ [a]	۵/۸۵ [b]	۰/۰۰۲	۰/۰۱
کپک مخمر	۳/۶۱ [a]	۳/۴۰ [b]	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲
لاکتوباسیلوس	۴/۵۱ [a]	۴/۵۹ [b]	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱

در هر ردیف اعداد دارای حروف غیر مشابه از نظر آماری اختلاف معنی داری دارند (P<۰/۰۵)

نتیجه‌گیری نهایی

بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده گیاه گز ممکن است به عنوان منبع دارویی با خواص ضد میکروبی در تغذیه بز شیری استفاده شود.

منابع

Alnuqaydan, A., M., & Rah, B. (2019). Tamarix articulata (T. articulata)-an important halophytic medicinal plant with potential pharmacological properties. *Current pharmaceutical biotechnology*, 20(4), 285-292.

Bahramsoltani, R.; Kalkhorani, M.; Abbas Zaidi, S.M.; Farzaei, M.H.; Rahimi, R. (2020). The genus Tamarix: Traditional uses, phytochemistry, and pharmacology. *Journal. Ethnopharmacol*. 246, 112-245.

Drewnowski, A. (2011). The contribution of milk and milk products to micronutrient density and affordability of the U.S. diet. *Journal of the American College of Nutrition*, 30, 422-428.

Hervas, G., PilarFrutos, F., JavierGiraldez Angel, R., ManteconMaria, C and AlvarezDel, P. (2003). Effect of different doses of quebracho tannins extract on rumen fermentation in ewes. *Animal feed Science and Technology*.109: 65-78.

Karim, A., Diani, A., and Khalji, A. (2005). *Milk and its quality*. University of Tehran, Publishing Institute. second edition, (In Persian).

Ksouri, R, Megdiche, W, Falleh, H, Trabelsi, N, Boulaaba, M, Smaoui, A, Abdelly, C, (2008). Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes.*Compets Rendus Biologies*. 331 (2008) 865–873.

Mozaffarian, D., Wu, J., H., Y. (2018). Flavonoids, dairy foods, and cardiovascular and metabolic health: *A review of emerging biologic pathways. Circulation Research review*, 122, 369–384.

Noruzi, N, H, Mohammadabadi, T, Chaji, M, and Hosaynifar, Sh. (2024). The effect of feeding hydroalcoholic extract of paneer on the microbial load of Najdi goat milk. Tarbiat Modares University, *Food Science and Technology of Iran*, 1-5.

Rodríguez, H, Landete, J, M, las Rivas, B, Muñoz, R. (2008). Metabolism of food phenolic acids by Lactobacillus plantarum CECT 748T. *Journal. Food Chemistry*. 107, 4, 1393-1398.

Saidana, D., Mahjoub, M.A., Boussaada, O., Chriaa, J., Cheraif, I., Daami, M., Mighri, Z., Helal, A.N. (2008). Chemical composition and antimicrobial activity of volatile compounds of Tamarix boveana (Tamaricaceae). Microbiol. Res. 163, 445-455.

Samadi, N., Ghaffari, S., M., Akhani, H. (2013). Meiotic behaviour, karyotype analyses and pollen viability in species of Tamarix (Tamaricaceae). Botanic Garden and Botanical Museum Berlin (BGBM) *Willdenowia*, 43(1), 195-203.

SAS Institute INC. (2004). SAS Stats Users Guide. Version 9.0, SAS Institute Inc. Cary, N.C.

Sultanova, N., Makhmoor, T., Abilov, Z.A., Parween, Z., Omurkamzinova, V.B., ur-Rahman, A., Choudhary, M.I. (2001). Antioxidant and antimicrobial activities of Tamarix ramosissima. *Journal. Ethnopharmacol.* 78, 201-205.

Effect of *Tamarix* on the microbial load of milk in the Najdi goats

Tahereh Mohammadabadi[1*], Khodamorad Moradikiya[2]

1. Professor, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources of Khuzestan, Iran
2. PhD student, Faculty of Animal Sciences and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources of Khuzestan, Iran

Corresponding author: t.mohammadabadi.t@gmail.com

Abstract

The aim of this experiment was to investigate the effect of the leaves and branches of the Tamarix plant on the microbial load and population of Lactobacillus of the milk of Najdi goats. 14 Najdi goats with an average weight of 40 kg which were in early lactation, were randomly fed with a control diet without plant and diet containing 50 grams *Tamarix* plant for 30 days. At the end of the experiment, milk samples were collected and transported to the laboratory to measure the microbial load of milk from goats fed the experimental diets. The results showed that the microbial load and the population of yeast mold in the goats' milk significantly decreased in the diets containing *Tamarix* plant compared to the control, and the population of Lactobacillus increased ($P<0.05$). Therefore, according to the results, *Tamarix* plant may be used as a medicinal source with anti-microbial property on the microbial load of the milk in lactating goats.

Keywords: Tamarix, Microbial load, milk, dairy goat.

اثرات دارویی گیاه خار مریم *Silybum marianum* بر سلامت

طاهره محمدآبادی[1*] خدامراد مرادی‌کیا[2]

۱- استاد دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

۲- دانشجوی دکتری دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

[*]نویسنده مسئول: t.mohammadabadi.t@gmail.com

چکیده

عصاره خشک دانه و گیاه خار مریم با نام علمی *Silybum marianum* حاوی ۱ تا ۴ درصد سیلیمارین است که اثرات آنتی‌اکسیدانی قوی و خواص محافظت کبدی دارد. این گیاه در اختلالات گوارشی، دیابت، چربی خون بالا، سمیت و التهاب کبد مؤثر است و یک ضد ویروس و تنظیم کننده سیستم ایمنی است. سیلیمارین به ویژه در کاهش سطح کلسترول LDL در افراد مبتلا به کلسترول بالا مؤثر بوده و در کاهش سطح قند خون برای افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ استفاده می شود. سیلیمارین با مهار التهاب سلول‌های مغزی از آسیب‌های مغزی ناشی از لخته شدن رگ‌های خونی در مغز جلوگیری می کند. این گیاه باعث بازسازی سلول‌های کبدی شده و به عنوان محافظ کبد عمل می‌کند. خار مریم علیه بافت‌های سرطانی از جمله سرطان پروستات عمل می‌کند. بنابراین، با توجه خواص دارویی گسترده، هم دانه‌ها و هم کل گیاه خار مریم، یک راه‌حل طبیعی فوق‌العاده برای افزایش سلامت عمومی ارائه می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: خار مریم، گیاه دارویی، محافظت از کبد، سلامت

مقدمه

رشد ساقه‌های خار مریم معمولاً در ماه آوریل آغاز می‌شود و گلدهی آن در اواسط ماه مه رخ می‌دهد. ترکیبات موجود در خار مریم، به‌ویژه فلاونوئیدها، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد ویروسی و تنظیم‌کننده سیستم ایمنی هستند. سیلیمارین، ترکیب فعال خار مریم، در درمان بیماری‌هایی مانند سندرم کبد چرب، دیابت، چربی خون بالا، تصلب شرایین، آب مروارید، پوکی استخوان و سرطان مؤثر است و همچنین از آسیب‌های ناشی از اشعه محافظت می‌کند (Zhang et al., 2024).

عصاره خشک دانه‌های خار مریم و کل گیاه حاوی ۱ تا ۴ درصد سیلیمارین است که شامل ۵۰ تا ۶۰ درصد فلاونوئیدهایی مانند سیلیبین و سیلیکریستین است. همچنین، حدود ۲۰ درصد دی‌هیدروسیلیمارین و فلاونولیگنان‌هایی مانند دئوکسی‌سیلیلیکریستین و دی‌اکسی‌سیلیلیکریستین در آن وجود دارد. این ترکیبات به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی قوی از کبد محافظت می‌کنند. علاوه بر این، برگ‌های خار مریم حاوی سیناریزین هستند که ترشح صفرا را افزایش داده و از سلول‌های کبدی محافظت می‌کنند. فلاونوئیدهایی مانند لوتئولین، اپیژنین، کوئرستین و هسپریدین موجود در خار مریم نیز در کاهش کلسترول LDL نقش دارند (Marceddu et al., 2022). روغن استخراج شده از دانه‌های خار مریم حاوی حدود ۲۵ درصد اسیدهای چرب است. ترکیب اسیدهای چرب در این روغن شامل اسید پالمیتیک (۸/۲۵ درصد)، اسید اولئیک (۳۱/۵۸ درصد)، اسید آراشیدونیک (۴/۱۱ درصد)، اسید لینولنیک (۰/۹

درصد) و اسید لینولئیک (۴۵/۳۶ درصد) می‌باشد. غلظت اسیدهای اولئیک، لینولئیک و پالمیتیک در روغن خار مریم به حدود ۸۵٪ می‌رسد که این ویژگی را مشابه با روغن‌های زیتون، بادام‌زمینی و سویا می‌کند (Hasanlou et al., 2008).

سلامت کبد

سیلیمارین از چندین طریق بر سلول‌های کبدی و متابولیسم کلی بدن انسان تأثیر می‌گذارد. این ترکیب به گیرنده‌های غشایی در سلول‌های کبدی متصل می‌شود که مسئول جذب سموم هستند و با تغییر ترکیب فسفولیپیدی این گیرنده‌ها، از جذب آلاینده‌ها جلوگیری می‌کند. مطالعات مختلف روی حیوانات نشان داده است که سیلیمارین از سلول‌های کبدی در برابر آسیب‌های مختلف ناشی از ویروس‌ها، مواد شیمیایی، سموم محیطی، آلودگی‌های قارچی و مصرف الکل محافظت می‌کند (Khazaei et al., 2022). سیلیمارین با تحریک سنتز پروتئین، بازسازی سلول‌های کبدی را تقویت می‌کند. این ترکیب همچنین تخریب مولکولی ناشی از آفلاتوکسین‌ها را در موش‌ها کاهش داده و ممکن است مسمومیت گوسیپول را در صورت افزودن به رژیم غذایی آنها کاهش دهد. علاوه بر این، اثرات مفید سیلیمارین بر گاوهای شیری که در طول رشد قبل از تولد دچار بیماری کبد چرب می‌شوند نیز مشاهده شده است (Radko., 2007).

قند و چربی خون

عصاره خار مریم (سیلیمارین) با مهار آنزیم گلوکز-۶-فسفاتاز و مسدود کردن گلوکونئوژنز موجب کاهش سطح گلوکز خون می‌شود. در آزمایشات کلینیکی روی بیماران مبتلا به سیروز کبدی و دیابت وابسته به انسولین که با سیلیمارین درمان شده‌اند، کاهش قابل توجهی در سطح قند خون ناشتا، میانگین قند خون روزانه و نیاز به انسولین طی شش ماه مشاهده شده است. همچنین، در یک مطالعه طولانی‌مدت روی موش‌های دیابتی، سیلیمارین نه تنها اثر هیپوگلیسمی نشان داده بلکه سطح LDL، تری گلیسیرید و کلسترول تام را کاهش داده و سطح HDL را افزایش داده است (Vengerovskii, et al., 2007). سیلیمارین با کاهش رادیکال‌های آزاد اکسیژن و مهار استرس اکسیداتیو می‌تواند از اندام‌های حیاتی مانند کلیه‌ها، کبد، قلب و مغز محافظت کند. این ترکیب همچنین با کاهش سنتز کلسترولLDL در سلول‌های کبدی، به کاهش سردردهای مرتبط با سطح بالای LDL کمک می‌کند و خطر تصلب شرایین را در موش‌های هایپرکلسترولمیک کاهش می‌دهد. دوز روزانه ۴۲۰ میلی‌گرم سیلیمارین به عنوان یک عامل کاهنده LDL برای بیماران مبتلا به کلسترول بالا پیشنهاد شده است که منجر به کاهش سنتز LDL در کبد می‌شود (Gobalakrishnan et al., 2016). مطالعات نشان داده‌اند که سیلیمارین با کاهش مقاومت به انسولین، کنترل قند خون را در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ بهبود می‌بخشد و باعث کاهش سطح قند خون ناشتا، هموگلوبین A1c، انسولین ناشتا و شاخص HOMA-IR می‌شود. این اثرات می‌تواند در مدیریت قند خون بالا در بیماران دیابتی مفید باشد (Memon et al., 2022).

سرطان

تحقیقات نشان می‌دهند که سیلیبین (ماده فعال موجود در سیلیمارین) خواص ضد سرطانی قوی در برابر انواع سرطان‌های اپیتلیال، از جمله سرطان پروستات در انسان دارد. علاوه بر این، سیلیبین اثرات ضد سرطانی بر سلول‌های مرتبط با سرطان‌های روده بزرگ، مثانه و دهانه رحم نیز نشان داده است (Chhabra et al., 2013). مطالعه‌ای که مکانیسم اثر ضد التهابی سیلیبین را در موش‌های مبتلا به کولیت اولسراتیو بررسی کرد، نشان داد که سیلیبین می‌تواند با مهار فعالیت ماکروفاژهای فعال‌شده توسط لیپوپلی‌ساکارید (LPS) و کاهش تولید پروستاگلاندین‌ها، به‌ویژه از طریق هدف قرار دادن مسیر سیکلواکسیژناز (COX)، التهاب را کاهش دهد (Sun et al., 2023).

سلول‌های مغزی

التهاب سلول‌های عصبی نقش مهمی در تشدید آسیب‌های مغزی ایفا می‌کند. سیلیمارین با مهار این التهاب، به‌طور مؤثری از آسیب‌های مغزی محافظت می‌کند. علاوه بر این، سیلیمارین از آسیب‌های ناشی از انسداد شریان مغزی جلوگیری کرده و تأثیرات مفیدی در بهبود هدایت عصبی در بیماران دیابتی نشان داده است (Mardani-Nafchi et al., 2025). علاوه بر این نشان داده شده است که سیلیمارین از سلول‌های عصبی در برابر آسیب‌های ناشی از استرس اکسیداتیو و آپوپتوز محافظت می‌کند و به این ترتیب، پتانسیل آن را به عنوان یک عامل درمانی برای اختلالات سیستم عصبی مرکزی برجسته می‌سازد (Borah et al., 2013).

نتیجه‌گیری

با توجه به فواید دارویی گسترده بذر خار مریم و کل گیاه برای سلامت انسان، یافتن راه‌حل‌هایی برای جمع‌آوری بذر جهت جلوگیری از هدر رفتن این منبع ارزشمند ضروری است. علاوه بر این، با توجه به محتوای بالای روغن در بذرها، کشت و توسعه این دانه روغنی دارویی می‌تواند بسیار مفید باشد.

منابع

Borah, A., Paul, R., Choudhury, S., Choudhury, A., Bhuyan, B., Das Talukdar, A., Mohanakumar, K. P. (2013). Neuroprotective potential of silymarin against CNS disorders: insight into the pathways and molecular mechanisms of action. *CNS neuroscience & therapeutics*, 19(11), 847-853.

Chhabra, N., Buzarbaruah, S., Singh, R., & Kaur, J. (2013). Silibinin: A promising anti-neoplastic agent for the future? A critical reappraisal. *International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases*, 3(3), 206-218.

Gobalakrishnan, S., Asirvatham, S. S., & Janarthanam, V. (2016). Effect of silybin on lipid profile in hypercholesterolaemic rats. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 10(4), FF01.

Hasanlou, T., Bahmani, M., Sepehrifar, R., & Kalantari, F. (2008). Determination of tocopherols and fatty acids in seeds of *Silybum marianum* (L.) gaerth.

Khazaei, R., Seidavi, A., & Bouyeh, M. (2022). A review on the mechanisms of the effect of silymarin in milk thistle (*Silybum marianum*) on some laboratory animals. *Veterinary Medicine and Science*, 8(1), 289-301.

Marceddu, R., Dinolfo, L., Carrubba, A., Sarno, M., & Di Miceli, G. (2022). Milk thistle (*Silybum Marianum L.*) as a novel multipurpose crop for agriculture in marginal environments: A review. *Agronomy*, 12(3), 729.

Mardani-Nafchi, H., Heidari-Soureshjani, S., & Rostamian, S. (2025). A systematic review of silymarin and silibinin mechanisms for attenuating cerebral ischemia-reperfusion injuries. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 15(4), 1279.

Memon, A., Siddiqui, S. S., Ata, M. A., Shaikh, K. R., Soomro, U. A., & Shaikh, S. (2022). Silymarin improves glycemic control through reduction of insulin resistance in newly diagnosed patients of type 2 diabetes mellitus. *The Professional Medical Journal*, 29(03), 362-366.

Radko, L., & Cybulski, W. (2007). Application of silymarin in human and animal medicine. *Journal of Pre-Clinical and Clinical Research*, *1*(1).

Sun, K.-H., Lee, M.-Y., & Jeon, Y.-J. (2023). Inhibition of phagocytosis by silibinin in mouse macrophages. *Current issues in molecular biology*, 45(10), 8126-8137.

Vengerovskii, A., Khazanov, V., Eskina, K., & Vasilyev, K. Y. (2007). Effects of silymarin (hepatoprotector) and succinic acid (bioenergy regulator) on metabolic disorders in experimental diabetes mellitus. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 144(1), 53-56.

Zhang, X., Liu, M., Wang, Z., Wang, P., Kong, L., Wu, J., Ren, W. (2024). A review of the botany, phytochemistry, pharmacology, synthetic biology and comprehensive utilization of Silybum marianum. *Frontiers in pharmacology*, 15, 1417655.

The medicinal effects of milk thistle plant on the health

Tahereh Mohammadabadi[1*], Khodamorad Moradikiya[2]
1. Professor, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources of Khuzestan, Iran
1. PhD student, Faculty of Animal Sciences and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources of Khuzestan, Iran
Corresponding author E-mail: t.mohammadabadi.t@gmail.com

Abstract

Dried extract of *Silybum marianum* seed and plant contains 1 to 4% silymarin, which has potent antioxidant effects and hepatoprotective properties. This herb is effective in gastrointestinal disorders, diabetes, hyperlipidemia, toxicity and inflammation of the liver and it is an antiviral and immune regulator. Silymarin has been suggested as a cholesterol-lowering drug in *hypercholesterolemia* patients. It also reduces blood sugar which is useful in the treatment of type 2 diabetes. Silymarin prevents brain damages from clotting blood vessels in the brain by inhibiting brain cell inflammation. It induces liver cell regeneration and acts as a liver protector. Milk thistle works against cancerous tissue including prostate cancer. Therefore, considering to the widespread medicinal properties, seeds and whole plant of *Silybum marianum* offer a wonderful natural solution for enhancing overall health.

Keywords: *Silybum marianum*, medicinal herb, hepatoprotective, health.

اهمیت تاکسونومی صفات آناتومی برگ در دو گونه *Onosma dichroanthum* و *O. pachypodum* در ایران

الهام عبادالهیان[*1]، میثم حبیبی[1]، فریده عطار[2]، راضیه صلاحی[3]، اکرم طالقانی[4]

۱- (زیست شناسی، دانشکده علوم پایه و فنی مهندسی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد کاووس، ایران)

۲- (زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران)

۳- (زیست شناسی، دانشکده علوم و فناوری‌های زیستی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران)

۴- (شیمی، دانشکده علوم پایه و فنی مهندسی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد کاووس، ایران)

[*]نویسنده مسئول: ely96eli@gmail.com

چکیده

سرده*Onosma* از تیره*Boraginaceae* یکی از سرده‌های گیاهان دارویی با پراکنش گسترده در مناطق نیمه‌خشک است که برخی گونه‌های آن به‌دلیل وجود ترکیبات فیتوشیمیایی مانند مشتقات شیکونین، ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها، در طب سنتی کاربرد فراوان دارند. در این مطالعه توصیفی، ساختار آناتومیکی برگ در دو گونه *Onosma dichroanthum* و*Onosma pachypodum* مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، نمونه‌های گیاهی از زیستگاه طبیعی جمع‌آوری شده و پس از فیکس شدن در محلول، برش‌های دستی از برگ تهیه و رنگ‌آمیزی شدند. نتایج نشان داد که دو گونه در برخی صفات تشریحی برگ از جمله تعداد لایه‌های پارانشیم نرده‌ای در پهنک و تعداد لایه‌های کلانشیم در رگبرگ میانی از هم متفاوت‌اند.

واژه‌های کلیدی: آناتومی برگ، گیاهان دارویی، مزوفیل، *Onosma dichroanthum*، *Onosma pachypodum*

مقدمه

سرده *Onosma* L. متعلق به خانواده Boraginaceae و راسته Lamiales است. این سرده شامل بیش از ۱۵۰ گونه می‌باشد که در زیستگاه‌های خشک رشد می‌کنند. و عمدتاً گیاهان چندساله، معمولاً علفی یا دوساله هستند. دو مرکز تنوع و بومزادی این سرده محدوده فلات ایران و فلات آناتولی می‌باشد. این تنوع در فلات ایران به سمت غرب در کوه‌های زاگرس شمالی و میانی و نیز منطقه کردستان عراق به شدت افزایش می‌یابد. در فلور ایران و فلور ایرانیکا براساس ساختار کرک این سرده به دو بخش شامل sect. *Haplotricha* Boiss. و sect. *Asterotricha* Boiss. تقسیم شد (Binzet, 2016; Mehrabian, 2015).

گونه‌های *Onosma* در فلور ترکیه در سه بخش مجزا طبقه‌بندی شده‌اند: *Protonosma*، *Podonosma*، *Onosma*. بخش‌های*Protonosma* و*Podonosma* هر یک تنها شامل یک گونه هستند، در حالی که سایر گونه‌ها در بخش اصلی یعنی *Onosma* قرار می‌گیرند. این بخش سوم نیز بر پایه نوع پوشش کرکی به دو زیربخش تقسیم می‌شود: زیربخش *Asterotricha* با برگ‌های قاعده‌ای پوشیده از کرک‌های ستاره‌ای‌شکل، زیرمجموعه: *Haplotricha* با برگ‌های قاعده‌ای پوشیده از کرک‌های ساده، این تقسیم‌بندی صرفاً بر اساس نوع پوشش سطحی گیاه انجام شده است (Riedl, 1978). اعضای سرده *Onosma* از نظر دارویی دارای اهمیت زیادی هستند و به عنوان تقویت کننده قلب، ملین و ضد انگل

شناخته می‌شوند و برای درمان دیابت، لک و پیس، سوءهاضمه، درد شکم و برونشیت مورد استفاده قرار می‌گیرند (Hayta et al., 2014).

صفات تشریحی در آرایه‌های سرده‌ی *Onosma* بسیار حائز اهمیت هستند. Metcalf و Chalk (1979) خصوصیات تشریحی Boraginaceae شامل برخی گونه‌های *Onosma* را توصیف کردند. به‌علاوه برخی مطالعات ریخت‌شناسی و آناتومی در مورد برخی گونه‌های *Onosma* در ایران و ترکیه انجام شده است (Azizian et al., 2000).

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، نمونه‌هایی از دو گونه دارویی *Onosma dichroanthum* و *O. pachypodum* طی سال‌های ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۳ در فصل رشد (اواخر اردیبهشت تا اواخر مرداد) از زیستگاه‌های طبیعی جمع‌آوری شد. همچنین، تعدادی نمونه از هرباریوم دانشگاه تهران نیز مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). در این بخش، برگ به روش برش‌گیری دستی مورد مطالعه قرار گرفت. نمونه‌ها با رنگ‌آمیزی مضاعف کارمن زاجی و سبز متیل رنگ‌آمیزی و سپس با میکروسکوپ نوری Nikon Eclipse مدل E100 و با دوربین دیجیتال Canon تصویربرداری شد. در نهایت، بر اساس داده‌های حاصل، مقادیر حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار برای صفات آناتومیکی محاسبه گردید.

جدول ۱. لیست گونه‌ها و محل جمع‌آوری

ردیف	Spercies	کد هرباریومی	محل جمع‌آوری	جمع‌آوری کننده
۱	*O. dichroanthum*	۵۹۱۲	گرگان، پارک گلستان، علمه	عطار
۲	*O. dichroanthum*	۲۰۴۴۹	مازندران: منطقه کوجور، جاده کوجور	عطار
۳	*O. pachypodum*	۲۵۳۱۸	تهران، شهرستانک	عطار
۴	*O. dichroanthum*	۳۳۴۹۱	گودوک، فیروزکوه	عطار
۵	*O. dichroanthum*	۳۹۷۱۹	مازندران: ساری	عطار
۶	*O. dichroanthum*	۴۳۶۴۸	تهران، دامنه جنوبی،کوه دماوند، بین پلور و رنه	عطار
۷	*O. dichroanthum*	۸۰۴۷۰۱/۱	مازندران: جاده نور به بلاده و ۲۶ کیلومتری قبل از بلاده از نور	عبادالهیان، حبیبی
۸	*O. pachypodum*	۸۰۴۷۰۶/۱	مازندران: جاده از بلاده به پل زنگوله، ۳۰ کیلومتری پل زنگوله از بلاده	عبادالهیان، حبیبی
۹	*O. dichroanthum*	۸۰۴۷۰۷/۱	مازندران: جاده از بلاده به پل زنگوله، ۵ کیلومتری به پل زنگوله از بلاده	عبادالهیان، حبیبی
۱۰	*O. dichroanthum*	۵۰۰۹۷	لاریجان، دره لار	عطار
۱۱	*O. dichroanthum*	۸۰۴۶۹۹/۱	جاده آزاد شهر به شاهرود، ایستگاه ۳ خوش ییلاق	عبادالهیان، حبیبی

جدول ۲. لیست صفات تشریحی برگ (صفات کمی میانگین داده‌ها و انحراف معیار می‌باشد)

صفت/گونه	تعداد ردیف پارانشیم نرده‌ای در زیر اپیدرم فوقانی	تعداد ردیف پارانشیم نرده‌ای در زیر اپیدرم تحتانی	تعداد لایه کلانشیم در رگبرگ میانی	تعداد لایه پارانشیم اسفنجی در پهنک	ضخامت دسته آوند چوب(µm)	ضخامت دسته آوند آبکش (µm)
O.dichroanthum_Gorgan	۱	۲	۴	۳	۷۹/۲۴ ± ۹/۶۵	۳۸/۴۴ ± ۴/۹۰
O.dichroanthum-Kojour	۱	۲	۴	۳	۵۰/۱۴ ± ۶/۱۵	۲۶/۴۵ ± ۳/۷۲
O.pachypodum-Tehran	۳	۳	۳	۳	۶۲/۱۱ ± ۷/۳۵	۲۴/۴۱ ± ۳/۲۰
O.dichroanthum-Firouzkuh	۱	۲	۴	۳	۱۰۳/۷۲ ± ۱۱/۷۲	۲۴/۳۲ ± ۲/۹۵

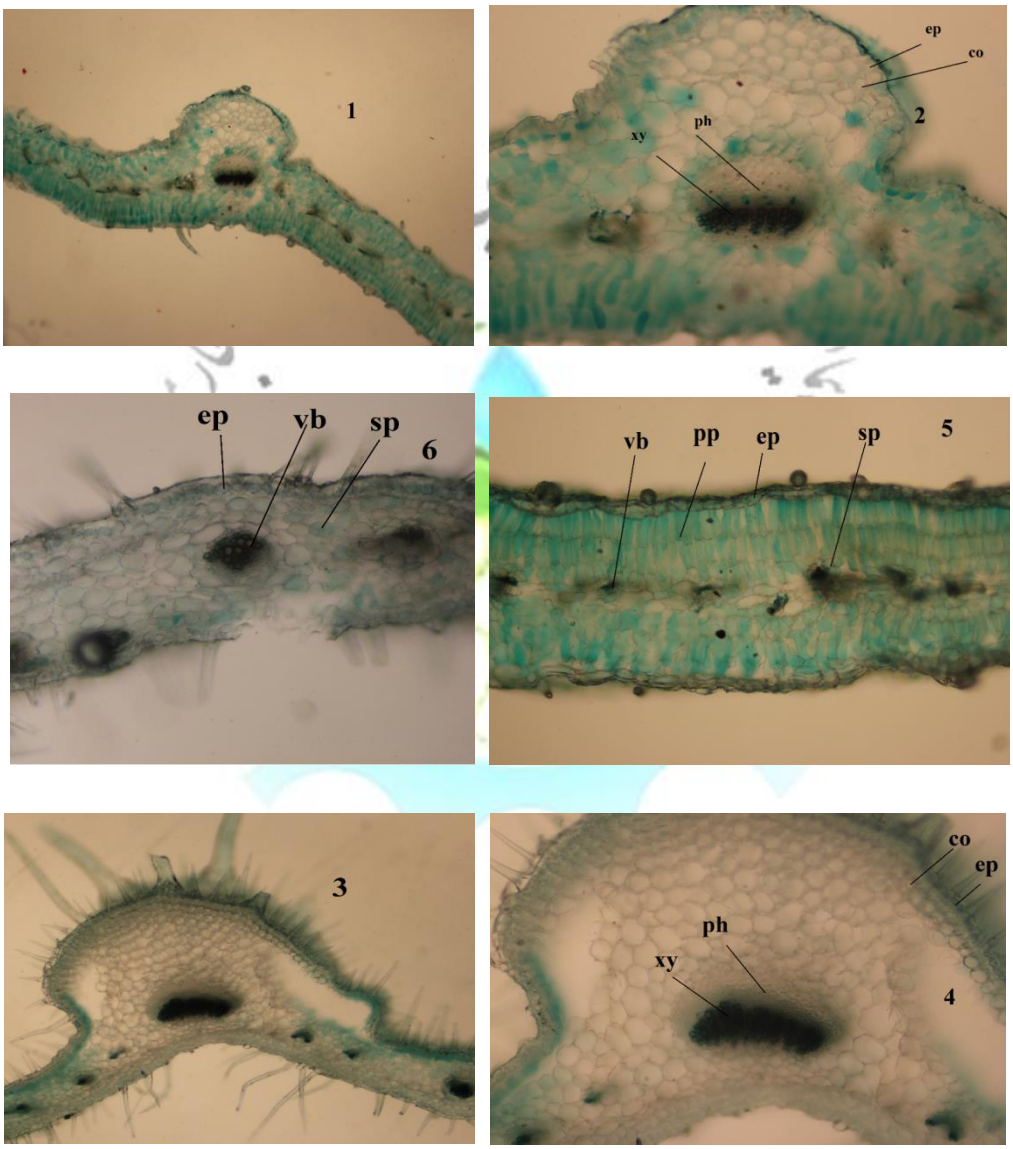
ادامه جدول ۲

صفت/گونه	تعداد ردیف پارانشیم نرده‌ای در زیر اپیدرم فوقانی	تعداد ردیف پارانشیم نرده‌ای در زیر اپیدرم تحتانی	تعداد لایه کلانشیم در رگبرگ میانی	تعداد لایه پارانشیم اسفنجی در پهنک	ضخامت دسته آوند چوب(µm)	ضخامت دسته آوند آبکش (µm)
O. dichroanthum-Sari	۲	۱	۴	۳	۵۴/۳۵ ± ۹/۲۸	۲۴/۵۴ ± ۴/۲۲
O. dichroanthum-Damawand	۱	۲	۴	۳	۵۴/۶۶ ± ۵/۴۷	۲۹/۸۱ ± ۴/۲۲
O. dichroanthum-Baladeh 1	۱	۲	۴	۳	۶۰/۲۵ ± ۵/۳۳	۲۳/۶۱ ± ۵/۱۰
O. pachypodum-Baladeh	۳	۲	۲	۲	۳۱/۹۳ ± ۳/۳۶	۱۳/۸۷ ± ۲/۷۸
O. dichroanthum-Baladeh2	۱	۲	۳	۴	۴۲/۲۵ ± ۴/۵۴	۲۹/۸۱ ± ۴/۲۲
O. dichroanthum-Lar	۱	۲	۳	۹	۵۸/۲۷ ± ۷/۱۵	۱۸/۲۶ ± ۴/۶۳
O. dichroanthum-Khosh-yelagh	۱	۲	۳	۳	۱۳۰/۴۹ ± ۱۲/۷۵	۳۵/۹۸ ± ۵/۸۸

نتایج و بحث

در این مطالعه، ساختار آناتومیکی برگ در دو گونه دارویی *Onosma dichroanthum* و *Onosma pachypodum* مورد بررسی قرار گرفت. مشاهدات حاصل از برش‌های عرضی برگ نشان داد که برگ‌ها از نوع جوردوسویه، رگبرگ میانی در سطح زیرین برجسته، گاهی اوقات در حاشیه خمیده. کرک‌ها در سطح فوقانی فراوان، اما در کناره رگبرگ‌ها متراکم‌تر. سلول‌های اپیدرمی فوقانی و تحتانی در هر دو گونه تک‌لایه و متشکل از سلول‌های مستطیلی شکل با دیواره نازک بود و معمولا در سطح فوقانی بزرگ‌تر هستند. در گونه *O. pachypodum*، لایه‌های پارانشیم نرده‌ای به‌صورت متراکم‌تر و معمولا در زیراپیدرم فوقانی ۳ ردیفی و در زیر اپیدرم تحتانی ۲ ردیفه مشاهده شد، در حالی که در *O. dichroanthum* تعداد لایه‌های پارانشیم نرده‌ای کمتر شامل معمولا پارانشیم نرده‌ای یک ردیفه در زیر اپیدرم فوقانی و ۲ ردیفه زیر اپیدرم تحتانی بود. ۱ تا ۲ ردیف وجود داشت. بافت اسفنجی در هر دو گونه مشاهده شد که در هر دو فضاهای بین‌سلولی فشرده‌تر بودند اما در *O. pachypodum* سلول‌ها بزرگ‌تر بودند (شکل۱). در بخش میانی برگ، بافت کلانشیم در اطراف رگبرگ اصلی در هر دو گونه قرار داشت. در *O. pachypodum*، این بافت از ۲ الی ۳ ردیف سلول تشکیل شده بود، در حالی که در *O. dichroanthum* تنها ۳ تا ۴ ردیف مشاهده شد. دستجات اوندی از نوع کولاترال، در رگبرگ میانی هلالی شکل، کلانشیم‌های زیراپیدرمی در هر دو سمت رگبرگ میانی توسعه یافته‌اند. غلاف آوندی شامل یک لایه از سلول‌های پارانشیمی بزرگ که اطراف دستجات آوندی کوچک را احاطه می‌کنند و اطراف دستجات آوندی بزرگ وجود ندارند. تفاوت در تعداد لایه‌های پارانشیم نرده‌ای در مزوفیل برگ‌ها نشان می‌دهد که *O. pachypodum* نسبت به *O. dichroanthum* دارای سازگاری بالاتری با نور شدید و شرایط اقلیمی خشک‌تر است. اندازه بزرگ‌تر سلول‌های بافت اسفنجی در *O. pachypodum* نیز ممکن است به حفظ بیشتر آب و گاز کمک کند. در مجموع، ویژگی‌های آناتومیکی مشاهده شده بیانگر سازگاری‌های ساختاری هر گونه با شرایط محیطی خاص زیستگاه طبیعی آن‌هاست. نتایج پژوهش‌های مشابه در مورد آناتومی جنس *Onosma* یافته‌های ما را تایید می‌کنند(Azizian et al., 2000; Mehrabian et al., 2014). در مجموع، تفاوت‌های آناتومیکی مشاهده شده در این پژوهش می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های قابل اعتماد برای تفکیک گونه‌ها در مطالعات تاکسونومیکی و همچنین نشانه‌ای از سازگاری ساختاری این گیاهان با شرایط بوم‌شناختی متفاوت قلمداد شوند. نتایج این پژوهش نشان داد که تفاوت‌های آناتومیکی برگ در دو گونه *Onosma* بازتابی از سازگاری آن‌ها با شرایط نوری و اقلیمی زیستگاه‌هایشان

است. ویژگی‌هایی مانند تراکم بیشتر پارانشیم نرده‌ای و بزرگی سلول‌های بافت اسفنجی در *O. pachypodum* نشان‌دهنده توان بالاتر این گونه در تحمل نور شدید و خشکی است. این تفاوت‌ها نه‌تنها بیانگر سازوکارهای فیزیولوژیکی و تطابقی گیاهان هستند، بلکه می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های کارآمد در مطالعات تاکسونومی، شناسایی گونه‌ای و بررسی روابط اکولوژیکی مورد استفاده قرار گیرند. شواهد آناتومیکی به‌دست‌آمده، مکمل مطالعات مورفولوژیکی بوده و نقش کلیدی در تبیین ساختار و عملکرد برگ در شرایط محیطی متنوع ایفا می‌کنند. در مجموع، آناتومی برگ می‌تواند ابزار مفیدی برای تحلیل تطابق زیست‌محیطی و تمایز بین‌گونه‌ای در جنس *Onosma* باشد.



شکل ۱. برش عرضی برگ *O. pachypodum* و *O.dichroanthum*

1-2-: *O.pachypodum* (×4 -×10), 6: (×10)
3-4: *O.dichroanthum* (×4 -×10), 5: (×10)

دستجات آوندی :vb, پارانشیم اسفنجی :sp, پارانشیم نرده‌ای :pp, آوند چوب :xy, آوند آبکش: ph کلانشیم :co, اپیدرم :ep

منابع

Azizian, D., Khatamsaz, M. & Kasaian, J. (2000): The taxonomic significance of leaf anatomy in the genus Onosma L. (Boraginaceae) in Iran. -The Iranian Journal of Botany 8: 167–180.

Binzet R. (2016). *Onosma anatolica*, a new species of Boraginaceae from Turkey. PhytoKeys; 69: 39-49.https://doi.org/10.3897/phytokeys.69.8360 Cadirci E, Suleyman H, Aksoy H, Halici.

Hayta, S., Polat, R. and Selvi, S. (2014). Traditional uses of medicinal plants in Elazig (Turkey). J. Ethnopharmacol. 154: 613–623.

Mehrabian, A. R., Sheidai, M. & Mozaffarian, V. (2014). Micromorphology of leaf trichomes in *Onosma* (Boraginaceae) and their systematic relevance in Iran. *Phytologia Balcanica* 20: 41–56.

Mehrabian, M. (2015). Distribution patterns and diversity of *Onosma* in Iran: With emphasis on endemism conservation and distribution pattern in SW Asia. Rostaniha, 16, 36–60. (In Persian)

Metcalfe CR, Chalk L. (1979). Anatomy of Dicotyledons I. London: Oxford University Press.

Riedl, H. (1978). Boraginaceae. In: (Ed.): Davis, P.H. Flora of Turkey and the East Aegean Islands 6, Edinburgh: Edinburg University press, Edinburgh, pp. 237-437.

The importance of leaf anatomy trait taxonomy in two species, *Onosma dichroanthum* and *O. pachypodum*, in Iran

Elham Ebadelahyan[1]*, Meisam Habibi[1], Farideh Attar[2], Razieh Salahi[3], Akram Taleghani[4]
1. Department of Biology, Faculty of Basic Sciences and Engineering, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
2. Department of Biology, Faculty of Science, University of Tehran, Tehran, Iran
3. Department of Biology, Faculty of Biological Sciences and Technologies, University of Isfahan, Isfahan, Iran
4. Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences and Engineering, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
Corresponding Author: ely96eli@gmail.com

Abstract

The genus *Onosma* of the Boraginaceae family is one of the medicinal plant genera with wide distribution in semi-arid regions, some of its species are widely used in traditional medicine due to the presence of phytochemical compounds such as shikonin derivatives, phenolic compounds and flavonoids. In this descriptive study, the anatomical structure of the leaf in two species, *Onosma dichroanthum* and *Onosma pachypodum*, was investigated. For this purpose, plant samples were collected from their natural habitat, and after fixation in solution, manual sections of the leaves were prepared and stained. The results showed that the two species differ in some leaf anatomical traits, including the number of palisade parenchyma layers in the blade and the number of collenchyma layers in the midrib.

Keywords: leaf anatomy, medicinal plants, mesophyll, *Onosma. dichoranthum*, *Onosma pachypodum*

رونق بازار گیاهان دارویی ایران: شناسایی موانع و ارائه راهکارهای عملی

نصراله سوری*
گروه علوم کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: *Dr.soori@pnu.ac.ir*

چکیده

گیاهان دارویی به عنوان منابع ارزشمند طبیعی در حوزه سلامت، نقش مهمی در صنایع دارویی، آرایشی، بهداشتی و غذایی در سراسر جهان ایفا می‌کنند. با افزایش روزافزون آگاهی عمومی نسبت به فواید این گیاهان، بازار جهانی آنها به‌طور چشمگیری در حال گسترش است. اما متاسفانه، کشورهایی با تنوع زیستی غنی مانند ایران، هنوز نتوانسته‌اند به‌طور کامل از این فرصت بهره‌برداری کنند و سهم مناسبی از این بازار رو به رشد را به خود اختصاص دهند. این مقاله به روش توصیفی- تحلیلی با هدف بررسی دقیق وضعیت کنونی بازار گیاهان دارویی در ایران، شناسایی موانع و چالش‌های اصلی توسعه این صنعت، و ارائه راهکارهای عملی و کاربردی برای رفع این موانع نگاشته شده است. نتایج حاصل از این تحقیق، موانع اصلی توسعه بازار گیاهان دارویی در ایران را نشان می‌دهد و در ادامه مجموعه‌ای از راهکارهای عملی در سطوح مختلف ارائه شده است تا به ارتقاء جایگاه ایران در بازار جهانی گیاهان دارویی کمک کند. هدف نهایی این راهکارها، افزایش سهم صادرات، ایجاد ارزش افزوده بیشتر، و توسعه پایدار این صنعت در کشور است.

واژه‌های کلیدی: بازار جهانی، توسعه پایدار، زنجیره تأمین، صادرات، فرآوری.

مقدمه

استفاده از گیاهان دارویی، ریشه در اعماق تاریخ تمدن بشری دارد و به عنوان سنگ بنای طب سنتی در فرهنگ‌های بومی مختلف عمل می‌کند. در قرن بیست و یکم، همزمان با افزایش آگاهی جهانی در مورد مزایای سلامت مرتبط با داروهای طبیعی، رشد بی‌سابقه‌ای در بازار محصولات گیاهی اتفاق افتاده است. سازمان جهانی بهداشت (WHO, 2023) گزارش داده که بیش از ۸۰ درصد از جمعیت کشورهای در حال توسعه، برای نیازهای اولیه بهداشتی خود به داروهای گیاهی اعتماد می‌کنند. این وابستگی، ناشی از دسترسی آسان، هزینه نسبتاً پایین و درک فرهنگی مثبت نسبت به این درمان‌های طبیعی است. ایران، با دارا بودن بیش از ۸۰۰۰ گونه گیاهی شناسایی شده و جایگاه پنجم در بین کشورهای دارای بیشترین تنوع زیستی جهان، از موهبت الهی در زمینه تولید، فرآوری و صادرات گیاهان دارویی برخوردار است. این تنوع زیستی غنی، ایران را به یک مرکز بالقوه برای تأمین مواد اولیه مورد نیاز صنایع دارویی، آرایشی، بهداشتی و غذایی تبدیل کرده است. با این حال، علی‌رغم این پتانسیل عظیم، سهم ایران از بازار جهانی گیاهان دارویی، به طور قابل توجهی کمتر از یک درصد برآورد می‌شود. این آمار، نشان‌دهنده وجود چالش‌ها و موانعی است که مانع از تحقق کامل ظرفیت‌های کشور در این حوزه شده است (زارع زردیینی و امیری عقدایی، ۱۳۹۳؛ مولادوست و شاهمرادی، ۱۳۹۹؛ Canton, 2021; FAO, 2021). این مقاله به روش توصیفی- تحلیلی با هدف ارائه یک تحلیل جامع از وضعیت بازار جهانی و ملی گیاهان دارویی، به بررسی عمیق موانع اصلی توسعه این صنعت در ایران

می‌پردازد. هدف ما، شناسایی و تحلیل دقیق این موانع، از جمله مشکلات زیرساختی، نارسایی در زنجیره تأمین، چالش‌های حقوقی و صادراتی، و کمبود آموزش و تحقیقات کاربردی است. در ادامه، با ارائه راهکارهای پیشنهادی مبتنی بر شواهد و تجربیات موفق جهانی، تلاش شده است تا مسیری روشن برای بهبود وضعیت موجود و ارتقای جایگاه ایران در بازار جهانی گیاهان دارویی ترسیم شود.

تحلیل وضعیت بازار گیاهان دارویی

بازار جهانی: بر اساس گزارش Grand View Research در سال ۲۰۲۳، ارزش بازار جهانی گیاهان دارویی در سال ۲۰۲۲، از مرز ۱۵۰ میلیارد دلار فراتر رفته است. این رقم، نشان‌دهنده رشد چشمگیر این بازار در سال‌های اخیر است و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰، با نرخ رشد مرکب سالانه[1] (CAGR) قابل توجهی، به بیش از ۳۰۰ میلیارد دلار افزایش یابد. این رشد، ناشی از عوامل متعددی است، از جمله افزایش آگاهی عمومی در مورد مزایای داروهای طبیعی، افزایش هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی، و تمایل به استفاده از درمان‌های جایگزین و مکمل. در حال حاضر، کشورهای چین، هند، آلمان، فرانسه و آمریکا به عنوان پیشروان این بازار شناخته می‌شوند. این کشورها، با سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، ایجاد زنجیره‌های تأمین قوی، و توسعه فناوری‌های نوین فرآوری، موفق به کسب جایگاه ویژه‌ای در بازار جهانی شده‌اند. محصولات خاصی، مانند جینسینگ (Ginseng)، خار مریم (Milk Thistle)، آلوئه‌ورا (Aloe Vera)، بابونه (Chamomile) و شیرین بیان (Licorice)، بیشترین تقاضا را در بازار جهانی دارند. این محصولات، به دلیل خواص درمانی و کاربردهای گسترده در صنایع مختلف، از جمله داروسازی، آرایشی و بهداشتی، و غذایی، از محبوبیت بالایی برخوردار هستند. موفقیت کشورهای پیشرو در این بازار، ناشی از زنجیره‌های تأمین قوی، فناوری‌های نوین فرآوری، و نظام‌های قانونی حمایتی است که به آنها اجازه می‌دهد تا با کیفیت بالا و قیمت رقابتی، محصولات خود را به بازارهای جهانی عرضه کنند (زارع زردیینی و امیری عقدایی، ۱۳۹۳؛ مولادوست و شاهمرادی، ۱۳۹۹؛ Grand View Research, 2023).

بازار داخلی: ایران، با برخورداری از اقلیم‌های متنوع و منابع انسانی توانمند، دارای پتانسیل بالایی در حوزه تولید گیاهان دارویی است. تنوع آب و هوایی ایران، از مناطق کوهستانی سردسیر تا مناطق گرمسیری و خشک، امکان کشت طیف گسترده‌ای از گیاهان دارویی را فراهم می‌کند. علاوه بر این، دانش بومی و تجربه سنتی در زمینه استفاده از گیاهان دارویی، که سینه به سینه از نسلی به نسل دیگر منتقل شده است، یک مزیت رقابتی برای کشور محسوب می‌شود. عمده تولید گیاهان دارویی در ایران، در استان‌های خراسان رضوی، فارس، کردستان، گلستان و اصفهان متمرکز است. این استان‌ها، به دلیل شرایط اقلیمی مناسب و وجود کشاورزان با تجربه، نقش مهمی در تولید گیاهان دارویی در کشور ایفا می‌کنند. زعفران، گل گاوزبان، شیرین بیان، زیره و آنغوزه، از جمله اقلام صادراتی مهم ایران به شمار می‌روند که عمدتاً به کشورهای چین، آلمان، هند، امارات و ترکیه صادر می‌شوند. با این وجود، به دلیل ضعف در فرآوری، بازاریابی و بسته‌بندی، بخش قابل توجهی از محصولات ایران، به صورت خام یا با قیمت پایین صادر می‌گردد. این امر، نه تنها باعث کاهش ارزش افزوده تولید داخلی می‌شود، بلکه فرصت‌های اشتغال‌زایی و توسعه اقتصادی را نیز محدود می‌کند. برای مثال، زعفران ایران، که به عنوان گرانبهاترین ادویه جهان شناخته می‌شود، اغلب به صورت فله و بدون بسته‌بندی مناسب صادر می‌شود و در کشورهای دیگر، با برندهای مختلف بسته‌بندی و به بازار عرضه می‌گردد (زارع زردیینی و امیری عقدایی، ۱۳۹۳؛ مولادوست و شاهمرادی، ۱۳۹۹).

1. Compound Annual Growth Rate

موانع توسعه بازار گیاهان دارویی در ایران

۱. مشکلات زیرساختی

فقدان واحدهای فرآوری پیشرفته، یکی از مهمترین موانع توسعه بازار گیاهان دارویی در ایران است. این کمبود، موجب صادرات خام یا نیمه‌فرآوری شده محصولات و کاهش ارزش افزوده تولید داخلی شده است. این مسأله، نه تنها درآمد ارزی کشور را کاهش داده، بلکه فرصت‌های اشتغال‌زایی را نیز محدود کرده است. زیرساخت‌هایی مانند صنایع تبدیلی، سیستم‌های بسته‌بندی استاندارد و آزمایشگاه‌های کنترل کیفیت، نقش حیاتی در افزایش توان رقابتی محصولات ایرانی در بازارهای جهانی ایفا می‌کنند. کمبود این زیرساخت‌ها، باعث می‌شود که محصولات ایرانی، نتوانند با محصولات مشابه سایر کشورها رقابت کنند. به عنوان مثال، فقدان صنایع تبدیلی مدرن، باعث می‌شود که بسیاری از گیاهان دارویی، پس از برداشت، به سرعت فاسد شوند و قابلیت استفاده خود را از دست بدهند (زارع زردیینی و امیری عقدایی، ۱۳۹۳؛ مولادوست و شاهمرادی، ۱۳۹۹؛ Ghorbanpour & Varma, 2017).

۲. نارسایی در زنجیره تأمین

نبود ارتباط مؤثر میان کشاورزان، شرکت‌های فرآوری، صادرکنندگان و مراکز علمی، باعث کاهش کیفیت محصولات و افزایش ضایعات شده است. این عدم هماهنگی، منجر به کاهش کارآیی و افزایش هزینه‌های تولید در زنجیره تأمین می‌شود. فقدان کشت قراردادی، انبارها و سردخانه‌های تخصصی نیز از دلایل اصلی اتلاف محصولات پس از برداشت به شمار می‌رود. کشت قراردادی، که در آن کشاورزان با شرکت‌های فرآوری قرارداد می‌بندند تا محصولات خود را با قیمت و کیفیت مشخص به آنها بفروشند، می‌تواند به بهبود کیفیت و کاهش ضایعات کمک کند. پراکندگی نهادهای سیاست‌گذار و مجریان در این حوزه، مانعی برای هماهنگی در اجرای طرح‌های ملی است. این پراکندگی، باعث می‌شود که سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه، به صورت ناهماهنگ و بدون هم‌افزایی اجرا شوند (زارع زردیینی و امیری عقدایی، ۱۳۹۳؛ مولادوست و شاهمرادی، ۱۳۹۹؛ Ghorbanpour & Varma, 2017;FAO, 2021).

۳. چالش‌های حقوقی و صادراتی

نبود قوانین جامع در حوزه بسته‌بندی، برندسازی و استانداردسازی، موجب کاهش رقابت‌پذیری محصولات ایرانی در بازارهای بین‌المللی شده است. این کمبود، باعث می‌شود که محصولات ایرانی، نتوانند با محصولات مشابه از کشورهای دیگر، که دارای استانداردهای بسته‌بندی و برندسازی بالاتری هستند، رقابت کنند. تعرفه‌های صادراتی، پیچیدگی تشریفات اداری و نبود حمایت‌های بیمه‌ای، از دیگر موانع صادراتی محسوب می‌شوند. ضعف در دیپلماسی (سیاست و روابط خارجی) اقتصادی، نیز مانع توسعه بازارهای جدید شده است. دیپلماسی اقتصادی فعال، می‌تواند به باز کردن بازارهای جدید برای محصولات ایرانی کمک و زمینه را برای افزایش صادرات فراهم کند (زارع زردیینی و امیری عقدایی، ۱۳۹۳؛ مولادوست و شاهمرادی، ۱۳۹۹؛ Ghorbanpour & Varma, 2017; Iran Chamber of Commerce, 2021).

۴. کمبود آموزش و تحقیقات کاربردی

عدم دسترسی تولیدکنندگان به آموزش‌های فنی و نوین، همراه با فاصله میان تحقیقات دانشگاهی و نیازهای بازار، موجب کاهش بهره‌وری و کیفیت محصولات شده است. این کمبود، باعث می‌شود که تولیدکنندگان نتوانند از آخرین دستاوردهای علمی و فنی در زمینه تولید گیاهان دارویی استفاده کنند. نارسایی در مراکز تحقیق و توسعه (R&D) و فقدان سیاست‌های منسجم علمی نیز بر این مشکل دامن زده است. نبود برنامه‌های آموزشی مدون و

هدفمند در حوزه کشاورزی ارگانیک، فرآوری و بازاریابی، مانع رشد دانش فنی در این صنعت شده است. کشاورزی ارگانیک، که در آن از مواد شیمیایی و سموم دفع آفات استفاده نمی‌شود، می‌تواند به تولید محصولات با کیفیت بالاتر و حفظ محیط زیست کمک کند (زارع زردیینی و امیری عقدایی، ۱۳۹۳؛ مولادوست و شاهمرادی، ۱۳۹۹؛ Ghorbanpour & Varma, 2017; Rostami *et al.*, 2020).

راهکارهای پیشنهادی

۱. توسعه زیرساخت‌های صنعتی

ایجاد و تجهیز واحدهای پیشرفته فرآوری، بسته‌بندی و تولید داروهای گیاهی، با حمایت‌های دولتی، جذب سرمایه‌گذاری و ارائه تسهیلات مالی، می‌تواند ارزش افزوده محصولات را افزایش دهد. همچنین، تأسیس پارک‌های علم و فناوری تخصصی در حوزه گیاهان دارویی، می‌تواند زمینه‌ساز رشد نوآوری و تجاری‌سازی ایده‌های جدید شود.

۲. تقویت زنجیره تأمین

استقرار نظام کشت قراردادی، ارتقاء همکاری‌های بین بخشی و ایجاد شبکه‌های تخصصی ذخیره و حمل و نقل گیاهان دارویی، از جمله راهکارهای ارتقاء زنجیره تأمین محسوب می‌شوند. حمایت از تعاونی‌های تولیدی و فرآوری نیز می‌تواند نقش مهمی در تجمیع ظرفیت‌های پراکنده ایفا کند.

۳. اصلاح نظام حقوقی و تسهیل صادرات

بازنگری در قوانین صادراتی، تدوین استانداردهای بین‌المللی بسته‌بندی و برندسازی، و ایجاد بسترهای حقوقی برای ثبت مالکیت فکری و گواهی‌های بهداشتی، زمینه‌ساز افزایش حضور موفق در بازار جهانی است. ارتقاء دیپلماسی اقتصادی و امضای توافق‌نامه‌های تجاری دوجانبه نیز باید در اولویت قرار گیرد.

۴. آموزش تخصصی و تقویت پژوهش‌های کاربردی

راه‌اندازی مراکز آموزش تخصصی، برگزاری دوره‌های مهارتی برای تولیدکنندگان و حمایت از پروژه‌های تحقیقاتی بین دانشگاه و صنعت، موجب افزایش کیفیت و اثربخشی فعالیت‌ها خواهد شد. همچنین، تدوین نقشه راه پژوهشی و تشویق پایان‌نامه‌ها و تحقیقات صنعتی به سمت نیازهای واقعی بازار ضروری است.

نتیجه‌گیری

بازار گیاهان دارویی در ایران، با وجود برخورداری از ظرفیت‌های بالای طبیعی، اقلیمی و انسانی، هنوز به جایگاه شایسته‌ای در بازار جهانی دست نیافته است. موانعی همچون ضعف زیرساخت‌های صنعتی، ناهماهنگی در زنجیره تأمین، چالش‌های حقوقی و صادراتی، و کمبود آموزش‌های تخصصی، از جمله عوامل محدودکننده توسعه این بازار به شمار می‌روند. برای غلبه بر این موانع، نیازمند یک رویکرد جامع و یکپارچه در سطوح سیاست‌گذاری، اجرایی و آموزشی هستیم. راهکارهایی نظیر توسعه زیرساخت‌های فرآوری و بسته‌بندی، ارتقاء سطح آموزش‌های تخصصی، اصلاح قوانین صادراتی و حمایت از دیپلماسی اقتصادی، می‌تواند زمینه‌ساز ارتقای موقعیت ایران در بازار گیاهان دارویی جهان شود. همچنین، تقویت ارتباط بین دانشگاه، صنعت و کشاورزان، و ایجاد شبکه‌های هماهنگ در زنجیره تولید تا مصرف، از اهمیت بسزایی برخوردار است. در نهایت، بهره‌گیری از تجربیات موفق جهانی، همراه با تدوین نقشه راه ملی در این

حوزه، می‌تواند راهگشای توسعه پایدار بازار گیاهان دارویی در ایران و تبدیل آن به یکی از محورهای اقتصاد دانش بنیان کشور باشد. با اتخاذ سیاست‌های مناسب و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، آموزش و تحقیقات، ایران می‌تواند به یک بازیگر کلیدی در بازار جهانی گیاهان دارویی تبدیل شود و از مزایای اقتصادی و اجتماعی این صنعت بهره‌مند شود.

منابع

زارع زردیینی، ح. و امیری عقدایی، س. ف. (۱۳۹۳). بررسی عوامل موثر بر بهبود و توسعه بازار گیاهان دارویی در ایران (مطالعه موردی: اصفهان). *تحقیقات بازاریابی نوین*، ۴(۱)، ۲۱۴-۱۹۵.

مولادوست، ک. و شاهمرادی، م. (۱۳۹۹). شناسایی چالش‌های پیش روی توسعه بخش گیاهان دارویی ایران. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۶(۵). ۷۴۸-۷۶۲.

Canton, H. (2021). Food and agriculture organization of the United Nations—FAO. *In The Europa directory of international organizations 2021* (pp. 297-305). Routledge.

Ghorbanpour, M., & Varma, A. (Eds.). (2017). *Medicinal plants and environmental challenges* (pp. 177-188). Cham: Springer.

Grand View Research. (2023). *Herbal medicine market size, share & trends analysis report by product (tablets & capsules, powders, extracts), by indication (pain, digestive disorders, respiratory),* by distribution channel, by region, and segment forecasts, 2023 - 2030.

Iran Chamber of Commerce. (2021). *Challenges and Solutions for Export of Medicinal Plants*.

Rostami, M., Mohammadi, R., & Rahimi, M. (2020). "Application of Applied Research in Medicinal Plant Supply Chain". *Journal of Medicinal Plants*, 19(3), 45–58.

WHO. (2023). Traditional and Complementary Medicine Report. *World Health Organization*.

Boosting Iran's Medicinal Plants Market: Identifying Obstacles and Providing Practical Solutions

Nasrollah Soori*
Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran
*Corresponding Author: Dr.soori@pnu.ac.ir

Abstract

Medicinal plants represent valuable natural resources within the healthcare domain, playing a crucial role in the pharmaceutical, cosmetic, hygiene, and food industries globally. Concurrently with the increasing public awareness regarding the benefits of these plants, the global market has experienced substantial growth. Regrettably, biodiversity-rich countries, such as Iran, have yet to fully capitalize on this opportunity and secure a proportionate share of this expanding market. This article is written in a descriptive-analytical manner with the aim of closely examining the current state of the medicinal plant market in Iran, identifying the main obstacles and challenges to the development of this industry, and providing practical and applicable solutions to overcome these obstacles. The results of this study show the main obstacles to the development of the medicinal plants market in Iran, and a set of practical solutions at different levels is presented to help improve Iran's position in the global medicinal plants market. The ultimate goal of these solutions is to increase the share of exports, create more added value, and develop the industry sustainably in the country.

Keywords: Export, Global Market, Processing, Supply Chain, Sustainable Development.

تأثیر مکانیزاسیون برداشت و خشک‌کردن بر کیفیت ترکیبات مؤثره در گیاهان دارویی با رویکردی فناورانه برای تجاری‌سازی

عبداله شبستانی*[1]، ابوالقاسم رهبری[1]
۱- گروه فناوری کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: a.shabestani1352@gmail.com

چکیده

افزایش نیاز جهانی به گیاهان دارویی و نقش کلیدی آن‌ها در صنایع غذایی، دارویی و بهداشتی، اهمیت به‌کارگیری فناوری‌های نوین در مراحل مختلف زراعت، برداشت و فرآوری این گیاهان را دوچندان کرده است. یکی از مراحل حساس در زنجیره ارزش گیاهان دارویی، فرآیند برداشت و خشک‌کردن است که تأثیر مستقیمی بر حفظ ترکیبات مؤثره و کیفیت نهایی محصول دارد. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر مکانیزاسیون برداشت و خشک‌کردن کنترل‌شده بر کیفیت ترکیبات مؤثره در گیاه دارویی آویشن و با رویکرد ارتقاء قابلیت تجاری‌سازی انجام شده است. در این مطالعه، ابتدا یک سامانه نیمه‌صنعتی برداشت و خشک‌کردن طراحی و پیاده‌سازی شد. سپس فرآیند خشک‌کردن با سه روش (خشک‌کن هوای گرم، آفتابی و خشک‌کن مادون قرمز) روی نمونه‌های برداشت‌شده انجام گرفت. پارامترهای کیفی شامل درصد اسانس کل، مقدار تیمول و کارواکرول با استفاده از دستگاه GC-MS اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که مکانیزاسیون برداشت در کنار خشک‌کردن کنترل‌شده موجب افزایش یکنواختی فرآیند، کاهش زمان عملیات، کاهش اتلاف ترکیبات فرار، و بهبود معنی‌دار کیفیت محصول نهایی نسبت به روش‌های سنتی شده است. همچنین، بهره‌گیری از این فناوری‌ها باعث ارتقاء بهره‌وری اقتصادی، کاهش هزینه‌های تولید، و فراهم‌سازی زمینه تجاری‌سازی پایدار گیاهان دارویی در مقیاس‌های نیمه‌صنعتی و صنعتی می‌شود. یافته‌های این تحقیق می‌تواند راهگشای توسعه فناوری‌محور زنجیره ارزش گیاهان دارویی در مناطق مستعد کشور باشد.

واژه‌های کلیدی: تجاری‌سازی، خشک‌کردن، فناوری‌های نوین، مکانیزاسیون، گیاهان دارویی

The effect of harvesting and drying mechanization on the quality of active compounds in medicinal plants with a technological approach for commercialization

Abdolah shabestani[1]* , Abolghasem rahbari[1]
1. Department of Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran
*Corresponding Author: a.shabestani1352@gmail.com

Abstract

The increasing global demand for medicinal plants and their key role in the food, pharmaceutical and health industries has doubled the importance of applying modern technologies in various stages of cultivation, harvesting and processing of these plants. One of the critical stages in the value chain of medicinal plants is the harvesting and drying process, which has a direct impact on the preservation of active ingredients and the final quality of the product. This study was conducted with the aim of investigating the effect of controlled harvesting and drying mechanization on the quality of active ingredients in the medicinal plant thyme and with the approach of improving commercialization. In this study, first, a semi-industrial harvesting and drying system was designed and implemented. Then, the drying process was carried out on the harvested samples using three methods (hot air dryer, solar dryer and infrared dryer). Quality parameters including the percentage of total essential oil, thymol and carvacrol content were measured using a GC-MS device. The results showed that harvesting mechanization along with controlled drying increased process uniformity, reduced operation time, reduced loss of volatile compounds, and significantly improved the quality of the final product compared to traditional methods. Also, the use of these technologies improves economic productivity, reduces production costs, and provides a basis for sustainable commercialization of medicinal plants on semi-industrial and industrial scales. The findings of this research can pave the way for technology-driven development of the medicinal plants value chain in susceptible areas of the country.

Keywords: Commercialization, Drying, Innovative Technologies, Mechanization, Medicinal Plants

مروری بر کاربرد گیاهان دارویی در طراحی فضای سبز با رویکرد کاهش مصرف آب

زهرا محمودی راد*[۱]، رضا قریشی[۱]، حسن نورافکن[۲]

۱- اداره سیما، منظر و فضای سبز شهری، شهرداری، مشگین شهر، ایران

۲- استادیار، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات ارگانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میانه، میانه، ایران

*نویسنده مسئول: mahmoudirad.plant@gmail.com

چکیده

محیط‌های زیست شهری و فضاهای سبز یکی از اساسی‌ترین عوامل پایداری حیات طبیعی در شهرنشینی نوین به شمار می‌آیند. با توجه به این موضوع و حضور گیاهان به‌عنوان اجزای اساسی فضای سبز و محدودیت‌های ناشی از آن، از جمله کمبود آب، باید در انتخاب گیاهان مناسب برای گسترش فضاهای سبز دقت نمود. یکی از گیاهانی که از دیر باز در فضای سبز کاربرد گسترده‌ای داشته است چمن می‌باشد. اما این گیاه نیاز آبی بالایی دارد این امر باعث شده تقاضا برای گیاهان پوششی در فضای سبز، بیشتر شود و از برخی گیاهان دارویی مانند رزماری و اسطوخودوس به‌عنوان گیاهان پوششی، در فضاهای سبز استفاده گردد، همچنین استفاده از گیاهان پوششی به جای چمن، باعث کاهش قابل توجه مصرف سوخت ماشین آلات چمن‌زنی و کاهش آلودگی هوا می‌شود. بنابراین، این مقاله نگاهی اجمالی به عوامل مؤثر در انتخاب گیاهان در فضای سبز، راحتی تکثیر و کشت و کار با استفاده از پایگاه‌های اطلاعاتی اینترنتی در کاربرد گیاهان بومی و دارویی در منظر شهری دارد. نتایج تحقیقات مختلف نشان دهنده آن است که با توجه به اینکه ایران کشوری غنی از نظر تنوع گونه‌های گیاهی محسوب می شود، فرصت‌ها و منابع فراوانی در جهت بومی سازی گیاهان دارویی-زینتی و استفاده از آن‌ها در مناظر شهری، متناسب با اقلیم مناطق مختلف ایران وجود دارد. در نتیجه این مطالعه می‌تواند موجب تغییر الگوی طراحی فضای سبز رایج و استفاده بهینه از آب و افزایش بهره‌وری در فضای سبز شهری با استفاده از گیاهان دارویی شود.

واژه‌های کلیدی: تنوع زیستی، فضای سبز پایدار، محیط زیست، مدیریت منابع آب، منظر شهری

A review of the use of medicinal plants in green space design with an approach to reducing water consumption

Zahra Mahmoudirad[1*], Reza Ghoreishi[1], Hassan Nourafcan[2]
1. Department of Urban Landscape, Cityscape and Green Space, Municipality, Meshginshahr, Iran
2. Assistant Professor, Medicinal Plants and Organic Product Research Center, Islamic Azad Univercity, Miyaneh Branch, Miyaneh, Iran
[*]*Corresponding Author: mahmoudirad.plant@gmail.com*

Abstract

Urban environments and green spaces are considered one of the most fundamental factors in the sustainability of natural life in modern urbanization. Considering this, and the presence of plants as essential components of green spaces, attention must be taken in selecting suitable plants for expanding green areas, taking into limitations such as water scarcity. One of the plants that has been widely used in green spaces is grass. However, this plant, requires a high amount of water. This has led to an increased demand for ground cover plants in green spaces, and some medicinal plants, such as rosemary and lavender, are being utilized as cover in these areas. Also, using cover plants instead of grass significantly reduces fuel consumption of mowing equipment and decreases air pollution. Therefore, this article provides an overview of the factors influencing plant selection in green spaces, considering ease of propagation and cultivation, with a focus on the application of native and medicinal plants in urban landscape. The results of various researches indicate that considering that Iran is a country rich in plant species diversity, there are many opportunities and resources for localizing medicinal-ornamental plants and using them in urban landscapes, appropriate to the climate of different regions of Iran. As a result, this study can change the current green space design pattern and optimize water use and increase productivity in urban green spaces by using medicinal plants.

Keywords: Biodiversity, Sustainable green space, Environment, Water resources management, Urban landscape

میکروانکپسولاسیون اسانس‌های گیاهی با نشاسته برای کاربردهای نگهداری مواد غذایی

صمد بدبدک*[۱]، سمیه محمدخانی[۲]

۱- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، تبریز

۲-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، زیست فناوری مواد غذایی، دانشکده کشاورزی تبریز، دانشگاه تبریز، تبریز

* نویسنده مسئول: s.bodbodak@tabrizu.ac.ir

چکیده

پیگیری مصرف کنندگان برای سبک زندگی سالم، مردم را به سمت توسعه فناوری‌های جدید سوق داده است که می‌تواند ماندگاری مواد غذایی را بدون استفاده از مواد نگهدارنده افزایش دهد. در مقایسه با سایر انواع نگهدارنده‌ها، میکروکپسول‌های خوراکی حاوی اسانس به ویژه میکروکپسول‌های نشاسته‌ای حاوی اسانس (Eos-نشاسته میکروکپسول) به دلیل سازگاری با محیط زیست، ویژگی‌های سالم‌تر و توانایی حمل مواد فعال، روز به روز محبوب‌تر می‌شوند. علاوه بر این، میکروکپسول‌های نشاسته‌ای مبتنی بر اسانس همچنین می‌توانند تأثیر بر طعم را کاهش دهند و زمان اثر اسانس روی غذا را از طریق اثر آزادسازی آهسته آن طولانی‌تر کنند، که می‌تواند استفاده از اسانس را در غذا تقویت کند. درک محل قرارگیری مختلف میکروکپسول‌های نشاسته خوراکی و اسانس و مکانیسم ضد باکتریایی مرتبط برای ترویج کاربرد اسانس در سیستم غذایی واقعی مؤثرتر و هدفمندتر خواهد بود. تمرکز این مطالعه بر روی سهم میکروکپسول‌های نشاسته‌ای-اسانس برای طولانی‌تر کردن ماندگاری محصولات غذایی است به همین دلیل، ۱) ویژگی‌های اتصال میکروکپسول‌های نشاسته‌ای حاوی اسانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، ۲) بطور سیستماتیک مواد و روش‌های اصلی برای تهیه میکروکپسول‌های اسانس خلاصه شده است. ۳) بطور خاص به مکانیسم‌های عمل میکروکپسول‌های نشاسته اسانس بر روی میکروارگانیسم و بحث در مورد کاربردهای میکروکپسول‌های نشاسته‌ای، اسانس در مواد غذایی خاص پرداخته است.

واژه‌های کلیدی: فرمولاسیون، میکروکپسول نشاسته‌ای مبتنی بر اسانس، مکانیسم‌ها، ویژگی‌های اتصال، نگهداری مواد غذایی.

مقدمه

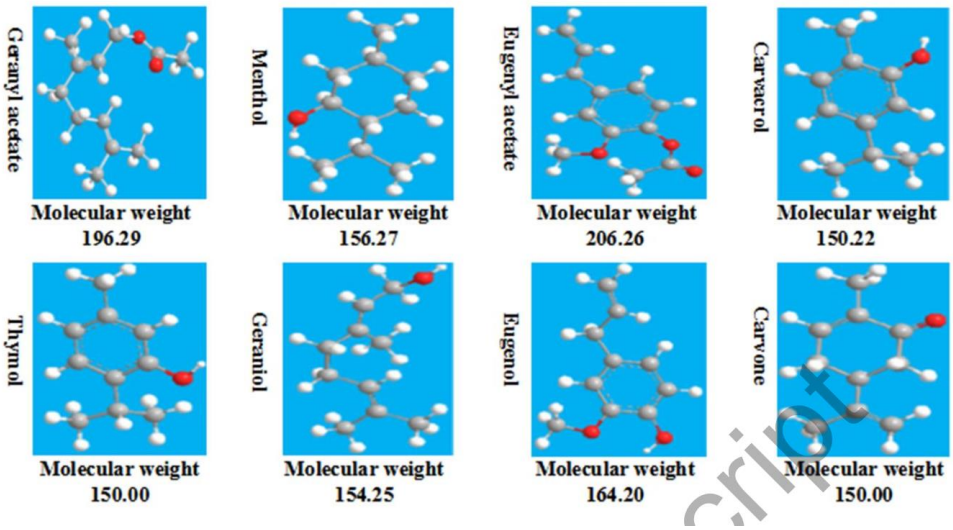
در چند سال اخیر، استفاده از عوامل ضد میکروبی طبیعی در نگهداری مواد غذایی و افزایش ماندگاری مواد غذایی به منظور بهبود کیفیت و ایمنی محصولات، در عین حال حفظ خواص غذایی و حسی خوب آن‌ها افزایش یافته است (Goni et al., 2009).

اسانس‌های گیاهی طبیعی به دلیل مزایای بازده بالا، ایمنی و غیر سمی بودن، به کانون تحقیقات در زمینه نگهداری مواد غذایی تبدیل شده‌اند. بر اساس FDA (سازمان غذا و داروی آمریکا)، اسانس‌ها بطور کلی بعنوان ایمن (GRAS) شناخته می‌شوند و دارای فعالیت ضد میکروبی وسیعی هستند (Ju et al., 2018). بدلیل خاصیت چربی دوستی و نامحلول بودن اسانس‌ها در آب، فراریت قوی، مقاومت پایین در برابر نور و گرما، کاربرد آن‌ها را محدود است. به منظور حفظ زیست فعالی اسانس‌ها و مواد فرار آن، افزایش حلالیت در آب، افزایش استفاده موثر از آن و به حداقل

رساندن اثرات بوی آن بر غذا، اسانس‌ها باید در سیستم حامل کپسوله شوند (Buranasuksombat et al., 2013). میکروکپسول‌های مبتنی بر نشاسته پتانسیل بالایی برای حمل مواد فعال مانند ضد عفونی‌کننده، آنتی‌اکسیدان‌ها، رنگ‌ها، ادویه‌ها و مواد مغذی دارند که می‌توانند بعنوان نوعی سیستم انتقال استفاده شوند. با این حال، کاربرد نشاسته در برخی زمینه‌ها به دلیل استحکام مکانیکی پایین و خواص کیفی ضعیف آن محدود است (Jiang et al., 2014). نشاسته اصلاح شده برخی از کمبودهای نشاسته طبیعی را جبران کرده و باعث شده است که نشاسته طبیعی دارای برخی خواص ویژه باشد که دامنه کاربرد نشاسته طبیعی را در صنعت گسترش داده است. تمرکز این مطالعه بر روی سهم میکروکپسول نشاسته-اسانس در محصولات غذایی، مکانیسم مرتبط و کاربرد آن در مواد غذایی را خلاصه می‌کند.

ویژگی‌های اتصال میکروکپسول‌های نشاسته‌ای حاوی اسانس

دربرگیری کمپلکس به اتصال غیر کووالانسی مولکول‌های کوچک به نشاسته گفته می‌شود که در آن مولکول هدف با ورود و اتصال به حفره مارپیچی آمیلوز، به این مولکول متصل می‌شود. مولکول‌های متصل به نشاسته را لیگاند نیز می‌نامند. این نوع تعامل برای تنظیم خواص بافتی غذاهای مبتنی بر نشاسته اعمال می‌شود. در مقایسه با لیپیدها، اسانس‌ها لیگاندهای کوچک‌تری با زنجیره‌های کربنی کوتاه‌تر هستند و مانند ترپن‌ها و لاکتون‌ها، اغلب ساختار حلقه‌ای دارند اسانس‌ها عموماً پراکندگی ضعیفی در آب دارند که ممکن است برهمکنش با نشاسته در سیستم‌های آبی را مختل کند. شکل ۱ مجموعه‌ای از اسانس‌ها را نشان می‌دهد که میکروکپسول‌هایی را با آمیلوز تشکیل می‌دهند.

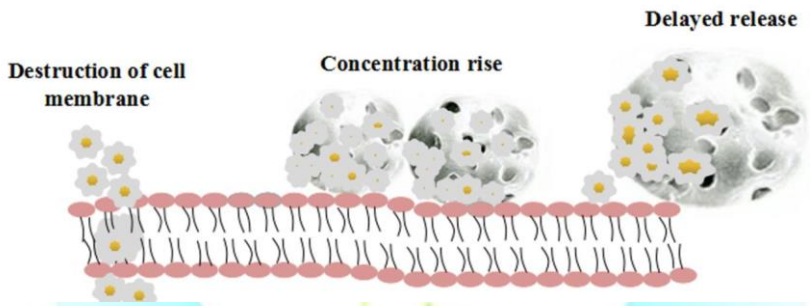


شکل ۱. منتخبی از اسانس‌های را ارائه می‌دهد که میکروکپسول‌هایی را با آمیلوز تشکیل می‌دهند.

با توجه به توانایی کمپلکس آمیلوپکتین، Rutschmann and Solms (1990) یک اتصال غیر اختصاصی را در غلظت‌های لیگاند بالا مشاهده کردند و به این نتیجه رسیدند که شاخه‌های خارجی بلند آمیلوپکتین اجازه تشکیل کمپلکس‌هایی با پایداری بسیار کم، اما با مقادیر ظرفیت اتصال بسیار بالا را می‌دهند. همین ترتیب، اندازه‌گیری‌های نگهداری اسانس‌ها نشان می‌دهد که هر دو پلیمر، آمیلوز و آمیلوپکتین، قادر به اتصال اسانس هستند.

مکانیسم عمل

ارتباط نزدیکی بین ترکیب شیمیایی و ساختار اسانس و باکتریوستاز آن وجود دارد. مکانیسم باکتریوستاز اسانس عموما یک مکانیسم واحد نیست و نتیجه رویکرد مهار چند نقطه‌ای است. اثر ضد میکروبی میکروکپسول‌های نشاسته مبتنی بر اسانس از طریق نفوذ در میکرومنافذ، شکاف یا غشای نیمه تراوا در میکروکپسول نشاسته است. با توجه به خواص فیزیکوشیمیایی مواد میکروکپسول، فرآیند عمدتا به سه حالت تقسیم می‌شود. ابتدا عامل ضد باکتری منتشر شده و از میکروکپسول آزاد می‌شود. دوم، میکروکپسول متورم می‌شود تا عامل ضد باکتری را آزاد کند. سوم، تخریب یا خوردگی میکروکپسول منجر به آزاد شدن عامل ضد باکتریایی می شود و سپس اسانس آزاد شده روی غشای سلولی میکروبی کار می‌کند تا عمل باکتریواستاتیک را اعمال کند. به دلیل آب دوستی نشاسته متخلخل، اسانس تماس بهتری با غشای سلولی میکروبی دارد و با تغییر یکپارچگی لایه دو مولکولی فسفولیپید سلولی یا با تداخل با پروتئین انتقال فعال از بین ببرد و همچنین ماده کپسول کننده با بار مثبت می‌تواند با دیواره سلولی میکروارگانیسم با بار منفی تعامل داشته باشکه منجر به افزایش میزان نفوذ اسانس می‌شود (Chang et al., 2015). مکانیسم‌های شرح داده شده در شکل ۲ ممکن است همزمان وجود داشته باشند و به سختی به تنهایی ظاهر شوند.



شکل ۲. نمودار شماتیک مکانیسم مسیرهای مختلف اثرگذاری اسانس

استفاده از میکروکپسول‌های نشاسته‌ای مبتنی بر اسانس در نگهداری مواد غذایی

شرایط نگهداری و حمل و نقل طولانی مدت تاثیر منفی زیادی بر طعم و کیفیت این محصولات داشته است. اگرچه بسته‌بندی پلاستیکی این اثرات منفی را تا حدی کاهش داده‌بود، اما با مشکل آلودگی ناشی از ضایعات بسته‌بندی‌های پلاستیکی و بهبود ایمنی مردم در مورد ایمنی مواد غذایی، توسعه مواد نگهداری سبز طبیعی قابل تجزیه و خوراکی و سازگار با محیط زیست به یک کانون تحقیقاتی در زمینه مواد غذایی تبدیل شده است. در میان آن‌ها، فناوری میکروکپسول خوراکی پتانسیل زیادی برای کاربرد و محبوبیت دارد. فناوری میکروکپسول خوراکی، بعنوان روشی برای نگهداری مواد غذایی، توسط جامعه بین‌المللی به رسمیت شناخته شده است. اگرچه فناوری میکروکپسول‌های خوراکی سابقه کوتاهی دارد، اما ظاهر آن بسیاری از مشکلات غذایی را حل کرده و به ویژه در صنعت نگهداری مواد غذایی برتری زیادی از خود نشان داده است. بسیاری از محصولات به دلیل نقص فناوری در نگهداری تازه هدر می‌روند، اما با فناوری میکروکپسول خوراکی بهتر می‌توان آن را حل کرد. بطور خاص، میکروکپسول‌های ساخته شده از نشاسته علاوه بر تنوع بالا، ایمن و بدون آلودگی نیز هستند. کاربرد میکروکپسول‌های نشاسته‌ای حاوی اسانس در محصولات خاص در جدول ۱ توضیح داده شده است. این نشان می‌دهد که عملکرد اصلی میکروکپسول نشاسته‌ای حاوی اسانس در کاربردهای غذایی اثرات ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی است که ممکن است عمدتاً به اثر

اسانس مربوط باشد. علاوه بر این، از نوع غذا می‌توان دریافت که استفاده از میکروکپسول‌های نشاسته‌ای حاوی اسانس عمدتاً در غلات و فرآورده‌های گوشتی متمرکز شده است که ممکن است به ویژگی‌های ساختاری خود میکروکپسول نشاسته مربوط باشد. ظاهر میکروکپسول‌های نشاسته بطور کلی دانه‌ای است و بنابراین خواص مکانیکی و نفوذ پذیری آن ممکن است بدتر از فیلم‌های مصنوعی معمولی باشد که کاربرد آن را در برخی غذاها محدود می‌کند. اما با بهبود مستمر و کاوش در فناوری فرآوری، این محدودیت‌ها برطرف خواهد شد.

نتیجه‌گیری

در چند سال گذشته، پیگیری مصرف‌کنندگان برای ایمنی و محصولات طبیعی باعث توسعه فناوری تازه نگهداری شده است که نه تنها می‌تواند کیفیت و ایمنی محصول را بهبود بخشد، بلکه باعث از بین رفتن خواص تغذیه‌ای و حسی نمی‌شود. اسانس گیاه طبیعی می‌تواند این خواسته‌ها را برآورده می‌کند. اما بوی خاص و فرار بودن اسانس تا حدودی کاربرد گسترده آن را در صنایع غذایی محدود می‌کند. اما این عیب با میکروکپسول نشاسته قابل حل است. پس از کپسوله شدن در میکروکپسول نشاسته، فعالیت بیولوژیکی، پایداری فیزیکی و شیمیایی اسانس‌ها تا حد معینی حفظ می‌شود. در حال حاضر، به دلیل خواص ذاتی میکروکپسول نشاسته، کاربرد آن در برخی از غذاهای خاص تا حدودی محدود شده است، همانطور که قبلا اشاره شد، کاربرد آن عمدتاً در غلات و فرآورده‌های گوشتی متمرکز است. بنابراین، انتخاب فناوری و مواد میکروانکپسولاسیون مناسب با توجه به ماهیت محصول خاص بسیار مهم است.

جدول ۱. کاربرد میکروکپسول‌های نشاسته‌ای مبتنی بر اسانس در محصولات خاص.

عملکرد	نوع مواد	محصول	مکانیسم	نتایج
ضد میکروبی	نشاسته سیب زمینی شیرین، اسانس آویشن	میگو	طولانی شدن زمان عمل اسانس با آزادسازی آهسته از میکروکپسول ها	این روش ماندگاری میگو را در زمان نگهداری در سرد به میزان قابل توجهی افزایش می دهد
ضد میکروبی	بتا سیکلو دکسترین، اسانس سیر و دارچین	برنج	ترکیب دو اسانس باعث بهبود بیشتر فعالیت باکتریوستاز اسانس‌ها می‌شود	میکروکپسول اثر مهاری قابل توجهی بر روی آسپرژیلوس فلاووس دارد
ضد میکروبی	نشاسته کاساوا، اسانس دارچین	میوه گوارا	میکروکپسول‌ها فعالیت ضد باکتریایی اسانس را افزایش می دهند	این روش ماندگاری گواوا را به میزان قابل توجهی افزایش می دهد
آنتی‌اکسیدانی	نشاسته ذرت، اسانس بذر کتان	نان	نشاسته بر حلالیت اسانس اثر می گذارد و تعامل بین اسانس و نان را تقویت می کند	کاهش اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع و تولید مواد مضر در فرآیند پخت نان
آنتی‌اکسیدان	بتا سیکلودکسترین، اسانس هل سفید	سوسیس	بتا سیکلودکسترین ترکیب شده با اسانس‌ها اثر آنتی‌اکسیدانی هم افزایی دارد	بهتر است از اکسیداسیون چربی سوسیس در زمان نگهداری جلوگیری شود و ماندگاری آن طولانی شود

در آینده بررسی فعل و انفعالات طعم نشاسته نیاز به تأکید بیشتری بر روابط ساختار-ویژگی کمپلکس‌های آمورف یا تا حدی کریستالی دارد، زیرا اینها ساختارهای مرتبط در سیستم‌های غذایی هستند. در نهایت، باید مطابقت بین فرمول میکروکپسول‌های نشاسته و اسانس‌ها و گونه‌های میکروارگانیسم را به منظور انتخاب میکروکپسول‌های

نشاسته‌ای حاوی اسانس با توجه به میکروب‌های عامل فاسد مختلف ایجاد شود. تنها به این ترتیب میکروکپسول‌های نشاسته‌ای حاوی نشاسته می‌توانند عملکرد ضد باکتریایی خود را بهتر انجام دهند.

منابع

Buranasuksombat, U., Kwon, Y. J., Turner, M., & Bhandari, B. (2013). Influence of emulsion droplet size on antimicrobial properties. *Food Sci. Biotechnol*, 20, 793-800.

Chang, Y., McLandsborough, L., & McClements, D. J. (2015). Fabrication, stability and efficacy of dual-component antimicrobial nanoemulsions: essential oil (thyme oil) and cationic surfactant (lauric arginate). *Food Chemical*, 172, 298-304.

Jiang, T., Wu, C., Gao, Y., Zhu, W., Wan, L., Wang, Z., & Wang, S. (2014). Preparation of novel porous starch microsphere foam for loading and release of poorly water soluble drug. *Drug development and industrial pharmacy*,40(2), 252-259.

Ju, J., Xu, X., Xie, Y., Guo, Y., Cheng, Y., Qian, H., & Yao, W. (2018). Inhibitory effects of cinnamon and clove essential oils on mold growth on baked foods. *Food Chemistry*, 240, 850-855.

Li, S. Y., Li, X. K., & Zhang, H. (2015). Preparation of garlic oil microcapsules and its storage stability. *Chinese condiments*, 40 (2), 40-43.

Rutschmann, M. A., & Solms, J. (1990a). Formation of inclusion complexes of starch with different organic compounds. II. Study of ligand binding in binary model systems with decanal, 1-naphtol, monostearate and monopalmitate. *Lebensmittel- Wissenschaft und -Technologie*, 23, 70-79.

Microencapsulation of plant essential oils with starch for food preservation applications

Samad Bodbodak [*1], Somayeh Mohammadkhani[2]
1. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, Tabriz University, Tabriz, Iran
2. MSc student, Food Biotechnology, Tabriz Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
Corresponding Author's: s.bodbodak@tabrizu.ac.ir

Abstract

Consumers' pursuit to a healthy lifestyle has promoted people to develop new technologies that can prolong the shelf life of food without the use of preservatives. Compared with other types of preservation, edible microcapsules containing essential oils (EOs) are becoming more and more popular especially the starch microcapsules containing essential oil (EOs-starch microcapsules) because of their environmentally friendly, healthier characteristics and the ability to carry active ingredients. In addition, the EOs-starch microcapsules can also reduce the flavor influence and prolong the action time of essential oil on food through its slow release effect, which can promote the use of EOs in food. Understanding the different collocation of edible starch microcapsules and EOs and the related antibacterial mechanism will be more effective and targeted to promote the application of EOs in the real food system. The review focus on the contribution of EOs-starch microcapsules to prolong the

shelf life of food products, (1) binding characteristics of EOs-starch microcapsules were analyzed, (2) systematically summarizing the main materials and methods for preparing the EOs-microcapsules, (3) specifically addressing the action mechanisms of EOs-starch microcapsules on microorganism, (4) discussing the applications of EOs-starch microcapsules in specific food.

Keywords: Starch microcapsules; Aessential oil; Binding characteristics; Food preservation; Formulation; Mechanisms

کاربرد ترپن‌ها در محصولات غذایی و دارویی

صمد بدبدک*[۱]، سمیه محمدخانی[۲]

۱- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، تبریز

۲-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، زیست فناوری مواد غذایی، دانشکده کشاورزی تبریز، دانشگاه تبریز، تبریز

*نویسنده مسئول: s.bodbodak@tabrizu.ac.ir

چکیده

ترپن‌ها از واحدهای ایزوپرن دارای گروه‌های مختلف هیدروکربن اکسیژن‌دار ساخته شده‌اند. رایج‌ترین ترکیبات ترپنی عبارتند از: مونوترپن‌ها، سزکوئی‌ترپن‌ها، دی‌ترپن‌ها و ترپن‌ها. ترپن‌ها اغلب در گیاهان، به ویژه در برخی از خانواده زنجبیلیان یا لاله‌ها یافت می‌شوند و از طریق استخراج مستقیم، سنتز شیمیایی و میکروارگانیسم‌ها استحصال می‌شوند. این ترکیبات فعالیت ضد باکتریایی، ضد ویروسی، آنتی‌اکسیدانی و ضد درد از خود نشان می‌دهند، به هضم غذا کمک می‌کنند و فعالیت‌های بیولوژیکی دیگری نیز دارند. ترپن‌ها به طور گسترده به عنوان عواملی در سلامت مواد غذایی و به عنوان درمان‌های ضد سرطان مورد استفاده قرار می‌گیرند. در محصولات دارویی، ترپن‌ها، به ویژه لیمونن و المن، فعالیت بیولوژیکی قوی از خود نشان می‌دهند که میتوز سلول‌های تومور را کاهش می‌دهد، آپوپتوز سلول‌های تومور را القا و رشد سلول‌های تومور را مهار می‌کند. با این حال، بازده کم ترپن‌ها کاربرد آن‌ها را محدود می‌کند. بنابراین، در این تحقیق منابع ترپن‌ها بررسی و بر مسیر بیوسنتز سزکوئی‌ترپن‌ها تمرکز شده‌است و آخرین پیشرفت‌های تحقیقاتی در مورد ترپن‌هایی را که نقش بیولوژیکی فعال و عملگرای در محصولات تخمیر شده و محصولات دارویی، به ویژه در توسعه و استفاده از صنعت دارند، را بررسی کرده و در نهایت ایده‌های تحقیقاتی جدیدی برای بهبود و بهینه‌سازی ترپن‌ها در صنایع مختلف ارائه می‌دهیم.

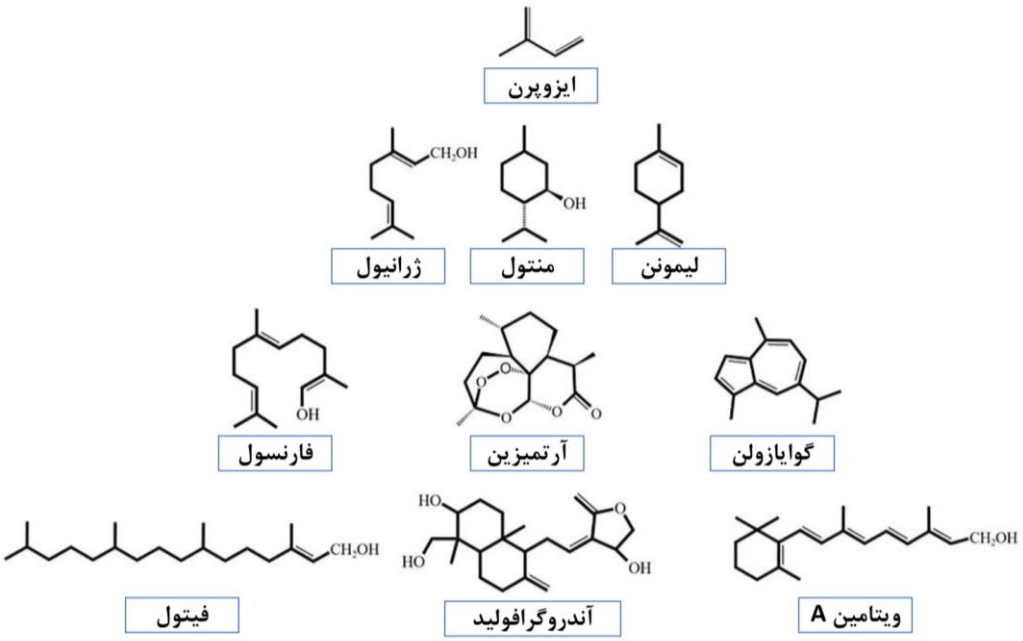
واژه‌های کلیدی: ترپن‌ها؛ لیمونن؛ سزکوئی‌ترپن؛ غذای تخمیر شده؛ دارویی.

مقدمه

ترپن‌ها دسته‌ای از هیدروکربن‌ها و مشتقات اکسیژن‌دار آن‌ها هستند که بطور گسترده در گیاهان، میکروارگانیسم‌ها، ارگانیسم‌های دریایی، قارچ‌ها و حشرات یافت می‌شوند. انواع مختلفی از ترکیبات ترپن و ایزومرهای آن‌ها به اشکال مختلف وجود دارند. این ترکیبات را می‌توان به مونوترپن‌ها (لیمونن)، سزکوئی‌ترپن‌ها (المن)، دی‌ترپن‌ها (کامپن) و پلی‌ترپن‌ها تقسیم کرد (شکل ۱). همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود واحد سازنده ترکیات ترپنی، ایزوپرن می‌باشد. اغلب ترکیبات ترپنی خاصیت چربی‌دوست قوی دارند (Tong and Maimone, 2019). ترپن‌های با وزن مولکولی پایین، مانند مونوترپن‌ها و سزکوئی‌ترپن‌ها به شکل مایعات روغنی و ترپن‌های با وزن مولکولی بالا، مانند دی‌ترپنوئیدها و تری‌ترپنوئیدها، عمدتاً به صورت کریستال‌های جامد می‌باشند. علاوه بر این، پیوند دوگانه ساختار کربنی و پیوند دوگانه گروه عاملی ترپن‌ها با معرف‌های مربوطه واکنش می‌دهند که می‌توانند برای جداسازی، استخراج و شناسایی ترپن‌ها استفاده شوند.

در صنعت داروسازی، ترپن‌ها عمدتاً بعنوان داروهای ضد سرطان جدید استفاده می‌شوند. بعنوان مثال، المن یک ترکیب ضد سرطان طبیعی با عوارض جانبی سمی جزئی است، سرطان ریه، سرطان کبد، سرطان نازوفارنکس و

تومورهای مغزی را مهار می‌کند. علاوه بر این، ترپن‌ها، مانند پینن و پاکلیتاکسل، بطور گسترده در پزشکی بالینی استفاده می‌شوند. در عین حال، ترپن‌ها را می‌توان در چسب‌ها، آفت‌کش‌ها، عوامل پخت و سایر محصولات نیز استفاده کرد که عموماً در کشاورزی، شیمی و سایر زمینه‌ها کاربرد دارند. تحقیقات روی ترپن‌ها در محصولات غذایی و دارویی، که شامل تحقیقات روی مسیرهای سنتز و فعالیت بیولوژیکی است، مستقیماً بر عملکرد ترپن‌ها و کیفیت محصولات تأثیر می‌گذارد. مسیر تولید ترپن‌ها می‌تواند توسط میکروارگانیسم‌ها در مسیر بیوسنتز موالونات (MVA) تولید شود. با این حال، برای کنترل یا افزایش بازده ترپن‌ها، لازم است راندمان سنتز ماده پیش‌ساز ایزوپنتنیل دی فسفات (IPP) و ایزومر آن دی متیل آلیل دی فسفات (DMAPP) موجود در ترپن‌ها، بهبود یابد (Zhong,2021).



شکل ۱. ساختار شیمیایی ترپنوئیدها

انواع و فعالیت ضد باکتریایی ترپن‌ها در محصولات غذایی و دارویی

انواع ترپن‌ها و فعالیت ضد باکتریایی آنها

انواع مختلفی از ترکیبات ترپنی در گیاهان، ارگانیسم‌های دریایی، قارچ‌ها، حشرات و فرآورده‌های تخمیری وجود دارند که منشاء آنها مواد خام گیاهی بوده و یا توسط فعالیت میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شوند. مهمترین ترپنوئیدها و اثرات ضد باکتریایی و دارویی آنها در ادامه توضیح داده شده است.

بتا-المن

بتا-المن یک ماده بسیار مهم برای سلامتی و طعم‌دهنده است. بتا-المن توسط میکروارگانیسم‌ها در محصولات تخمیری تولید می‌شود. علاوه بر ایجاد طعم بعنوان یک ماده دارویی با فعالیت‌های ضد تومور، ضد سرطان، ضد التهاب، ضد میکروبی و سایر فعالیت‌های بیولوژیکی است. بطور خاص، بتا-المن فعالیت مهاری قوی علیه *Escherichia coli*،

Micrococcus Tetragenus و *Bacillus subtilis* نشان داد. در حال حاضر، به طور گسترده در درمان سرطان ریه، تومورهای دستگاه گوارش، تومورهای مغزی و سایر سرطان‌ها با اثربخشی قوی در کشتن سلول‌های تومور و مهار رشد سلول‌های تومور استفاده می‌شود (Wang et al., 2021).

لیمونن

لیمونن یک ترپن تک حلقه‌ای است که به طور گسترده در گیاهان یافت می‌شود. این ماده عطر لیموی دلپذیری دارد و معمولاً در مرکبات، سبزیجات و ادویه‌ها یافت می‌شود. این ماده طیف گسترده‌ای از عملکردها مانند حفظ، باکتریوستاز، ضد التهاب و فعالیت ضد تومور و همچنین به عنوان خلط‌آور، ضد آسم و صفراآور عمل می‌کند. لیمونن یک دسته معمول از مواد ضد سرطان ایزوپرنوئید است و -(+)-Rلیمونن یک عامل درمانی است که می‌تواند سرطان سینه ناشی از مواد شیمیایی و متاستاز سرطان معده انسان را درمان کند (Lu *et al.*, 2004).

کاریوفیلن

بتا-کاریوفیلن، که بعنوان اسانس روغنی بتا-میخک نیز شناخته می‌شود، نوعی سزکوئی‌ترپن دو حلقه‌ای است که عموماً از فرآیندهای متابولیکی در گیاهان و قارچها مشتق می‌شود. تولید بتا-کاریوفیلن بر اساس استخراج گیاه است، با این حال، سنتز کاریوفیلن از طریق تخمیر میکروبی سرعت رشد سریع و هزینه پایینی دارد. در پزشکی، بتا-کاریوفیلن عمدتاً کاریوفیلن است و محصولات اکسیداسیون آن دارای فعالیت ضد باکتریایی، کاهش دهنده چربی، ضد التهابی، ضد توموری و باکتری‌کشی هستند و همچنین می‌توانند به عنوان آرام‌بخش استفاده شوند (Xuan *et al.*, 2011).

فارنسول

فارنسول یک ترکیب الکلی سزکوئی‌ترپن غیرحلقوی است که عمدتاً از گیاهان مشتق می‌شود. این ترکیب دارای چهار ایزومر بوده که معمولاً بصورت مخلوط در منابع گیاهی وجود دارد. این ترکیب عطر منحصر به فردی شبیه به ارکیده شاپرکی دارد و منبع اصلی عطر است. این ترکیب بطور گسترده بعنوان یک جزء اصلی عطر در لوازم آرایشی و یک داروی ضد سرطان در صنعت داروسازی استفاده می‌شود. همچنین می‌تواند بعنوان یک سوخت ایده‌آل برای هوانوردی مورد استفاده قرار گیرد (Guo *et al.*, 2021).

کاربرد و عملکرد ترپن‌ها در محصولات دارویی

امروزه با افزایش میزان شیوع سرطان در جهان، تمرکز اصلی صنعت داروسازی بر یافتن مواد فعال ضد سرطان و پیشگیری از سرطان است. با افزایش تحقیقات در مورد مکانیسم‌های مولکولی تومورزایی و تبدیل بدخیم، بسیاری از داروهای ضد سرطان با هدف قرار دادن آنزیم‌ها و گیرنده‌های مرتبط در فرآیند تومورزایی و توسعه غربالگری شده‌اند. ترکیبات ترپنی یک جزء شیمیایی مهم در طب طبیعی با ساختارهای اسکلتی متنوع و فعالیت‌های بیولوژیکی فراوان است. برای مثال، دی‌ترپنوئید طبیعی تاکسول حاصل از گیاهان سرخدار جدا و خالص‌سازی شده است. منتول، یک ترکیب مونوترپنوئیدی، بعنوان ترکیب دارویی مهم، اثرات ضد درد و ضد خارش دارد و پیپریدون اثرات شل کنندگی عضلات صاف و درمان آسم برونشیال نقش دارد. داروی جدید ضد سرطان شناخته شده بین‌المللی، المن، که از گیاه زردچوبه وِنیوجین گرفته شده است، فعالیت دارویی قوی برای مهار تومورها، سرطان ریه و سرطان نازوفارنکس دارد. جدول ۱ کاربرد ترپن‌ها در پزشکی و داروسازی را بطور خلاصه نشان می‌دهد.

کاربرد و عملکرد ترپن‌ها در سایر محصولات

علاوه بر نقش مواد ترپنی در صنعت غذا برای افزایش کیفیت غذا، این ترکیبات ترپنی نیز از اجزاء مهم ادویه‌ها و مواد اولیه برای لوازم آرایشی هستند. برخی از ترکیبات ترپنی نیز مواد اولیه صنعتی مهمی می‌باشند. برای مثال ترکیبات پلی ترپنی می‌توانند در صنعت خودرو و هواپیما استفاده شوند پینن بعنوان یکی از مهمترین ترکیبات ترپنی ماده اولیه اصلی برای سنتز طعم‌دهنده‌ها است و عمدتاً برای سنتز ترپینول، لینالول و برخی از طعم‌دهنده‌ها استفاده می‌شود. از کاربردهای پلیمر پینن می‌توان به رزین ترپن مصنوعی آلفا-پینن اشاره کرد که در جوهر چاپ و رنگ استفاده می‌شود (Kimura *et al.*, 1996). پینن می‌تواند برای سنتز نرم‌کننده‌ها بعنوان عامل پخت رزین اپوکسی، سموم کک‌کش، چسب شیشه نوری و نگهدارنده چوب استفاده شود. همچنین کاربردهایی در فرآوری لاستیک و اتصالات چسبی دارد.

ایزوپرن بطور گسترده در زمینه‌های فرآوری لاستیک، مانند لاستیک، نوار و شیلنگ استفاده می‌شود. استایرن و ایزوپرن که از طریق پلیمریزاسیون آنیونی سنتز می‌شوند، مواد ایده‌آلی برای اصلاح چسب‌ها، پوشش‌ها و پلاستیک‌ها هستند. لاستیک درجه‌بندی شده را می‌توان با ایزوبوتیلن نیز سنتز کرد (Liu and Sun, 2018).

جدول ۱. ترپن‌های رایج در پزشکی و فعالیت دارویی آن‌ها.

نحوه‌ی پیدایش	LD_{50}	عملکرد دارویی	محصولات دارویی	تکنیک آماده‌سازی	خواص بیولوژیکی
β-المن	≥5000 mg/kg	کاهش میتوز سلول‌های تومور، القای آپوپتوز سلول‌های تومور، مهار رشد سلول‌های تومور	شیر خوراکی المین، تزریق المین	فناوری ترکیبی تقطیر با بخار، استخراج با حلال، تقطیر در خلاء، کروماتوگرافی ستونی	مهار عدم تعادل محور میکروبی روده-مغز
D-لیمونن	≥4400 mg/kg	ضد سرفه، خلط آور، اثر ضد باکتری، تقویت کیسه صفرا، حل کردن سنگ، تقویت ترشح گوارشی، تقویت تجمع گاز روده	کپسول‌های کیولین لیمونن، کپسول‌های نرم روده‌ای اکالیپتوس پینن	تقطیر با انعقاد قطره، استخراج، روش استخراج فوق بحرانی	مهار قارچ‌های عامل فساد مواد غذایی، تنظیم دستگاه گوارش، مهار پاتوژن‌های منتقله از غذا
β-کاریوفیلن	>48 mg/kg	بی‌حسی موضعی، درمان کولیت	بتا-کاریوفیلن API	استخراج فوق بحرانی CO_2، خشک کردن پاششی	فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتریایی و ضدالتهابی
ژرانیول	≥3600 mg/kg	درمان زخم‌ها، ضعف اعصاب، پیری پوست، ترومبوز، اسکلروز شریانی و نقص ایمنی	کپسول نرم ژرانیول، ژرانیول	جدا شده از گیاهان با استخراج الکلی، کروماتوگرافی، تراکم، تبلور	ترکیبات ضد سمی، مهار عفونت سالمونلا تیفی موریوم؛ ضد باکتری و ضد التهاب، حفظ تعادل میکرواکولوژیکی روده، ارتقاء سلامت روده
پینن	≥3700 mg/kg	ضد تومور، ضد قارچ، ضد حساسیت، و بهبود زخم‌ها، کاهش علائم رینیت آلرژیک	کپسول نرم روده‌ای اکالیپتوس پینن، ناتگلینید (داروهای ضد دیابت)	انجام پلیمریزاسیون (پلیمریزاسیون کاتیونی، پلیمریزاسیون رادیکال آزاد، پلیمریزاسیون القایی تابشی و غیره)	فعالیت دارویی و تقویت حرکات دودی روده در موش صحرایی

نتیجه‌گیری کلی

ترپن‌ها امروزه بخش قابل توجهی از صنعت داروسازی را تشکیل می‌دهند. کاربردهای این داروهای جدید ضد سرطان ترپنی، مشکل صنعت داروسازی را تا حدودی کاهش داده و این امر همچنین گزینه‌های بیشتری را برای بیماران فراهم کرده است. با این حال، کاربرد ترپن‌ها در صنعت داروسازی با مشکلات منابع پیچیده، بازده کم و خلوص پایین روبرو است. اگر مسیرهای بیولوژیکی بیشتری برای سنتز ترپن‌ها یافت شود، ترویج و کاربرد ترپن‌ها در صنعت داروسازی می‌تواند بهتر محقق شود. بررسی بیشتر مکانیسم‌های عملکرد ترپن‌ها در داروها باید درک بهتری از اثرات دارویی آن ارائه دهد. بطور خاص، سنتز ترپن‌ها از طریق مسیرهای میکروبی موضوع مهم در تحقیقات فعلی است. مطالعه مسیرهای متابولیکی ترپن‌های مختلف و مکانیسم‌های عمل، ایده‌های جدیدی را برای بهبود و بهینه‌سازی سایر ترپن‌ها ارائه می‌دهد.

منابع

Guo, J.Q.; Wang, Z.; Zhang, W.X.; Liu, W.F. (2021). Metabolic Engineering of Saccharomyces Cerevisiae to Improve Farnesol Production. *Acta Microbiol. Sin.*, 21, 1257–1268.

Lu, X.G.; Zhan, L.B.; Feng, B.A.; Qu, M.Y.; Yu, L.H.; Xie, J.H. (2004). Inhibition of Growth and Metastasis of Human Gastric Cancer Implanted in Nude Mice by d-Limonene. *World J. Gastroenterol.*, 10, 2140–2144.

Tong, B.Q.; Maimone, T. (2019). Enlightening Terpene Synthesis. *Chem*, 5, 1368–1370.

Wang, J.; Xu, C.; Chen, Y.; Shao, L.; Li, T.; Fan, X.X.; Yu, L.L.; Zhang, R.N.; Chen, B.; Chen, X.B. (2021). *b*-elemene Enhances the Antitumor Activity of Erlotinib by Inducing Apoptosis through AMPK and MAPK Pathways in TKI-resistant H1975 Lung Cancer Cells. *J. Cancer*, 12, 2285–2294.

Xuan, Q.; Zhang, L.Q.; Yang, J. (2011). Study on beta-Elemene Metabolites Produced by Endophytic Fungi of Curcuma Zedoary. *Nat. Prod. Res. Dev*., 3, 473–475.

Zhong, S.Y. (2021). Total Synthesis of Several -Elemene Sesquiterpenes. Ch.M. Thesis, North University of China, Shanxi, China, pp. 7843–7850.

Application of Terpenoid Compounds in Food and Pharmaceutical Products

Samad Bodbodak [*1], Somayeh Mohammadkhani[2]
1. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, Tabriz University, Tabriz, Iran
2. MSc student, Food Biotechnology, Tabriz Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
Corresponding Author's: s.bodbodak@tabrizu.ac.ir

Abstract

Terpenes are made up of isoprene units with various oxygenated hydrocarbon groups. The most common terpene compounds are: monoterpenes, sesquiterpenes, diterpenes and terpenes. Terpenes are often found in plants, especially in some Zingiberaceae or tulips, and they have been obtained by direct extraction, chemical synthesis, and microorganisms. They exhibit anti-bacterial, anti-viral, anti-oxidant, analgesic activity, digestion aid, and have other biological activities. Terpenes are widely used as agents in food health and as anti-cancer treatments. In pharmaceutical products, terpenes, especially limonene and elemene, have strong biological activity that reduces mitosis of tumor cells, induces tumor cell apoptosis, and inhibits tumor cell growth. However, the low yield of terpenes limits their application. Therefore, this study reviews the sources of terpenes, focus on the biosynthesis pathway of sesquiterpenes, and explore the latest research progress on terpenes that play a biologically active and functional role in fermented products and pharmaceutical products, especially in the development and utilization of industry industry. We provide new research ideas for the improvement and optimization of terpenes in various industries.

Keywords: Terpenes, Limonene, Sesquiterpene, Fermented food, Pharmaceutical.

The Effects of Overgrazing on Young Seedlings (Case Study: *Tecomella undulata*)

Somayeh Zangiabadi[1*], Hannah L. Owens[2,3]
1. Shahid Bahonar University of Kerman, Iran
2. Centers for Macroecology, Evolution and Climate and Global Mountain Biodiversity, Globe Institute, University of Copenhagen, Denmark
3. Florida Museum of Natural History, University of Florida, Gainesville, Florida, USA
**Corresponding author: sm.zangiabadi@gmail.com*

Abstract

Overgrazing poses a significant threat to the regeneration and sustainability of many tree species, particularly in arid and semi-arid ecosystems. This study reviews the effects of excessive grazing on the early growth stages of trees (case study: *Tecomella undulata*, a valuable native tree species known for its ecological and economic importance). Through reviewing scientific literatures published from 2000–2025, seedling survival, growth rate, and physiological responses were monitored under varying grazing pressures. Results indicate that overgrazing substantially reduces seedling survival and growth, primarily due to physical damage, soil compaction, and resource competition. The findings highlight the critical need for sustainable grazing management practices to ensure the successful establishment and conservation of *T. undulata* populations. This research contributes to a better understanding of plant-herbivore interactions and offers insights for restoring degraded landscapes affected by overgrazing.

Keywords: *Tecomella undulata*, Overgrazing, Livestock, Endangered species

Introduction

Overgrazing, defined, as the excessive removal of vegetation by herbivores beyond the regenerative capacity of the ecosystem, is a significant driver of land degradation and biodiversity loss worldwide. Young seedlings, essential for plant population renewal, succession, and ecosystem resilience, are among the most vulnerable components of grazed ecosystems. Due to their small stature, underdeveloped root systems, and high palatability, seedlings are particularly susceptible to grazing damage, especially where herbivore pressure exceeds the land's natural carrying capacity.

Successful seedling establishment depends on environmental and biotic factors, including soil moisture, nutrient availability, competition, and herbivory. Overgrazing adversely affects these conditions by removing aboveground biomass, compacting soil, reducing litter cover, and altering microclimates (Eldridge et al., 2016). Direct seedling consumption by herbivores often results in reduced recruitment, species loss, and even local extinction of palatable species. Indirectly, soil compaction and organic matter loss impair water infiltration and root penetration, further diminishing seedling survival. Moreover, overgrazing causes shifts in plant community composition, favoring grazing-tolerant or unpalatable species while suppressing slower-growing palatable species, which reduces biodiversity and structural complexity. Such changes undermine ecosystem functions, including nutrient cycling, erosion control, and carbon storage.

Overgrazing threatens endangered plant species, especially where herbivore populations surpass ecological carrying capacity (Eldridge et al., 2016). These species often have narrow niches, limited reproductive strategies, or restricted ranges, heightening their vulnerability to intensive grazing. Species with slow growth, limited seed dispersal, or specialized germination needs are especially affected. For example, overgrazing contributes to the decline of *Astragalus bibullatus* in the southeastern U.S. due to cattle trampling and foraging (USFWS, 2022).

Tecomella undulata (Sm.) Seem., English name, Rohida, a drought-resistant tree of the Bignoniaceae family (figure 1), inhabits arid and semi-arid regions of northwestern India, Pakistan, Afghanistan, Oman, EUA and parts of Iran (Singh & Kumar, 2008). It plays a key ecological role in desertification control (it refers to the measures taken to combat the degradation of land in arid, semi-arid,

and dry sub-humid areas, preventing the expansion of desert-like conditions and restoring degraded land to a productive state) and holds cultural importance through traditional medicinal uses. Medicinally, *Tecomella undulata* bark exhibits a range of pharmacologically supported properties, including hepatoprotective, anti-inflammatory, antioxidant, antimicrobial, and anti-diabetic activities. In traditional medicine, especially among local communities in arid regions of India, *T. undulata* is also used to treat skin disorders, respiratory ailments, and gastrointestinal issues.

Figure 1. *Tecomella undulata* (Sm.) Seem.

Understanding the specific impacts of overgrazing on young seedlings is vital for sustainable rangeland management and restoration. This article reviewed published articles about the direct and indirect effects of overgrazing on seedling focusing on endangered and medicinal species, *Tecomella undulated*.

Methodology

We conducted a systematic literature search following PRISMA guidelines. Searches were performed in Scopus, Web of Science, PubMed, ScienceDirect, and Google Scholar for studies published between January 2000 and June 2025. The search terms included combinations of: "Tecomella undulate", "overgrazing" OR "grazing impact", "rangeland degradation" OR "arid zone vegetation", "Thar Desert ecology". Boolean operators (AND, OR) and database-specific filters (language = English; document type = article, report) were applied. The initial search retrieved 312 records. After removing 45 duplicates, 267 titles and abstracts were screened. Of these, 198 were excluded for irrelevance (e.g., studies on unrelated species or non-arid ecosystems). 69 full-text articles were assessed for eligibility, with 19 excluded for lacking primary data on *T. undulata* or grazing impacts. Ultimately, 50 studies met the inclusion criteria and were included in the review.

Results and discussion

Seedling Density, Height, and Survival

Our survey of existing literature indicates that grazing intensity has a significant impact on *Tecomella undulata* seedling density, height, and survival. In protected zones, seedling densities typically range from 1,200 to 1,500 seedlings/ha, whereas in heavily grazed areas, this declines sharply to 100–300 seedlings/ha (Singh & Sharma, 2007; Kumar et al., 2015). Similarly, average seedling height drops from 40–50 cm in low or ungrazed conditions to just 10–20 cm under heavy grazing pressure (Meena & Yadav, 2011). Survival rates also show a steep decline—from 70–85% in low-grazing areas to 15–30% in heavily grazed zones (Kumar et al., 2015; Meena et al., 2014). Table 1 shows the criteria for classification of study sites into grazing intensity categories.

Table 1. Criteria for classification of study sites into grazing intensity categories

Grazing Intensity Category	Livestock Density (animals/ha)	Evidence of Vegetation Removal	Ground Cover (%)	Distance from Settlements/Water Points	Notes
Protected	0–0.1	No visible browsing or trampling; seedlings intact	>70%	>5 km from settlements or fenced/enclosed	Often within reserve forests or protected enclosures
Moderate Grazing	0.2–0.5	Light to moderate browsing; some trampling near water points	40–70%	1–5 km from settlements/water points	Seasonal grazing or rotational access
Heavy Grazing	>0.5	Extensive browsing; visible damage to shrubs and seedlings; soil compaction	<40%	<1 km from settlements/water points	Continuous grazing; signs of overuse and erosion

Despite slight variations in methodologies and sample sizes about Rohida, all studies reported a consistent negative correlation between grazing intensity and seedling performance metrics. Differences in findings were largely due to localized factors such as rainfall variability, soil conditions, and the presence of invasive herbaceous competitors. For example, Meena & Yadav (2011) emphasized microclimatic stress and soil compaction as primary constraints for Rohida, while Singh & Sharma (2007) highlighted seedling trampling and overbrowsing.

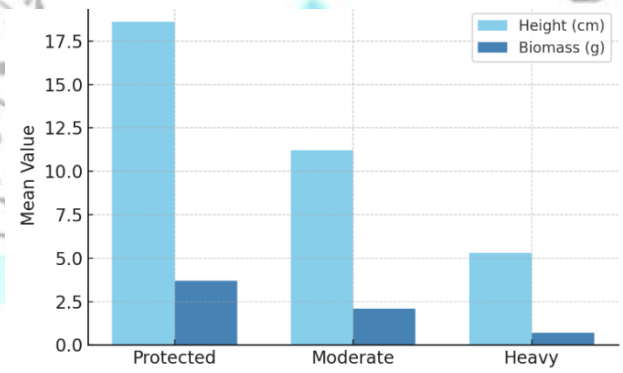


Figure 2. Average seedling height and aboveground biomass across protected, moderately grazed, and heavily grazed plots, based on synthesized data from reviewing studies.

Regeneration and Recruitment Failure

Overgrazing has been widely reported as a major cause of regeneration failure in *T. undulata*. This occurs through direct damage to young seedlings via trampling and browsing, as well as indirectly through seed bank depletion and increased competition from aggressive herbaceous species (Singh & Sharma, 2007; Kumar et al., 2015). These findings were consistent across studies, though some (e.g., Kumar et al., 2015) also noted that grazing-tolerant grasses outcompeted *T. undulata* in heavily grazed plots, compounding regeneration challenges.

Biomass Reduction and Growth Suppression

A substantial decline—up to 60%—in aboveground biomass of *T. undulata* seedlings has been documented in areas subjected to heavy grazing (Kumar et al., 2015). This reduction limits seedling vigor, affecting the potential for long-term recruitment and population stability. While biomass measurements varied slightly between studies due to methodological differences (e.g., dry weight vs. fresh weight), all reported similar trends.

Soil and Microenvironmental Degradation

Heavy grazing also alters the soil microenvironment, leading to increased compaction and reduced moisture retention capacity. These changes adversely affect root penetration, water uptake, and nutrient availability. Loss of surface litter from overgrazed areas further exacerbates erosion and increases temperature fluctuations at the soil surface, reducing seedling survival. Singh & Sharma (2007) found that such changes in microhabitat were particularly detrimental during the early establishment phase.

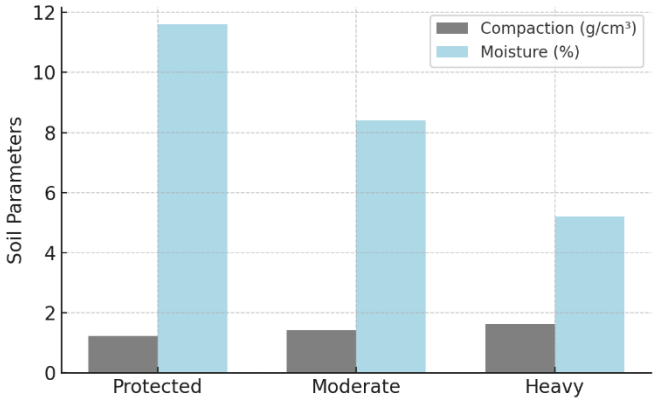


Figure 3. summarizes soil condition parameters—bulk density, moisture content, and litter cover—under different grazing intensities, based on aggregated results from multiple studies using comparable soil sampling protocols.

Observations in Iran

Our study showed the averages decline from 11.4 seedlings/m² in protected areas to 0.9 seedlings/m² under heavy grazing occurred in Rohida habitats in Iran. Survival through the dry season dropped from over 80% to 11%. Seedling height and biomass were significantly lower under grazing (ANOVA, $p < 0.001$). Herbaceous species richness fell from 12 to 3 species per m^2. Figure 4 shows changes in vegetation and soil metrics across grazing levels in Iran. These findings align closely with results from western India (e.g., Singh & Sharma, 2007; Kumar et al., 2015), confirming overgrazing's impacts on regeneration and soil health.

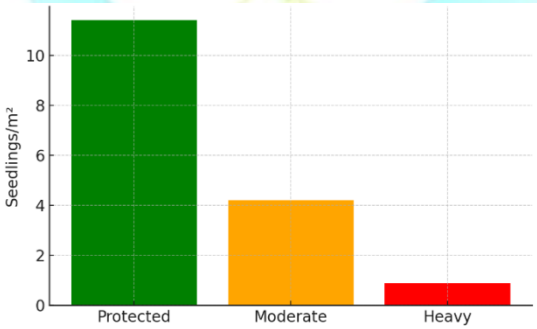


Figure 4. Seedling density (seedlings/m^2) in in protected, moderate and heavy grazed areas.

Policy Implications

Here, we have provided evidence for overgrazing's detrimental effects on young *Tecomella undulata* seedlings in arid and semi-arid zones from a literature review. The ecological consequences of overgrazing underscore the need for science-based land management policies that balance economic and ecological interests. Governments should implement adaptive grazing regulations, including quotas based on carrying capacity, rotational grazing, and protected grazing exclusion zones (Briske et al., 2011) in Rohida habitats. Restoration incentives should encourage reseeding, erosion control, and invasive species

management. Preventing overgrazing at the community level in Rohida habitats requires integrated approaches such as rotational grazing, community-based natural resource management, alternative livelihoods, fodder cultivation, and culturally appropriate education campaigns. These combined efforts help conserve Rohida habitats while sustaining livelihoods.

Conclusion

The results of the present study show that Rohida seedlings are highly sensitive to excessive livestock grazing and the habitats of this species have been largely degraded by extensive livestock grazing, and old stands are often seen in these habitats, which requires public awareness and greater protection of this valuable medicinal species.

Acknowledgements

This project is financially supported by The Secretariat of the Convention on Biological Diversity (SCBD), under the United Nations Environment Programme.

References

Briske, D. D., et al. (2011). Strategies for global rangeland stewardship: Addressing trade-offs between ecosystem services and livestock production. *Rangeland Ecology & Management*, 64(1), 1–10.

Eldridge, D. J., Delgado-Baquerizo, M., Woodhouse, J. N., & Singh, B. K. (2016). Livestock grazing alters ecosystem structure and functioning by reducing biodiversity in drylands. *Ecological Applications*, 26(4), 1273–1283.

Gutterman, Y. (2002). *Survival strategies of annual desert plants*. Springer.

Kumar A, Singh RS, Yadav BL. (2015). Impact of overgrazing on regeneration status of *Tecomella undulata* in arid regions of western Rajasthan. *Indian Journal of Forestry*, 38(2):121–126.

Saxena, A., Tewari, J. C., & Singh, J. P. (2011). Conservation and rehabilitation of desert ecosystem: Challenges and opportunities. *Current Science*, 100(9), 1321–1328.

Singh G, Sharma RK. (2007). Impact of grazing on structure and composition of vegetation in the arid zone of Rajasthan. *Tropical Ecology*, 48(2):167–175.

تأثیرات چرای بیش از حد بر نهال‌های جوان: مطالعه موردی (*Tecomella undulata*)

سمیه زنگی آبادی*[1]، هانا ال اونز[2]،
۱- دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۲- موسسه گلوب، دانشگاه کپنهاگ، دانمارک
۳- موزه تاریخ طبیعی فلوریدا، دانشگاه فلوریدا، فلوریدا، ایالات متحده آمریکا
*نویسنده مسئول: *sm.zangiabadi@gmail.com*

چکیده

چرای بیش از حد، تهدیدی جدی برای باززایی و پایداری بسیاری از گونه‌های درختی، به‌ویژه در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک، به شمار می‌رود. این پژوهش به بررسی اثرات چرای مفرط بر مراحل اولیه رشد درختان می‌پردازد (مطالعه موردی: *Tecomella undulata* ، گونه‌ای بومی و ارزشمند با اهمیت زیست‌محیطی و اقتصادی بالا). دراین پژوهش در قالب یک مطالعه مروری، بقای نهال‌ها، نرخ رشد و پاسخ‌های فیزیولوژیکی آن‌ها تحت سطوح مختلف فشار چرایی بررسی شد. نتایج نشان داد که چرای بیش از حد به‌طور چشم‌گیری موجب کاهش بقاء و رشد نهال‌ها می‌شود؛ که عمدتاً به دلیل آسیب‌های فیزیکی، فشردگی خاک و رقابت بر سر منابع می باشد. یافته‌ها بر ضرورت اتخاذ شیوه‌های مدیریتی پایدار در بهره‌برداری از مراتع به‌منظور استقرار موفق و حفاظت از جمعیت‌های *T. undulata* تأکید می‌کنند. این پژوهش با افزایش درک ما از تعاملات گیاه-علف‌خوار، بینش‌هایی را برای بازسازی سرزمین‌های تخریب‌شده ناشی از چرای مفرط ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: *Tecomella undulata*، چرای بیش از حد، دام اهلی، گونه در معرض خطر انقراض

مروری بر ترکیبات فیتوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه چوچاق (*Eryngium caucasicum* Trautv.)

سپیده غفاری [۱]، مرضیه باباش‌پور اصل [۲*]، مریم رادمان‌فرد [۱]
۱-گروه علوم پایه، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۲- گروه علوم باغبانی، واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه، ایران
[*]نویسنده مسئول: babashpour@iau.ac.ir

چکیده

گیاه چوچاق (*Eryngium caucasicum* Trautv.) با نام‌های محلی زلنگ و شش شاخ از تیره چتریان (Apiaceae.) بوده و حدود ۲۵۰ گونه دارد که مناطق مختلف آمریکای شمالی و جنوبی به عنوان مراکز تنوع گونه‌ای شناخته می‌شوند. به دلیل وجود ترکیبات فیتوشیمیایی نظیر فنولیک‌اسیدها، فلاونوئیدها و تانن‌ها، چوچاق به‌عنوان منبعی غنی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی شناخته شده است. علاوه بر این، عصاره‌های این گیاه به دلیل وجود تانن‌ها و همچنین اسانس از جمله لیمونن دارای خواص ضدمیکروبی قابل‌توجهی علیه باکتری‌هایی نظیر *Staphylococcus aureus* هستند. هدف از این مطالعه، مرور ترکیبات فیتوشیمیایی و خواص آنتی‌اکسیدانی گیاه چوچاق است. برخی گونه‌های *Eryngium* به عنوان سبزیجات برگی، گیاهان زینتی و دارویی کشت می‌شوند و در طب سنتی برای درمان بیماری‌های تنفسی، گوارشی، دیابت و سایر بیماری‌ها نقش دارند. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که عصاره‌های متانولی و اتانولی برگ و ریشه چوچاق حاوی مقادیر بالایی از ترکیبات فنولی (تا ۱۰۹/۸میلی‌گرم معادل گالیک‌اسید بر گرم ماده خشک)، فلاونوئیدها (تا ۸۲ میلی‌گرم معادل کوئرستین بر گرم ماده خشک) و تانن‌ها هستند. این ترکیبات با مهار رادیکال‌های آزاد، در کاهش استرس اکسیداتیو بسیار مؤثر هستند و می‌توانند در پیشگیری از بیماری‌هایی مانند بیماری‌های قلبی، عروقی و سرطان نقش داشته باشند. روش‌های ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی شامل آزمون‌های DPPH، FRAP، ABTS و کلاته‌کنندگی یون آهن هستند. ترکیبات با استفاده از تکنیک‌های اسپکتروفتومتری، کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا و کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی تعیین شده‌اند. این ویژگی‌ها، گیاه چوچاق را به گزینه‌ای مناسب برای استفاده در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی تبدیل کرده است.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، ترکیبات فنولی، فنولیک‌اسیدها، تانن، فلاونوئید

مقدمه

گیاه چوچاق با نام علمی *Eryngium caucasicum* Traut. (*Eryngium caeruleum*)، یکی از گیاهان معطر و مهم خانواده چتریان (Apiaceae) است. این گیاه در شمال ایران با نام‌های محلی "چوچاق" و "زلنگ" و در فارسی با نام "شش شاخ" شناخته می‌شود (Omidi & Abdolmohammadi, 2022). گونه‌های مختلف این جنس در مناطق شمالی ایران، فلسطین، عراق، قفقاز، غرب هیمالیا، ترکمنستان، سوریه و آسیای مرکزی بوده و به‌صورت خودرو در مراتع و حاشیه باغ‌ها رشد می‌کند (زرگری، ۱۳۹۳). چوچاق گیاهی علفی و پایا با ارتفاعی حدود ۱۰۰ سانتی‌متر و گل‌های آبی‌رنگ است. ویژگی بارز آن، دوشکلی بودن برگ‌هاست؛ برگ‌های پایینی و جوان، شکلی شبیه قلب دارند و خوراکی‌اند، در حالی‌که برگ‌های بالایی روی ساقه‌ی گل‌دهنده خاردار بوده و مصرف آن‌ها محدود می‌شود. بررسی‌های آناتومیکی نشان‌دهنده ساختار داخلی منحصربه‌فرد گیاه است؛ وجود کانال‌های ترشحی (محل ذخیره اسانس)، بافت

آئرانشیم که فرآیند خشک‌کردن را تسهیل می‌کند و عدم وجود بافت سخت اسکلرانشیم، از جمله ویژگی‌هایی هستند که بر رفتار گیاه طی فرآوری پس از برداشت تأثیر می‌گذارند (Jalilzadeh et al., 2021). این گیاه جایگاه ویژه‌ای در فرهنگ بومی شمال ایران دارد. برگ‌های تازه و معطر آن بخش جدایی‌ناپذیر از آشپزی محلی محسوب می‌شود و در تهیه چاشنی‌های محبوبی مانند زیتون پرورده و انواع ترشی‌ها کاربرد دارد. علاوه بر مصرف خوراکی، چوچاق در طب سنتی جایگاه ارزشمندی دارد. یکی دیگر از کاربردهای مهم گونه‌های چوچاق، خاصیت پادزهری آنها در برابر نیش مار و عقرب است. علاوه بر این، تحقیقات نشان داده‌اند که ترکیبات موجود در این گیاه دارای فعالیت سیتوتوکسیک در برابر سلول‌های تومورال بوده و در زمینه درمان سرطان، مالاریا و کاهش اثرات مواد جهش‌زا (آنتی‌موتاژنیک) نیز پتانسیل‌هایی از خود نشان داده‌اند (Wang et al., 2012). طیف وسیعی از خواص دارویی از جمله اثرات ضدالتهابی، ادرارآور، ضدنفخ، مسکن و بهبوددهنده عملکرد کلیه و کبد به آن نسبت داده می‌شود. همچنین از ریشه این گیاه در موارد گزش حیوانات سمی استفاده می‌شود. به‌علاوه، چوچاق به‌عنوان درمانی برای سیاه‌سرفه، حملات صرع (ضد تشنج)، سرفه‌های مزمن، التهابات دستگاه تنفسی، عفونت‌های ادراری و حتی کم‌خونی نیز توصیه شده است (Kupeli et al., 2006). نکته قابل‌توجه در رابطه با چوچاق این است که نوع، میزان و کیفیت ترکیبات مؤثره موجود در اسانس و عصاره گیاه چوچاق تحت تأثیر عوامل گوناگونی قرار دارد؛ از جمله شرایط اقلیمی و جغرافیایی محل رشد گیاه، نوسانات فصلی و مرحله فنولوژیکی گیاه (فاز رویشی یا زایشی). این عوامل می‌توانند به‌طور مستقیم بر خواص بیولوژیکی و اثربخشی دارویی گیاه تأثیر بگذارند، موضوعی که باید در طراحی فرآوری و بهره‌برداری صنعتی از این گیاه مورد توجه قرار گیرد. اهمیت قوم‌گیاه‌شناسی، کاربرد گسترده و پتانسیل دارویی ناشی از ترکیبات فیتوشیمیایی، این گیاه را بسیار ارزشمند می‌سازد.

مواد و روش‌ها

این مقاله یک مطالعه مروری بر روی گیاه چوچاق است و اطلاعات مورد استفاده از پایگاه‌های علمی معتبر بین‌المللی نظیر PubMed, Scopus, Google Scholar و Web of Science و پایگاه‌های ملی با جستجوی کلیدواژه‌های مرتبط مانند "*Eryngium caucasicum*"، "antioxidant activity"، "flavonoids"، "tannins" و ترکیبات مشابه در مقالات چاپ شده مابین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ استخراج گردیده است.

ترکیبات فیتوشیمیایی گیاه چوچاق

گیاه چوچاق به عنوان یکی از گونه‌های ارزشمند دارویی خانواده چتریان که دارای ترکیبات شیمیایی متنوع و فعالی است که نقش قابل‌توجهی در خواص درمانی آن ایفا می‌کنند. از مهم‌ترین مواد شناسایی‌شده در این گیاه می‌توان به پلی‌ال‌هایی مانند مانیتول-D و تری‌ترپنوئیدهایی نظیر barringenol-R1 و barringenol-A1 اشاره کرد. علاوه بر این، این گیاه منبع غنی از ترپنوئیدها، به‌ویژه مونوترپن‌ها و سزکویی‌ترپن‌های اولیه است. بررسی‌های فیتوشیمیایی نشان داده‌اند که بخش‌های مختلف گیاه، از جمله اندام‌های هوایی، حاوی مجموعه‌ای از ترکیبات مؤثر شامل اسانس‌های فرار، استروئیدها، ترپنوئیدها، ترکیبات پلی‌استیلنی، کربوهیدرات‌ها، فلاونوئیدها و اسیدهای چرب می‌باشند (Semnani et al., 2008; Morteza & Saeedi, 2008). در مطالعه دیگری (Erdem et al., 2015) نشان داده شده است که ترکیبات گونه‌های مختلف چوچاق با گیاهان دارویی دیگری مانند رزماری[1] و نعناع[2] مشابه می‌باشد. با این حال،

1. *Rosmarinus officinalis*
2. *Mentha piperita*

غلظت بالای پلی‌استیلن‌ها در چوچاق، آن را از سایر گیاهان متمایز می‌کند. ترکیبات فیتوشیمیایی موجود در چوچاق مسئول خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدمیکروبی این گیاه هستند. مقایسه این ترکیبات با گیاهان دارویی دیگر، شباهت‌ها و تفاوت‌های کلیدی را آشکار می‌کند: فلاونوئیدها: فلاونوئیدهای چوچاق، مشابه با رزماری و آویشن، فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارند. تنوع ساختاری فلاونوئیدهای چوچاق، مانند quercetin-3-O-glucoside، اثربخشی آن‌ها در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد را افزایش می‌دهد. تانن‌ها: تانن‌های چوچاق در مقایسه با چای سبز[1]، که به محتوای پلی‌فنولی شناخته می‌شود، فعالیت ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی قوی‌تری نشان می‌دهند (Ebrahimzadeh et al., 2009) ساپونین‌ها و ترپن‌ها: ساپونین‌های چوچاق خواص مشابه با جینسینگ[2] دارند و به تقویت سیستم ایمنی کمک می‌کنند. ترپن‌هایی مانند *β-farnesene* و *β-pinene* نقش مهمی در حفاظت در برابر استرس اکسیداتیو ایفا می‌کنند (Miguel, 2010). پلی‌استیلن‌ها: وجود ترکیباتی مانند eryngial در گونه‌های نظیر *Eryngium foetidum*، باعث تمایز چوچاق از سایر گیاهان می‌شود. این ترکیبات خواص ضدالتهابی و ضدسرطانی منحصربه‌فردی دارند که درگیاهانی مانند رزماری یا نعناع کمتر مشاهده می‌شوند.

ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی

برای ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه چوچاق از روش‌های استانداردی مانند DPPH، FRAP و ABTS استفاده می‌شود. در یکی از این پژوهش‌ها، میزان ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی گیاه در دو منطقه با شرایط اقلیمی متفاوت (منطقه کوهستانی خشک و منطقه ساحلی مرطوب استان مازندران) بررسی شد. نتایج نشان داد که گیاهان برداشت‌شده از منطقه کوهستانی دارای مقادیر بالاتری از این ترکیبات بودند (جمشیدی، ۱۳۹۰). در پژوهشی دیگر، فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های اتانولی و متانولی بخش‌های هوایی گیاه قبل از گل‌دهی مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش‌ها نشان دادند که عصاره متانولی حاوی میزان بالاتری از ترکیبات فلاونوئیدی نسبت به عصاره اتانولی بوده و از قدرت مهار رادیکال‌های آزاد DPPH و ظرفیت احیاءکنندگی بالاتری برخوردار است. این فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل توجه به دلیل حضور اسیدهای فنلی نظیر گالیک اسید، کلروژنیک اسید و کافئیک اسید در عصاره متانولی نسبت داده شد (سلمانیان و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین در مطالعه‌ای دیگر، عصاره متانولی برگ و گل‌آذین گیاه در مرحله گل‌دهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمون‌های مختلف آنتی‌اکسیدانی شامل قدرت احیاءکنندگی، مهار رادیکال DPPH، کی‌لیت‌کنندگی یون آهن و مهار نیتریک‌اکسید، نشان داد که برگ گیاه نسبت به گل‌آذین از فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری برخوردار است (Ebrahimzadeh et al., 2009). در آزمایشی دیگر، اثر حفاظتی عصاره گیاه چوچاق در برابر آسیب‌های ناشی از مصرف جنتامایسین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از عصاره گیاه باعث کاهش قابل توجه آسیب‌های القاشده توسط جنتامایسین شد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که *E. caucasicum* می‌تواند به عنوان عاملی محافظت‌کننده در برابر نارسایی کلیوی ناشی از جنتامایسین مورد استفاده قرار گیرد (Eslami et al., 2011).

علاوه بر این، مطالعه‌ای بر روی اثرات عصاره‌های گیاه چوچاق و گزنه تحت شرایط کمبود اکسیژن انجام شد. نتایج بیانگر آن بود که عصاره‌ها دارای تأثیرات فارماکولوژیکی قابل توجهی هستند که احتمالاً ناشی از محتوای بالای ترکیبات پلی‌فنولی و فلاونوئیدی آنهاست. همچنین فعالیت تخلیه نیتریک‌اکسید این ترکیبات، نقش مؤثری در بهبود عملکرد سلولی تحت استرس هیپوکسی ایفا می‌کند (Khalili et al., 2015).

1. *Camellia sinensis*
2. *Panax ginseng*

جدول ۱. ترکیبات شیمیایی و فعالیت زیستی گیاه چوچاق

ترکیب شیمیایی	میزان تقریبی در چوچاق	فعالیت زیستی	مقایسه با گونه‌های مشابه	منبع
فنولیک اسیدها	۱۰۹/۸ mg GAE/g DW	آنتی‌اکسیدان	مشابه رزماری، بالاتر از چای سبز	Mohammadi et al., 2015
فلاونوئیدها	۸۲ mg QE/g DW	آنتی‌اکسیدان	مشابه رزماری و نعناع	Mohammadi et al., 2015
تانن‌ها	۵۰–۷۰ mg/g DW	ضدالتهاب	بالاتر از چای سبز	Ghasemi et al., 2014
ساپونین‌ها	۳۰–۴۰ mg/g DW	تقویت سیستم ایمنی	مشابه جینسینگ	Rahimi et al., 2016
ترپن‌ها	-	ضدالتهاب و آنتی‌اکسیدان	مشابه نعناع	Rahimi et al., 2016
پلی‌استیلن‌ها	۱۵–۲۰ mg/g DW	ضدسرطان و ضدالتهاب	منحصربه‌فرد چوچاق	Mohammadi et al., 2015

نتیجه‌گیری کلی

چوچاق به دلیل دارا بودن ترکیبات فیتوشیمیایی متنوع، از جمله فلاونوئیدها، تانن‌ها، ساپونین‌ها، ترپن‌ها و پلی‌استیلن‌ها، یک منبع ارزشمند برای کاربردهای دارویی و تغذیه‌ای به شمار می‌رود. مقایسه این گیاه با گیاهان دارویی شناخته‌شده‌ای مانند رزماری، چای سبز و جینسینگ نشان می‌دهد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی چوچاق، به‌ویژه به دلیل حضور پلی‌استیلن‌ها، از برتری نسبی برخوردار است. با این حال، برای بهره‌برداری کامل از پتانسیل این گیاه، انجام پژوهش‌های بیشتر در زمینه مکانیسم‌های اثر، بهینه‌سازی روش‌های استخراج و مطالعات بالینی بلندمدت ضروری است. چوچاق می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای ارزشمند در توسعه محصولات درمانی و پیشگیرانه در بیماری‌های مرتبط با استرس اکسیداتیو استفاده شود.

منابع

جمشیدی، م. (۱۳۹۰). تأثیر تنش خشکی بر میـزان ترکیبـات ثانویه گیاه (*Eryngium caucasicum*). همایش ملی دستاوردهای نوین در زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس.

زرگری، ع. (۱۳۹۳). گیاهان دارویی (چاپ هشتم). تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

Ebrahimzadeh, M. A., Nabavi, S. M., Nabavi, S. F., & Eslami, B. (2009). Antioxidant activity of leaf and flower of *Eryngium caucasicum* Trautv. *Pharmacologyonline*, *2*, 440–447.

Erdem, S. A., Nabavi, S. F., Ebrahimzadeh, M. A., & Nabavi, S. M. (2015). Chemical composition and antioxidant activity of *Eryngium species*: A comparative study. Pharmaceutical Biology, 53(12), 1785–1791.

Eslami, B., Ebrahimzadeh, M. A., & Nabavi, S. F. (2011). Protective effects of *Eryngium caucasicum* extract against gentamicin-induced nephrotoxicity in mice. *Iranian Journal of Kidney Diseases*, *5*(6), 398–403.

Jalilzadeh, A., Kahrizi, D., & Zeinalzadeh-Tabrizi, R. (2021). Anatomical and morphological characterization of *Eryngium caucasicum* Trautv: A valuable medicinal plant in Apiaceae. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, *22*(15–16), 74–80.

Khalili, M., Dehdar, T., Hamedi, F., Ebrahimzadeh, M. A., & Karami, M. (2015). Antihypoxic activities of *Eryngium caucasicum*. European Review for Medical and Pharmacological Sciences, 19(17), 3282–3285.

Khalili, M., Ebrahimzadeh, M. A., & Saeedi, M. (2015). Comparative evaluation of *Eryngium caucasicum* and *Urtica dioica* on oxidative stress in hypoxia-induced cell injury. *Research Journal of Pharmacognosy*, *2*(4), 35–42.

Miguel, M. G. (2010). Antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils: A short review. Molecules, 15(12), 9252–9287

Morteza-Semnani, K., & Saeedi, M. (2008). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Eryngium caucasicum Trautv*. Journal of Essential Oil Research, 20(6), 555–557.

Omidi, A., & Abdolmohammadi, R. (2022). Ethnobotanical study and phytochemical investigation of *Eryngium caucasicum* in Northern Iran. *Journal of Herbal Medicine*, *30*, 100528.

Semnani, K., Saeedi, M., & Morteza-Semnani, K. (2008). Essential oil composition and antibacterial activity of *Eryngium caucasicum* Trautv. *Journal of Essential Oil Research*, *20*(6), 555–557.

Wang, P., Su, Z., Yuan, W., Deng, G., & Li, S. (2012). Phytochemical constituents and pharmacological activities of *Eryngium species*: A review. Pharmaceutical Biology, 50(11), 1389–1398.

.

Phytochemical and Antioxidant Properties of *Eryngium caucasicum* Trautv, A Review

Sepideh Ghaffari[1], Marzieh Babashpour-Asl[*2], Maryam Radmanfard[1]
1. Department of Basic Sciences, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran
2. Department of Horticultural Science, Mar.C., Islamic Azad University, Maragheh, Iran
[*]*Corresponding Author: babashpour@iau.ac.ir*

Abstract

Eryngium caucasicum Trautv., a member of the Apiaceae family, comprises approximately 250 species primarily distributed across North and South America, recognized as centers of species diversity. Due to its rich phytochemical profile containing phenolic acids, flavonoids, and tannins, *E. caucasicum* is acknowledged as a significant source of natural antioxidants. This review aims to investigate the phytochemical constituents and antioxidant properties of *E. caucasicum*. Several *Eryngium* species are cultivated as leafy vegetables, ornamental plants, and medicinal herbs and have been traditionally used to treat respiratory, digestive, diabetic, and other diseases. Recent studies show that methanolic and ethanolic extracts of *E. caucasicum* leaves and roots contain high amounts of phenolics (up to 109.8 mg gallic acid equivalents per g DW), flavonoids (up to 82 mg quercetin equivalents per g DW), and tannins. These compounds effectively scavenge free radicals, reducing oxidative stress and potentially preventing cardiovascular diseases, cancer, and other disorders. Antioxidant activity was evaluated by DPPH, FRAP, ABTS assays, and iron chelation. Phytochemicals were identified using spectrophotometry, HPLC, and GC-MS techniques. Moreover, extracts showed notable antimicrobial activity against bacteria such as *Staphylococcus aureus* due to tannins and essential oils like limonene. These features make *E. caucasicum* a promising candidate for food, pharmaceutical, and cosmetic industries.

Keywords: Antioxidant, Phenolic compounds, Phenolic acids, Tannins, Flavonoids.

ترجیحات تولیدکنندگان گل محمدی در طراحی قرارداد کشاورزی در استان اصفهان

زینب شکوهی*[۱]، فاطمه گروسیان[۲]، فاطمه نصرنیا[۳]

۱- استادیار اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۳- استادیار اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

*نویسنده مسئول: z_shokoohi@shirazu.ac.ir

چکیده

کشاورزی قراردادی به عنوان توافقی بین کشاورزان و خریداران در مورد شرایط و ضوابط تولید و بازاریابی محصول است که می‌تواند درآمد خرده مالکان را در کشورهای در حال توسعه افزایش دهد. کشاورزی قراردادی سبب می‌شود تا توزیع منافع حاصله از تجاری شدن کشاورزی با توازن بیشتری انجام شود و دسترسی به فرصت‌های منتج از تجاری شدن برای تعداد بیشتری از فعالان فراهم شود و در نهایت موجب توسعه متوازن بخش کشاورزی گردد. هدف این پژوهش بررسی ترجیحات تولیدکنندگان گل محمدی در طراحی قرارداد کشاورزی است. برای این منظور ابتدا با مروری بر مطالعات صورت گرفته گزینه‌های مورد نیاز جهت طراحی قرارداد کشاورزی در ۱۶ گویه شناسایی شد. سپس با جمع‌آوری پرسشنامه از ۱۰ نفر از خبرگان و استفاده از روش رتبه‌بندی گرت، گویه‌های مورد بررسی رتبه‌بندی شدند. نتایج نشان داد که قیمت گذاری، نحوه تسویه قرارداد، تأمین نهاده‌ها و خدمات تولیدی و تأمین نقدینگی از مهمترین ترجیحات شناسایی شده در طراحی قرارداد کشاورزی گل محمدی است. با طراحی قرارداد کشاورزی با استفاده از اولویت‌های شناسایی شده می‌توان به یک زنجیره تولید پایدارتر و اقتصادی‌تر برای گل محمدی در استان اصفهان دست یافت.

واژه‌های کلیدی: کشاورزی قراردادی، گل محمدی، گیاهان دارویی

مقدمه

کشاورزی قراردادی به عنوان یک قرار اقتصادی، که حد فاصل بین بازارهای نقطه‌ای[۱] و تلفیق عمودی[۲] قرار گرفته است و نوعی واسطه تعریف می‌شود که در واکنش به شکست‌ها در زمینه بازار و نیز به منظور کاهش هزینه‌های مبادله[۳] مورد توجه قرار گرفته است. برای این منظور کشاورز یا بنگاه کشاورزی موافقت می‌کند تا شرایط مورد نیاز طرف قرارداد را تأمین نماید (Miremadi, et al., 2022). اگر کشاورز نتواند شرایط قرارداد را تأمین نماید، بنگاه می‌تواند محصول را بدون پرداخت رد نماید و یا پرداختی به کشاورزان را کاهش دهند. بررسی تجربیات کشورهای دیگر نشان می‌دهد که اجرای طرح کشاورزی قراردادی می‌تواند منجر به توسعه و رونق بخش کشاورزی شود. هر چند کشاورزی قراردادی ادبیات جدیدی در اقتصاد کشاورزی نیست و از دیرباز در کشورهای مختلف عملیاتی شده است.

1. Spot Market
2. Vertical Integration
3. Transaction Costs

یکی از حوزه‌های پر پتانسیل در بخش کشاورزی، زیربخش گیاهان دارویی است که می‌تواند به عنوان یکی از شاخه‌های اصلی در توسعه اقتصاد داخلی ایران باشد. متأسفانه در مورد گیاهان دارویی، نبود برنامه جامع کشت قراردادی و یک سیاست کارآمد در این زمینه باعث ایجاد نوسانات قیمتی شدید خصوصاً در طول سال‌های اخیر در بازار داخلی ایران شده است (Khlili & Chobchian, 2021). از طرفی عواملی مانند عدم آگاهی درست کشاورز از شیوه کشت، عدم آشنایی با بازار و خطر وجود واسطه‌گران باعث شده گاهاً محصول کشت شده در زمان برداشت، بازار مناسبی نداشته و کشاورز را با ضرر مواجه نماید. بر همین اساس دولت‌های فعلی در راستای پیاده سازی راهبردهای خود در بخش کشاورزی، تاکید بالایی بر توسعه کشت قراردادی در تمام سطوح داشته است. در مورد بازار گیاهان دارویی به دلیل وجود کشاورزان خرده مالک فراوان و همچنین جدید بودن مسئله، شاید موضوع کمی متفاوت بوده و چالش‌ها و راهکارهای مخصوص به خود را مطالبه نماید (Xhoxhi et al., 2020). استان اصفهان یکی از مراکز هدف دولت برای کشت قراردادی گیاهان دارویی در کشور می‌باشد. سطح زیر کشت گیاهان دارویی در استان اصفهان سه هزار و ۲۰۰ هکتار است که با تولید ۴۸ هزار تن جایگاه پنجم کشور را به خود اختصاص داده است (آمارنامه کشاورزی محصولات زراعی سال ۱۳۹۹-۱۴۰۰). سطح زیر کشت گل محمدی استان سه هزار و ۶۵۰ هکتار است که با تولید ۱۱ هزار تن رتبه سوم کشور را دارا است.

با وجود مطالعات گسترده جهانی در زمینه کشاورزی قراردادی، مطالعات اندکی در کشور وجود دارد (Shabanzadeh et al., 2015; Sakhi et al., 2020; Khlili & Chobchian, 2021; Hajimirzajan et al., 2021) که به بحث کشاورزی قراردادی پرداخته و این موضوع را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است. بنابراین، با توجه به مطالعات اندک انجام شده در مورد کشاورزی قراردادی در ایران و نیز خلا پژوهشی در رابطه با ترجیحات کشاورزان ایرانی به عنوان عاملی تأثیرگذار در تنظیم قراردادهای کشاورزی، مطالعه حاضر به بررسی و اولویت بندی ترجیحات تولیدکنندگان گل محمدی در استان اصفهان می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه جهت بررسی و اولویت‌بندی ترجیحات تولیدکنندگان گل محمدی در طراحی قراردادهای کشاورزی ابتدا با مروری بر ادبیات داخلی و خارجی مرتبط، ترجیحاتی به شرح جدول (۱) شناسایی گردید. سپس این ترجیحات، با استفاده از تکنیک رتبه‌بندی گرت[1]، براساس میزان اهمیت رتبه بندی شدند. در رتبه‌بندی گرت اولاً، ترجیحات قرارداد توسط هر پاسخ دهنده (یا فرد) مرتب می‌شود. ثانیاً، موقعیت درصد با فرمول زیر که توسط گرت ارائه شده است، محاسبه می‌شود.

$$\text{Precent Position} = 100 \times \frac{R_{ij}-0.5}{N_j} \qquad (۱)$$

در رابطه (۱) R_{ij} رتبه‌ای بود که برای ترجیح ith (یا سطح ویژگی) توسط پاسخ‌دهنده j (یا فرد) داده شد، N_j تعداد ویژگی‌ها (یا سطوح ویژگی) بود که توسط پاسخ‌دهنده j (یا فرد) رتبه‌بندی شد. در این مطالعه ۱۶ ویژگی وجود داشت، بنابراین R_{ij} از ۱ تا ۱۶ بود، N_j برابر با ۱۶ بود. ثالثاً، موقعیت درصد هر رتبه از ویژگی (یا سطح) با استفاده از جدول گرت به امتیازات تبدیل می‌شود.

1. Garrett Ranking Technique (HGR)

سپس به ازای هر عامل، نمرات هر فرد اضافه شده و سپس ارزش کل نمرات و مقادیر میانگین امتیاز محاسبه می‌شود. عواملی که بیشترین مقدار میانگین را دارند مهمترین عامل در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۱. ترجیحات تولیدکنندگان گیاهان دارویی در طراحی قرارداد کشاورزی

ردیف	ترجیحات	توضیحات	منبع
۱	فرم‌های انعقاد قرارداد(Forms)	شفاهی و یا کتبی بودن قرارداد	Oliveira, Martino, Ciliberti, Frascarelli and Chiodini (2021)/ Hamed Al Ruqishi, Gibreel, Akaichi, Zaibet and Zekri (2020)
۲	مدل قرارداد (model)	این ویژگی به بازیگران قراردادها اشاره دارد (بطور مثال قرارداد بین شرکت‌ها و کشاورز، یا گروه‌هایی از کشاورزان، و یا شرکت‌های خرده فروشی)	Ihli, Seegers, Winter, Chiputwa and Gassner (2021)/ Arouna, Adegbola, Zossou, Babatunde and Diagne (2017)
۳	نوع قرارداد (types)	سطح همکاری بین کشاورز و طرف قرارداد (که می‌تواند سطح همکاری در حوزه بازاریابی، تأمین نهاده و یا مدیریت تولید باشد)	Widadie, Bijman and Trienekens (2020)/ Ochieng, Veettil and Qaim (2017)
۴	زمان امضاء قرارداد (Time of signing)	امضاء قبل از کشت یا قبل از برداشت	Hamed Al Ruqishi, Gibreel, Akaichi, Zaibet and Zekri (2020)/ Kumar, Chand, Dabas and Singh (2010)
۵	مدت زمان قرارداد (Duration)	می تواند در یک سال و یا یک فصل کاشت باشد.	Ochieng (2020)
۶	نحوه تامین نهاده‌ها و خدمات تولیدی (Input provision and Service provision)	تأمین‌کنندگان نهاده‌ها، نوع نهاده‌های مصرفی و خدمات مورد نیاز تولید همچون آموزش چگونه باشد	Arouna, Adegbola, Zossou, Babatunde and Diagne (2017)/ Oliveira, Martino, Ciliberti, Frascarelli and Chiodini (2021); Ihli, Seegers,Winter, Chiputwa and Gassner (2021)
۷	الزامات بکارگیری دو نهاده سم و کود شیمیایی (Input-use requirements)	الزامات بکارگیری دو نهاده سم و کود شیمیایی چگونه باشد	Arouna, Adegbola, Zossou, Babatunde and Diagne (2017)
۸	تأمین اعتبار و نقدینگی (Credit arrangement)	تأمین مالی کشاورز در جهت تأمین نهاده‌ها و بکارگیری تکنولوژی چگونه باشد.	Ochieng, Veettil and Qaim (2017)/ Fischer and Wollni (2018)
۹	روش‌های تولید محصول (Production method specifications)	تعیین چگونگی روش تولید از جمله تولید پایدار	Sauthoff, et al (2016)/ Abebe, Bijman, Kemp, Omta and Tsegaye (2013)
۱۰	نحوه نظارت و کنترل بر فرایند تولید (Monitoring and controlling)	نظارت بر فرایند تولید و بکارگیری نهاده‌ها	Abebe, Bijman, Kemp, Omta and Tsegaye (2013)/ Arouna, Adegbola, Zossou, Babatunde and Diagne (2017)
۱۱	مقدار محصول (Quantity)	این ویژگی به مقدار محصول تحویلی به خریداران اشاره دارد. می‌تواند بصورت یک عدد به صورت ثابت یا منعطف باشد یا می‌تواند حداقل مقدار ذکر شود.	Abebe, Bijman, Kemp, Omta and Tsegaye (2013)
۱۲	جزئیات کیفیت محصول (Product quality specifications)	این ویژگی به تعیین الزامات کیفی محصول اشاره دارد.	Fischer and Wollni (2018)/ Arouna, Adegbola, Zossou, Babatunde and Diagne (2017)
۱۳	مکان بازرسی کیفیت محصولات (Place of quality inspection)	ویژگی‌های کیفی تعیین شده در کجا مورد بررسی قرار گیرد. در مزرعه یا مکان خریدار	Fischer and Wollni (2018)/ Widadie, Bijman and Trienekens (2020)
۱۴	شرایط تحویل محصول (Delivery arrangement)	محصول در کجا و به شکل تحویل گردد.	Permadi, et al (2018)/ Ochieng (2020)
۱۵	قیمت گذاری (Price options)	چگونگی قیمت گذاری محصول در قرارداد (بر اساس هزینه تمام شده، بازار، به صورت ثابت، متغیر، بخشی ثابت و بخشی متغیر)	Guentang (2018)/ Ochieng (2020)/ Oliveira, Martino, Ciliberti, Frascarelli and Chiodini (2021)
۱۶	شرایط تسویه قرارداد (Payment)	پرداخت پس از تحویل (فوری و مدت دار) همچنین نقدی و یا چک	Lemeilleur, Subervie, Presoto, Souza Piao and Saes (2020)/ Oliveira, Martino, Ciliberti, Frascarelli and Chiodini (2021)/ Ihli, Seegers, Winter, Chiputwa and Gassner (2021)

نتایج و بحث

در روش HGR، اولاً، ترجیحات قرارداد توسط هر پاسخ دهنده (یا فرد) مرتب می‌شود. سپس، موقعیت درصد برای هر محصول محاسبه می‌شود و در نهایت، موقعیت درصد هر رتبه از ویژگی (یا سطح) با استفاده از جدول گرت به امتیازات تبدیل می‌شود.

جهت بررسی ترجیحات قرارداد هر ۱۶ گویه با استفاده از طیف لیکرت پنجگانه از خیلی مهم تا خیلی بدون اهمیت اعدادی بین یک تا پنج را به خود اختصاص دادند. سپس موقعیت درصد این پنج رتبه با استفاده از رابطه یک، مطابق جدول (۲) محاسبه شد. به عنوان مثال اولویت اول یا همان خیلی مهم با توجه به تعداد کل گویه‌ها دارای موقعیت درصد ۳/۱ و نمره گرت ۸۶ است و هرچه قدر به سمت اولویت آخر پیش می‌رود عدد گرت کوچکتر می‌شود.

جدول ۲. موقعیت درصد و نمره گرت جهت رتبه‌بندی ترجیحات کشاورزان در طراحی قرارداد کشاورزی

شماره اولویت	موقعیت درصد	نمره گرت
۱	۳/۱	۸۶
۲	۹/۳	۷۷
۳	۱۶/۶	۷۰
۴	۱۹/۵	۶۷
۵	۲۸/۱۲	۶۲

در جدول (۳) نظرات ۱۰ خبره در مورد هر ۱۶ گویه ارائه شده است. در این جدول نمره کل گرت هر ۱۶ گویه که از حاصل جمع نمره گرت مربوط به ۱۰ پاسخ مربوط به آن گویه محاسبه شده قابل ملاحظه است. سپس این نمرات از بیشترین به کمترین رتبه یک تا شانزده را به خود اختصاص دادند.

همان‌گونه که در جدول (۳) قابل ملاحظه است ترجیحات خبرگان در مورد نحوه طراحی قرار داد کشاورزی گل محمدی به نحوی است که نحوه قیمت‌گذاری (P15) جزو مهمترین ترجیحات بیان شده است بدین جهت که گل محمدی محصولی است که قیمت آن می‌تواند نوسانات زیادی داشته باشد؛ بنابراین، قیمت‌گذاری مناسب و انعطاف‌پذیر بسیار مهم است. از دیگر گزینه‌های مهم در طراحی قرارداد کشاورزی توسط کشاورزان، شرایط تسویه قراداد (P16) می‌باشد. همچنین تأمین اعتبار و نقدینگی و نحوه تأمین نهاده‌ها و خدمات تولیدی (P8 و P6) در اولویت بعدی می‌باشد چرا که گل محمدی خصوصاً در مورد آبیاری و کوددهی به نهاده‌های باکیفیت نیاز دارد. سومین اولویت زمان امضاء قرارداد (P4) و با توجه به فصل برداشت مشخص، زمان‌بندی قراردادها برای اطمینان از برداشت به موقع و حفظ کیفیت محصول اهمیت دارد.

با توجه به یافته‌های این تحقیق در مورد ترجیحات کشاورزان در تنظیم قراردادهای کشاورزی، می‌توان نتیجه گرفت برای گل محمدی، تنظیم قرارداد با توجه به ترجیحات خاص شناسایی شده می‌توان به بهبود فرآیند تولید و افزایش بازدهی اقتصادی کمک کرد. این قراردادها باید به گونه‌ای طراحی شوند که نه تنها نیازهای تولیدکنندگان را برآورده کنند بلکه آنها را در برابر ریسک‌های احتمالی بازار و تولید محافظت کنند. با اجرای پیشنهادات فوق، می‌توان به یک زنجیره تولید پایدارتر و اقتصادی‌تر در بخش گیاهان دارویی در استان اصفهان دست یافت. کشاورزی قراردادی یک رهیافت حفاظتی در اقتصاد کشاورزی است که از دید ترویج یک تکنیک در تاکتیک اقتصاد مقاومتی تلقی می‌شود. از این‌رو باید برای توانمندسازی بخش تولید گیاهان دارویی در تأمین نیاز کشور و پایداری امنیت تولید و تولیدکننده

در بخش گسترده کشاورزی و ممانعت از واردات این محصول با توجه به ظرفیت‌های اقلیمی کشور، صادرات نیز تقویت شود از پژوهشگران، متخصصان، و کارشناسان خبره ترویج و آموزش کشاورزی برای طراحی و شبیه‌سازی مدل‌های مورد نیاز کشاورزی قراردادی در پایگاه‌های نمونه اولیه استفاده کرد و از اهمیت بندهای قرارداد شناسایی شده در این تحقیق استفاده نمود.

جدول ۳. ترجیحات تولیدکنندگان گل محمدی در طراحی قرارداد کشاورزی

ترجیحات		خبرگان											نمره کل گرت	رتبه
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰			
فرمهای انعقاد قرارداد(Forms)	P1	۵	۱	۵	۲	۵	۵	۵	۵	۴	۳		۶۱۰	۱۳
مدل قرارداد (model)	P2	۲	۱	۵	۲	۵	۵	۵	۴	۴	۵		۶۰۷	۱۵
نوع قرارداد (types)	P3	۱	۱	۵	۱	۴	۴	۵	۳	۵	۱		۵۶۳	۱۶
زمان امضاء قرارداد (Time of signing)	P4	۲	۲	۳	۴	۲	۲	۲	۲	۴	۵		۷۲۸	۵
مدت زمان قراداد (Duration)	P5	۵	۲	۴	۱	۳	۵	۴	۳	۴	۲		۷۰۵	۶
نحوه تامین نهاده‌ها و خدمات تولیدی (Input provision and Service provision)	P6	۴	۵	۱	۳	۲	۲	۱	۲	۱	۲		۷۶۰	۳
الزامات بکارگیری دو نهاده سم و کود شیمیایی (Input-use requirements)	P7	۴	۵	۱	۵	۵	۵	۵	۲	۲	۵		۶۰۴	۱۴
تأمین اعتبار و نقدینگی (Credit arrangement)	P8	۴	۳	۴	۵	۱	۱	۱	۱	۱	۵		۷۵۸	۴
روش‌های تولید محصول (Production method specifications)	P9	۵	۴	۳	۴	۴	۳	۴	۳	۲	۲		۶۹۴	۸
نحوه نظارت و کنترل بر فرایند تولید (Monitoring and controlling)	P10	۴	۳	۱	۴	۵	۵	۳	۴	۳	۴		۶۸۸	۹
مقدار محصول (Quantity)	P11	۳	۴	۲	۴	۲	۵	۲	۴	۳	۴		۷۰۱	۷
جزئیات کیفیت محصول (Product quality specifications)	P12	۵	۴	۵	۳	۳	۳	۳	۵	۵	۴		۶۶۲	۱۲
مکان بازرسی کیفیت محصولات (Place of quality inspection)	P13	۳	۳	۲	۵	۴	۴	۴	۵	۵	۳		۶۷۴	۱۰
شرایط تحویل محصول (Delivery arrangement)	P14	۳	۵	۳	۳	۴	۴	۴	۵	۵	۳		۶۷۰	۱۱
قیمت گذاری (Price options)	P15	۲	۳	۳	۱	۱	۲	۲	۱	۳	۱		۷۷۷	۱
شرایط تسویه قرارداد (Payment)	P16	۳	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۱	۲	۱		۷۷۶	۲

منابع

Arouna, A., Adegbola, P.Y., Zossou, R.C., Babatunde R. & Diagne A. (2017). Contract farming preferences of smallholder Rice producers in Benin: A stated choice model using mixed logit. Tropicultura, 35(3), 180–191.

Bellemare, M. F., & Bloem, J. R. (2018). Does contract farming improve welfare? A review. World Development, 112, 259-271.

Dalkey, N., & Helmer, O. (1963). An experimental application of Delphi Method to the use of experts. Management Science, 9, 458-467.

Ghavam, M., Ahmadi, E. (2018). A Study of Medicinal Plants, Biological Formation, and Geographic Distribution in Khalajestan Region of Qom, *Plants and Ecosystems*, 14(55), 17.

Jones, A. M., & Vijayan, S. (2018). Contract Farming of Medicinal Plants and its Impact on Farmers. Journal of Xi'an Shiyou University, 20(3), 17-29.

Khalili, F., chobchian, Sh., (2021). The role of contract farming in the production and exploitation of medicinal plants. Medicinal Plants Congress; Mechanization and Processing.

Kumar, S., Chand, P., Dabas, J., & Singh, H. (2010). Characteristics and determinants of contract design of wheat seed farming in India: A basis of decision making. Indian J. Agric. Econ., 65, 621–638.

Miremadi, S.A., Chizari, A., Yazdani, S., Rafiee, H. & Mohtashami, T. (2022). Investigating the efficiency of Negin saffron futures contract in Iran Mercantile Exchange, *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development*, 52(4), 851-862.

Mishra, A. K., Kumar, A., Joshi, P. K., & D'souza, A. (2018). Production risks, risk preference and contract farming: Impact on food security in India. Applied Economic Perspectives and Policy, 40(3), 353-378.

Moradnezhadi, H., Alikhani, Z. & Vahedi, M. (2017). Identifying and prioritizing enterprises related to medicinal plants in Chardavol County, *Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants*, 33(3), 423-434.

Rassam, G., Gholami, M., Mellati, F., Ali, G. O. L., & Mashayekhan, A. (2014). Prioritizing of effective factors on development of medicinal plants cultivation using analytic network process. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 64(2), 69-76.

Ruml A. & Qiam, M. (2021). Smallholder farmers'dissatisfaction with contract schemes in spite of economic benefits: Issues of mistrust and lack of transparency. The Journal of Development Studies, 57(7), 1106–1119.

Sakhi, F., Mohamadi, H., Sabuhi Sabuni, M. (2020). Factors affecting the types of sales contracts of agricultural products(Case Study: Cotton product in the city of Gonbad-e Kavus), *Journal of Agricultural Economics Researches*, 12(1), 1-24.

Shabanzadeh, M., Faryadras, V. & Farahmand K. (2015). Effective Factors on Concluding the Sales Contract of Tomatoes in Mashhad County, *Agricultural Economic and Development*, 23(90), 55.

Tuyen, M.C., Sirisupluxana, P., Bunyasiri, I., & Hung, P.X. (2022). Stakeholders' preferences towards Contract Attributes: Evidence from Rice Production in Vietnam. Sustainability, 14, 34–78.

Xhoxhi, O., Stefanllari, A., Skreli, E., & Imami, D. (2020). How intermediaries' power affects contract farming decisions: evidence from the medicinal and aromatic plant sector in Albania. Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies, 10(5), 529-544.

Rose producers' preferences in designing agricultural contracts in Isfahan province

Zeinab Shokoohi[1]*, Fatemeh Garusian[2], Fatemeh Nasrnia[3]
1. Assistant Professor of Agricultural Economics, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
2. Master's student in Agricultural Economics, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
3. Assistant Professor of Agricultural Economics, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
*Corresponding Author: z_shokoohi@shirazu.ac.ir

Abstract

Contract farming, an agreement between farmers and buyers that specifies terms and conditions in advance—such as production volume, quality, and marketing of the agricultural product—can potentially increase the income of smallholders in developing countries. This practice ensures a more equitable distribution of benefits derived from agricultural commercialization, grants access to opportunities arising from commercialization for a wider range of participants, and ultimately fosters balanced development within the agricultural sector. The objective of this study is to investigate the preferences of rose producers concerning the design of agricultural contracts. To achieve this, the study first identified sixteen essential components for designing an agricultural contract through a review of existing research. Subsequently, questionnaires were distributed to ten experts, and the Garrett ranking method was employed to rank these identified components. The findings revealed that pricing, contract settlement, the provision of inputs and production services, and liquidity are among the most significant preferences in designing an agricultural contract for roses. By developing an agricultural contract that incorporates these prioritized elements, a more sustainable and economically viable production chain for roses can be established in the Isfahan province.

Keywords: Contract farming, Rose, Medicinal Plants

اثرات گیاهان داراویی بر خواص پاداشی نیکوتین با استفاده از روش ترجیح مکان شرطی شده: یک مرور روایی

امیر عباس برزگری*
گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
*نویسنده مسئول: Abarzegari@maragheh.ac.ir

چکیده

زمینه: اعتیاد به نیکوتین یکی از مهم‌ترین مشکلات بهداشت عمومی است و تمایل به استفاده از گیاهان دارویی، در درمان اعتیاد به این ماده رو به افزایش است. مدل ترجیح مکان شرطی‌شده (CPP) یکی از روش‌های معتبر برای بررسی ویژگی‌های پاداشی نیکوتین در مطالعات پیش‌بالینی است. هدف: این مرور روایی با هدف بررسی شواهد موجود درباره اثرات گیاهان دارویی و ترکیبات طبیعی بر کاهش خواص پاداشی نیکوتین در مدل CPP در حیوانات آزمایشگاهی انجام شد. روش‌ها: جستجوی نظام‌مند در پایگاه‌های PubMed، Scopus، ScienceDirect و Google Scholar با کلیدواژه‌های «نیکوتین»، «ترجیح مکان شرطی‌شده»، «پاداش»، «اعتیاد» و «گیاهان دارویی» صورت گرفت. مقالات منتشر شده بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ که به بررسی اثرات گیاهان دارویی بر خواص پاداشی نیکوتین به روش CPP پرداخته بودند، انتخاب شدند. یافته‌ها: شواهد نشان می‌دهد که گیاهان و ترکیبات زیر اثر مهاری بر خواص پاداشی نیکوتین دارند: *Acanthopanax koreanum* (آکانتوپاناکس کره‌ای)، *Graptophyllum grandulosum*، *Withania somnifera* (پنیر باد)، *Rhodiola rosea*، *Panax ginseng*، *آندروگرافولید و اپی‌گالوکتشین گالات* مستخرج از *Camellia sinensis* (چای سبز)، رسوراترول (Resveratrol) از گیاهانی چون انگور (*Vitis vinifera*) و توت‌ها. این گیاهان عمدتاً از طریق تعدیل مسیرهای دوپامینرژیک و کولینرژیک، بهبود نوروپلاستیسیته، کاهش التهاب و تنظیم سطح نوروترانسمیترها اثر خود را اعمال می‌کنند. نتیجه‌گیری: گیاهان دارویی و ترکیبات طبیعی مذکور می‌توانند به‌عنوان درمان‌های مکمل یا جایگزین در کاهش اثرات پاداشی نیکوتین و در نتیجه پیشگیری از عود مورد توجه قرار گیرند. با توجه به محدود بودن شواهد موجود، انجام مطالعات پیش‌بالینی بیشتر و نیز مطالعات بالینی در این زمینه برای تأیید این نتایج ضروری است.

واژه‌های کلیدی: اعتیاد به نیکوتین، ترجیح مکان شرطی شده، پاداش، گیاهان دارویی

مقدمه

چندین ترکیب سمی در دود سیگار یافت می‌شود. سیگار کشیدن یکی از علل اصلی بیماری‌های مزمن تنفسی مانند بیماری مزمن انسدادی ریه (COPD)، بیماری‌های قلبی عروقی آترواسکلروتیک، سرطان و اختلالات عروق مغزی است که از شایع‌ترین علل مرگ و میر و ناتوانی به شمار می‌آیند. بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت (WHO)، هر سال حدود ۶ میلیون نفر به‌طور مستقیم در اثر مصرف دخانیات جان خود را از دست می‌دهند. بیش از ۵ میلیون

نفر مستقیماً بر اثر سیگار کشیدن جان می‌بازند و دود دست‌دوم (قرار گرفتن در معرض دود سیگار دیگران) عامل مرگ بیش از ۶۰۰ هزار نفر در سال است.

اعتیاد به سیگار یک مشکل پیچیده است که جنبه‌های جسمی، روانی، اجتماعی و سایر جنبه‌ها را در بر می‌گیرد، و عمدتاً ناشی از نیکوتین، ماده روان‌گردان موجود در سیگار است. به عبارت دیگر مهمترین ماده‌ای که باعث اعتیاد به تنباکو می‌شود نیکوتین موجود در آن است.

کشورهای سراسر جهان با کمک سازمان جهانی بهداشت در حال اجرای اقدامات قوی ضدسیگار هستند. درمان جایگزین نیکوتین، داروهای ضدافسردگی و حمایت‌های روان‌شناختی از رایج‌ترین روش‌های پیشنهادی برای ترک سیگار هستند. با وجود هزینه بالا، اثربخشی این روش‌ها محدود است و ممکن است عوارض جانبی مانند تهوع، بی‌اشتهایی، سردرد، یبوست، خواب‌آلودگی یا گیجی به همراه داشته باشند.بنابراین، توسعه روش‌های جدید برای کمک به افراد در پیشگیری از مصرف و ترک سیگار امری ضروری است. علاوه بر این، راهکارهای ترک دخانیات که بر اساس دستورالعمل‌های بالینی طراحی شده‌اند، عمدتاً برای کشورهای با درآمد بالا تدوین شده‌اند. در نتیجه، این مداخلات ممکن است در کشورهای کم‌درآمد و با درآمد متوسط اثربخشی لازم را نداشته باشند، چرا که دسترسی به داروها و توان مالی افراد در این کشورها محدود است (Jha, 2020).

از آنجا که نیکوتین با فعال‌سازی مسیرهای پاداش مغزی، به‌ویژه سیستم دوپامینرژیک، نقش کلیدی در ایجاد و پایداری وابستگی ایفا می‌کند، مقابله با این اثرات پاداشی می‌تواند گامی مؤثر در پیشگیری یا درمان اعتیاد باشد. در سال‌های اخیر، استفاده از گیاهان دارویی به‌دلیل داشتن ترکیبات طبیعی با عوارض جانبی کمتر، به‌عنوان جایگزین یا مکملی برای درمان‌های دارویی مورد توجه قرار گرفته است. با وجود شواهد و مطالعات موجود در مورد بررسی اثرات گیاهان دارویی بر رفتارهای پاداشی ناشی از نیکوتین به روش ترجیح مکان شرطی شده در حیوانات آزمایشگاهی، تاکنون مقاله مرور روایی در این زمینه منتشر نشده است. این مقاله مروری با هدف بررسی شواهد موجود درباره تأثیر گیاهان دارویی در کاهش اثرات پاداشی نیکوتین، به تبیین نقش احتمالی آن‌ها در کاهش وابستگی و کمک به ترک مصرف نیکوتین می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

در این مقاله مروری روایی، جستجوی نظام‌مند منابع علمی مرتبط با اثرات گیاهان دارویی بر خواص پاداشی نیکوتین انجام شد. پایگاه‌های اطلاعاتی معتبری از جمله PubMed، Scopus، ScienceDirect و Google Scholar با استفاده از کلیدواژه‌هایی مانند "نیکوتین"، "ترجیح مکان شرطی شده"، "پاداش"، "اعتیاد" و "گیاهان دارویی" مورد بررسی قرار گرفتند. مقالات منتشر شده بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ که به زبان انگلیسی یا فارسی منتشر شده بودند، در نظر گرفته شدند. مطالعات انتخاب‌شده شامل پژوهش‌های تجربی حیوانی و مقالات مروری مرتبط با اثرات عصاره‌های گیاهی بر مکانیزم‌های پاداش نیکوتین بودند. همچنین مقالاتی که تنها به اثرات عمومی گیاهان دارویی بدون تمرکز بر نیکوتین پرداخته بودند، کنار گذاشته شدند.

نتایج و بحث

نواحی پاداشی مغز

یکی از مسیرهای اصلی پاداش در مغز ، مسیر مزولیمبیک است که به عنوان بخش مرکزی در پردازش پاداش شناخته شده است. این مسیر از نورون‌های دوپامینرژیک ناحیه تگمنتال شکمی (VTA) در مغز میانی آغاز می‌شود.

این ناحیه که در بخش پایینی مغز میانی قرار دارد، غنی از نورون‌های تولیدکننده دوپامین است. آکسون‌های این نورون‌ها عمدتاً به هسته آکومبنس (NAc) در بخش شکمی جسم مخطط ختم می‌شوند، اما شاخه‌هایی از آن‌ها به ساختارهایی همچون آمیگدالا، سپتوم جانبی و هیپوتالاموس جانبی نیز می‌روند. مواد اعتیاد آور باعث افزایش رها شدن دوپامین در این مسیر می‌شوند (Kringelbach and Berridge, 2010). پاداش نقش بسیار مهمی در فرآیند اعتیاد ایفا می‌کند. زمانی که فرد ماده‌ای اعتیادآور مصرف می‌کند، سیستم پاداش مغز فعال می‌شود و احساس لذت و رضایت شدیدی ایجاد می‌کند. این تجربه لذت‌بخش باعث می‌شود فرد تمایل داشته باشد آن رفتار را تکرار کند. با تکرار مصرف، مغز به‌تدریج به حضور ماده عادت می‌کند و حساسیت خود را نسبت به پاداش طبیعی از دست می‌دهد، به طوری که فعالیت‌های عادی دیگر لذت‌بخش به نظر نمی‌رسند. در نتیجه، فرد برای تجربه حس رضایت، بیشتر به ماده وابسته می‌شود و این چرخه، زمینه‌ساز اعتیاد مزمن خواهد بود.

چگونگی اثر نیکوتین بر مسیر پاداشی مغز

نیکوتین یک آلکالوئید است که از برگ‌های گیاه تنباکو (*Nicotiana tabacum*) استخراج می‌شود و در مقادیر کمتری در گیاهان دیگری همچون گوجه‌فرنگی، بادمجان و فلفل سبز نیز یافت می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهند که نیکوتین با تحریک مستقیم گیرنده‌های نیکوتینی استیل‌کولین روی جسم سلولی نورون‌های دوپامینرژیک در ناحیه تگمنتال شکمی (VTA)، باعث آزادسازی بیشتر دوپامین در هسته آکومبنس می‌شود. علاوه بر این، گیرنده‌های نیکوتینی همچنین بر روی پایانه‌های آکسونی نورون‌های گلوتاماترژیک که نورون‌های دوپامینرژیک را تحریک می‌کنند، قرار دارند. بدین ترتیب، نیکوتین به صورت غیرمستقیم از طریق افزایش رهایش گلوتامات، تحریک نورون‌های دوپامینرژیک را تقویت کرده و در نتیجه میزان رهایش دوپامین افزایش می‌یابد(Tiwari et al., 2020).

ترجیح مکان شرطی شده به عنوان روشی برای اندازه‌گیری اثرات پاداشی داروها

الگویCPP بر اساس یادگیری پاولفی استوار است، که به توانایی ما در ایجاد ارتباطات بین محرک‌های زمانی مرتبط اشاره دارد. این نوع یادگیری، همانطور که Fanselow و Wassumبه آن اشاره کرده‌اند، یک عملکرد تکاملی دارد که به ما این امکان را می‌دهد که رویدادها را پیش‌بینی کرده و رفتار خود را به منظور بقا تطبیق دهیم. الگوی ترجیح مکان شرطی شده (Conditioned place preference, CPP) برای اندازه‌گیری ارتباطات شکل‌گرفته بین یک محرک پاداش‌دهنده (مثل دارو) و محیط زمینه‌ای استفاده می‌شود. در این روش، از دستگاهی با دو یا سه بخش استفاده می‌شود که هر بخش ویژگی‌های زمینه‌ای خاصی دارد (مثل رنگ‌ها و الگوهای دیوار و بافت کف). مدل CPP از سه مرحله تشکیل شده است: پیش شرطی سازی یا عادت ، شرطی‌سازی، و پس از شرطی‌سازی یا آزمون. در مرحله آشنایی یا عادت، حیوانات به طور آزاد به تمام بخش‌های دستگاه دسترسی دارند. جلسات شرطی‌سازی شامل تزریق دارو یا محلول کنترل توسط محقق است که قبل از قرار دادن و محصور کردن حیوان در یک محیط خاص انجام می‌شود. این جفت‌سازی‌ها ممکن است یک بار یا در چند روز متوالی تکرار شوند. در این مرحله، ارتباط بین دارو و محیط به دست می‌آید که به آن مرحله اکتساب نیز گفته می‌شود. در نهایت، پس از جلسات شرطی‌سازی، حیوانات تحت آزمون CPP قرار می‌گیرند. در این آزمون، آن‌ها دوباره به تمامی بخش‌ها دسترسی دارند و زمان صرف شده در بخش جفت‌شده با دارو و بخش جفت شده با ماده حامل اندازه‌گیری می‌شود. این زمان معیاری برای نشان دادن بیان CPP است (McKendrick and Graziane, 2020).

اثر گیاهان دارویی یا ترکیبات آنها بر کسب و بیان ترجیح مکان شرطی شده ناشی از نیکوتین

***Acanthopanax koreanum* L.**

گیاه مور خرزهره‌ای *Acanthopanax koreanum* از خانواده Araliaceae می‌باشد و یک گیاه بومی است که در جزیره ججو، کره جنوبی رشد می‌کند و همچنین در سراسر چین، ژاپن و روسیه پراکنده است. به طور سنتی، ریشه‌ها و ساقه‌های آن به عنوان تونیک و آرام‌بخش استفاده می‌شوند. علاوه بر این، مطالعات بر روی اثرات تقویت‌کننده سیستم ایمنی، ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی آن متمرکز شده‌اند الویتروزید-بی (EB) و اسید کلروژنیک (CGA) به عنوان اجزای اصلی عصاره ساقه این گیاه شناخته شده‌اند..Hyun Jun Lee و همکاران نشان دادندکه عصاره گیاه در دوزهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، به طور معناداری نمرات CPP ناشی از نیکوتین را کاهش داد. همچنین ترکیبات EB و CGA نیز در دوزهای ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب، باعث کاهش قابل توجهی در CPP القاشده توسط نیکوتین شده‌اند. این نتایج حاکی از نقش موثر این گیاهان دارویی در مهار اثرات پاداش‌دهی نیکوتین در مدل CPP است (Lee et al., 2024).

***Graptophyllum grandulosum* L.**

گیاه *Graptophyllum grandulosum* از خانواده Acanthaceae است که بومی کشور کامرون است. این گیاه به طور سنتی توسط مردم محلی به خاطر خواص دارویی متعددش استفاده می‌شود. ترکیبات زیست‌فعال اصلی موجود در آن شامل کریسوریول (Chrysoeriol) و لوتئولین (Luteolin) هستند. مطالعه‌ای که بر روی رتهای نر نوجوان ویستار انجام شد، نشان داد که عصاره آبی این گیاه در دوزهای مشخص توانست به طور معنی‌داری تغییرات ترجیح در آزمون Conditioned Place Preference (CPP) ناشی از نیکوتین را مهار کند. تحلیل‌های بیوشیمیایی نشان داد که عصاره گیاه باعث کاهش سطوح دوپامین و افزایش سطوح استیل‌کولین در هیپوکامپ و استریاتوم می‌شود. همچنین این گیاه باعث تنظیم سطوح Brain-Derived Neurotrophic Factor و کاهش سیتوکین‌های التهابی مانند IL-1β و TNFα شد. این نتایج نشان‌دهنده نقش موثر این گیاه در پیشگیری از رفتارهای اعتیادی ناشی از نیکوتین از طریق تنظیم مسیرهای دوپامینرژیک، کولینرژیک، نوروپلاستیسیتی و کاهش التهاب عصبی است(Ngoufack, et al., 2025).

***Withania somnifera* L.**

گیاه پنیر باد *Withania somnifera* که به نام‌های آشواگاندا یا جینسینگ هندی نیز شناخته می‌شود به خانواده Solanaceae تعلق دارد. این گیاه، یک گیاه دارویی مشهور در طب سنتی هند است که برای خواص آرام‌بخش خود شناخته شده است. این گیاه به طور گسترده‌ای در درمان استرس، اضطراب، اختلالات خواب و تقویت سیستم ایمنی استفاده می‌شود. ترکیبات A Withaferin و ویتانولیدها از ترکیبات اصلی فعال این گیاه هستند. در یک مطالعه که هدف آن بررسی اثر عصاره گیاه بر پیشگیری از اثرات نیکوتین و وابستگی به آن بود، موش‌های سفید نر به دو گروه تقسیم شدند. یکی از گروه‌ها با نیکوتین و دیگری با ترکیب نیکوتین و عصاره گیاه درمان شدند. برای ارزیابی اثرات پاداشی آن‌ها از مدل CPP استفاده شد. نتایج نشان داد که WSE در دوزهای مختلف (۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) باعث مهار کامل کسب CPP ناشی از نیکوتین در موش‌ها شد. این داده‌ها نشان می‌دهند که *W. somnifera* قادر است تأثیرات CPP ناشی از نیکوتین را کاهش دهد و به عنوان یک گزینه درمانی برای مهار رفتارهای وابستگی به نیکوتین پتانسیل بالایی دارد (Dumore et al. 2019).

***Rhodiola rosea* L.**

گیاه ریشه طلایی *Rhodiola rosea* به خانواده Crassulaceae تعلق دارد که در طب سنتی آسیای شرقی به‌عنوان یک داروی ضد استرس، ضد افسردگی و آداپتوژن شناخته می‌شود، اخیراً در تحقیقات علمی به‌ویژه در زمینه درمان وابستگی به مواد مخدر، توجه زیادی را به خود جلب کرده است. در مدل شرطی مکان ترجیحی (CPP)، که یکی از ابزارهای اصلی برای ارزیابی ویژگی‌های پاداشی مواد مخدر در حیوانات آزمایشگاهی است، اثرات عصاره رودیولا روزئا و سالیدروسید مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعات نشان دادند که این ترکیبات قادرند تا ویژگی‌های پاداشی نیکوتین را کاهش دهند. به عبارت دیگر، هنگامی‌که حیوانات آزمایشگاهی تحت تأثیر نیکوتین قرار می‌گیرند و سپس عصاره رودیولا روزئا یا سالیدروسید دریافت می‌کنند، تمایل آنها برای بازگشت به محیطی که با مصرف نیکوتین مرتبط است، کاهش می‌یابد. علاوه بر این، مطالعات نشان دادند که این ترکیبات قادرند تا از بازگشت به مصرف نیکوتین، چه از طریق محرک‌های فیزیکی مانند استرس و چه از طریق تزریق مجدد نیکوتین، جلوگیری کنند. این یافته‌ها اهمیت بالای رودیولا روزئا را در درمان وابستگی به نیکوتین و جلوگیری از بازگشت به مصرف آن نشان می‌دهد (Titomanlio, et al., 2014).

***Panax ginseng* L.**

گیاه جینسینگ یا جینسینگ کره‌ای *Panax ginseng* به خانواده Araliaceae تعلق دارد و به عنوان یک گیاه دارویی در شرق آسیا شناخته می‌شود. این گیاه برای درمان مسمومیت حاد با الکل در چین استفاده می‌شود. جینسینگ پاناکس حاوی ساپونین‌هایی است که از بیش‌فعالی رفتاری ناشی از محرک‌های روانی-حرکتی جلوگیری می‌کنند. ساپونین کل جینسینگ (GTS)، زمانی که ۱ ساعت قبل از تزریق نیکوتین تجویز شد ، بیش‌فعالی ناشی از نیکوتین را تقریباً ۴۰ تا ۵۵ درصد و ترجیح مکان شرطی‌شده ناشی از نیکوتین (CPP) را ۴۵ تا ۶۵ درصد مهار کرد. نشان داده شده است که GTS با مهار فعالیت حرکتی آپومورفین (آگونیست گیرنده DA) تقریباً ۳۰ درصد در مقایسه با گروه کنترل، ایجاد حساسیت بیش از حد گیرنده دوپامین پس سیناپسی (DA) را در CPP ناشی از نیکوتین مهار می‌کند. علاوه بر این، ایجاد تحمل معکوس ناشی از نیکوتین نیز مهار شد (Kim et al., 1999).

ترکیبات Andrographolide و Epigallocatechin gallat

دو ترکیب آندروگرافولید و اپی‌گالوکتشین گالات جزو ترکیبات آنتی اکسیدان طبقه بندی می‌شوند. امروزه استفاده از آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند آندروگرافولید و اپی‌گالوکتشین گالات (EGCG) به عنوان ترکیباتی با پتانسیل کاهش خطر اعتیاد مورد توجه قرار گرفته است. آندروگرافولید یک ماده فعال زیستی است که از گیاه هفت کولیان (*Andrographis paniculata*) استخراج می‌شود که به خانواده Acanthaceae تعلق دارد و به عنوان یک ضد التهاب، ضد میکروب و تقویت‌کننده سیستم ایمنی شناخته می‌شود. این ماده در طب سنتی برای درمان عفونت‌ها و برخی بیماری‌ها استفاده می‌شود و در حال حاضر به عنوان یک مکمل در کاهش علائم سرماخوردگی و تسکین التهاباتی مانند استئوآرتریت مورد توجه قرار گرفته است. اپی گالوکاتچین گالات (EGCG) یک ترکیب طبیعی و قوی‌ترین آنتی‌اکسیدان موجود در چای سبز است. این ماده به دلیل خواص ضد التهابی و محافظت‌کننده‌اش در برابر بیماری‌ها، مورد توجه زیادی قرار گرفته است. در یک مطالعه، برای بررسی اثر این ترکیبات بر خواص پاداشی نیکوتین، از مدل شرطی مکان ترجیحی (CPP) در موش‌های نر استفاده شد. نتایج نشان داد که مصرف نیکوتین و همچنین عصاره دود سیگار (CSE) باعث افزایش قابل توجه نمره CPP شده است، که نشان‌دهنده تمایل بیشتر حیوان به محیط مرتبط با

ماده است. اما در گروه‌هایی که آندروگرافولید یا EGCG پیش از نیکوتین یا CSE به آنها داده شده بود، این اثر پاداشی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. این یافته‌ها نشان می‌دهند که آندروگرافولید و EGCG می‌توانند با کاهش ویژگی‌های پاداشی نیکوتین و عصاره دود سیگار، نقش محافظتی در برابر شکل‌گیری اعتیاد داشته باشند. اثرات این ترکیبات احتمالاً از طریق خواص آنتی‌اکسیدانی آن‌ها و کاهش آسیب‌های ناشی از ROS در نواحی پاداش مغز اعمال می‌شود (Indrayanti et al., 2022).

ترکیب Resveratrol

رسوراترول یک استیلبنوئید است که توسط بسیاری از گیاهان در پاسخ به آسیب یا عوامل بیماری‌زایی مانند قارچ‌ها و باکتری‌ها تولید می‌شود. این ماده در بخش‌های خوراکی مختلف گیاهان مانند انگور، انواع توت، پسته، بادام زمینی و آلو وجود دارد. اثرات دارویی توصیف شده برای رسوراترول شامل فعالیت‌های ضد صرع، ضد التهاب، آنتی‌اکسیدانی، ضد توموری، محافظت‌کننده عصبی و فشار خون بالا است. مجموعه‌ای از مطالعات اخیر نشان می‌دهد که رسوراترول اثرات متعددی بر سیستم عصبی مرکزی دارد، مانند اثرات ضد افسردگی، ضد تشنج، ضد تخریب عصبی، ضد درد، ضد اضطراب و آرام‌بخش. در یک مطالعه، تزریق داخل صفاقی نیکوتین (۰,۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) باعث افزایش قابل توجه زمان حضور در محیط مرتبط با نیکوتین در آزمون ترجیح محل مشروط (CPP) شد. همچنین، تزریق رزوراترول با دوزهای ۵۰ و ۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به همراه نیکوتین در دوره سه روزه شرطی‌سازی، به طور مؤثری از شکل‌گیری ترجیح محل ناشی از نیکوتین جلوگیری کرد. بنابراین، رزوراترول می‌تواند به عنوان یک درمان کمکی در اعتیاد به نیکوتین مورد استفاده قرار گیرد، هرچند تحقیقات بیشتری برای تبیین کامل مکانیسم‌های آن لازم است (Yunusoğlu et al., 2023).

جدول ۱. اثر گیاهان دارویی یا ترکیبات آنها بر CPP ناشی از نیکوتین

گیاه / ترکیب	ترکیب فعال	مدل حیوانی	دوز مؤثر عصاره	اثر اصلی
Acanthopanax koreanum	الویتروزید-بی(EB) ، اسید کلروژنیک(CGA)	موش سوری، CPP ناشی از نیکوتین	عصاره: ۱۰۰ و ۲۰۰mg/kg ، EB و CGA: ۱۰ و ۲۰mg/kg	کاهش معنادار CPP ناشی از نیکوتین
Graptophyllum grandulosum	کریسوریول، لوتئولین	رت نوجوان CPP ناشی از نیکوتین	دوز عصاره گیاه در آزمون mg/kg ۷۵،۱۵۰،۳۰۰	کاهش دوپامین، افزایش استیل‌کولین، مهار CPP
Withania somnifera	ویتافرین، ویتانولیدها	موش سوری، CPPناشی از نیکوتین	۵۰mg/kg، ۱۰۰ ، ۲۰۰	مهار کامل CPP
Rhodiola rosea	سالیدروسید	موش سوری، مدل CPP القا ء شده با نیکوتین	دوز عصاره ۱۰،۱۵،۲۰mg/kg	کاهش کسب و بیان و CPP نیکوین و پیشگیری از عود
Panax ginseng	ساپونین کل جینسینگ (GTS)	ناشی از CPP) موش (نیکوتین	تجویز ۱ ساعت قبل نیکوتین	مهار CPP به میزان ۴۵٪–۶۵٪
آندروگرافولید و EGCG	آندروگرافولید، اپی‌گالوکتشین گالات	ناشی CPPموش سوری، از نیکوتین و دود سیگار	دوز هر دو ترکیب : ۵۰mg/kg	کاهش معنی‌دار اثرات پاداشی نیکوتین توسط هر دو ترکیب
رسوراترول	رسوراترول	CPP موش سوری، ناشی از نیکوتین	دوزهای ۵۰ mg/kg و ۷۵	جلوگیری از القای CPP

نتیجه‌گیری

در مجموع، استفاده از گیاهان دارویی مختلف نظیر *Acanthopanax koreanum*، *Graptopetalum grandulosum*، *Withania somnifera*، *Rhodiola rosea*، *Panax ginseng* و سایر ترکیبات طبیعی مانند آندروگرافولید و اپی‌گالوکتشین گالات نشان داده است که این گیاهان یا ترکیبات مستخرج از گیاهان می‌توانند تأثیرات پاداشی نیکوتین را در مدل‌های آزمایشگاهی کاهش دهند. این اثرات عمدتاً از طریق تأثیر بر مسیرهای دوپامینرژیک، کولینرژیک، و نوروپلاستیسیته، کاهش التهاب عصبی، و تنظیم سطح نوروترنسمیترها در مغز مشاهده شده‌اند. گیاهان دارویی مذکور قادرند که هم در مرحله اکتساب و هم در مرحله عود به رفتارهای وابسته به نیکوتین، اثرات مثبت و قابل توجهی از خود نشان دهند. از آنجایی که این گیاهان معمولاً عوارض جانبی کمتری نسبت به درمان‌های شیمیایی دارند، به‌ویژه در کشورهای با درآمد کم و متوسط که دسترسی به داروهای شیمیایی محدود است، می‌توانند به عنوان گزینه‌های درمانی مکمل و یا جایگزین برای ترک سیگار و درمان اعتیاد به نیکوتین مورد استفاده قرار گیرند. در نهایت، اگرچه شواهد موجود حاکی از اثرات مثبت گیاهان دارویی بر کاهش اثرات پاداشی نیکوتین است، این تحقیقات محدود هستند و این موضوع نیاز به مطالعات پیش بالینی و بالینی بیشتر را در آینده تایید می‌کند.

منابع

Dumore, N. G., Umekar, M. J., Taksande, B. G., Aglawe, M. M., & Kotagale, N. R. (2019). Effects of Withania somnifera nicotine induced conditioned place preference in mice. *Pharmacognosy Journal*, *11*(1).

Indrayanti, K., Nurhan, A. D., Softyana, V., Pradipta, N. R., Ardianto, C., & Rahmadi, M. (2022). Andrographolide and epigallocatechin gallate (EGCG) lower the risk of addiction induced by nicotine and cigarette smoke extract (CSE) in mice. *Pharmaceutical Sciences*, *28*(4), 517-524.

Jha, P. (2020). The hazards of smoking and the benefits of cessation: a critical summation of the epidemiological evidence in high-income countries. *elife*, *9*, e49979.

Kim, H.-S., Kim, K.-S., & Oh, K.-W. (1999). Ginseng total saponin inhibits nicotine-induced hyperactivity and conditioned place preference in mice. *Journal of ethnopharmacology*, *66*(1), 83-90.

Kringelbach, M. L., & Berridge, K. C. (2010). The functional neuroanatomy of pleasure and happiness. *Discovery medicine*, *9*(49), 579.

Lee, H. J., Ortiz, D. M., Sayson, L. V., Kim, M., Cheong, J. H., & Kim, H. J. (2024). Ameliorating effects of Acanthopanax koreanum extract and components on nicotine dependence and withdrawal symptoms. *Addiction Biology*, *29*(2), e13360.

McKendrick, G., & Graziane, N. M. (2020). Drug-induced conditioned place preference and its practical use in substance use disorder research. *Frontiers in behavioral neuroscience*, *14*, 582147.

Ngoufack, S. B. K., Ngoupaye, G. T., Kouémou, N. E., Noubouwo, J. C., & Foutsop, A. F. (2025). Graptophyllum grandulosum Prevents Nicotine Addiction in Pubescent Adolescent Rats: Evidence on Dopaminergic, Cholinergic, BDNF and Neuroinflammatory Pathways. *Neurochemical Research*, *50*(3), 186.

Titomanlio, F., Perfumi, M., & Mattioli, L. (2014). Rhodiola rosea L. extract and its active compound salidroside antagonized both induction and reinstatement of nicotine place preference in mice. *Psychopharmacology*, *231*(10), 2077-2086.

Tiwari, R. K., Sharma, V., Pandey, R. K., & Shukla, S. S. (2020). Nicotine addiction: neurobiology and mechanism. *Journal of Pharmacopuncture*, *23*(1), 1.

Yunusoğlu, O. (2023). Resveratrol inhibits nicotine-induced conditioned place preference in mice. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, *59*, e20883.

Effects of medicinal plants on the rewarding properties of nicotine using conditioned place preference studies: A narrative review

Amir Abbas Barzegari*
Department of Biology, Faculty of basic science, University of Maragheh, Maragheh, Iran
Corresponding Author: Abarzegari@maragheh.ac.ir

Abstract

Background: Nicotine addiction is one of the most important public health issues, and interest in using medicinal plants for its treatment is increasing. The conditioned place preference (CPP) paradigm is a well-established method for evaluating the rewarding properties of nicotine in preclinical studies. Objective: This narrative review aimed to examine the existing evidence on the effects of medicinal plants and natural compounds in reducing the rewarding properties of nicotine in the CPP model in laboratory animals. Methods: A systematic search was conducted in PubMed, Scopus, ScienceDirect, and Google Scholar using the keywords "nicotine," "conditioned place preference," "reward," "addiction," and "medicinal plants." Articles published between 2000 and 2025 that investigated the effects of medicinal plants on nicotine's rewarding properties using the CPP method were selected. Results: Evidence indicates that the following plants and compounds exert inhibitory effects on the rewarding properties of nicotine: *Acanthopanax koreanum*, *Graptophyllum grandulosum*, *Withania somnifera*, *Rhodiola rosea*, *Panax ginseng*, andrographolide and epigallocatechin gallate (EGCG) from *Camellia sinensis* (green tea), and resveratrol from plants such as *Vitis vinifera* (grape) and various berries. These agents primarily act through modulation of dopaminergic and cholinergic pathways, enhancement of neuroplasticity, reduction of inflammation, and regulation of neurotransmitter levels. Conclusion: The above-mentioned medicinal plants and natural compounds may be considered as complementary or alternative therapies for reducing nicotine's rewarding effects and, consequently, preventing relapse. Given the limited available evidence, further preclinical as well as clinical studies are necessary to confirm these findings.

Keywords: Conditioned Place Preference, Medicinal plants, Nicotine addiction, Reward

نقش متابولیت‌های ثانویه در بهبود تعاملات بین گیاهان، گیاه‌خواران و دشمنان طبیعی

ناهید واعظ*
گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
*نویسنده مسئول: naheedvaez@gmail.com

چکیده

تعاملات بین گیاهان، گیاه‌خواران و دشمنان طبیعی آنها اغلب به‌واسطه تکامل متابولیت‌های ثانویه گیاهی شکل می‌گیرد. در زمینه تکامل توأم گیاه-گیاه‌خوار، گیاهان طیف گسترده‌ای از مکانیسم‌های دفاعی، از جمله تولید متابولیت‌های ثانویه، را برای محافظت از خود در برابر گیاه‌خواران به تکامل رسانده‌اند و در گیاه‌خواران نیز سازگاری‌های متقابلی ازجمله توانایی سم‌زدایی یا جداسازی متابولیت‌های ثانویه خاص برای غلبه بر دفاع گیاهان به تکامل رسیده است. متابولیت‌های ثانویه گیاهی نقش موثری در جلب دشمنان طبیعی آفات از قبیل شکارگران و پارازیتوئیدها دارند و به طور غیرمستقیم در دفاع گیاه در برابر گیاه‌خواران نقش ایفا می‌کنند. این ترکیبات که مستقیماً در رشد اولیه گیاه دخیل نیستند، به عنوان سیگنال‌های شیمیایی عمل می‌کنند که می‌توانند دشمنان طبیعی را جلب کرده، یا موجب دوری گیاه‌خواران و در نتیجه کاهش خسارت آنها شده و به طور بالقوه کنترل بیولوژیکی را افزایش دهند. درک چگونگی تأثیر متابولیت‌های ثانویه بر این تعاملات برای توسعه استراتژی‌های مدیریت پایدار آفات بسیار مهم است.

واژه‌های کلیدی: برهم‌کنش گیاه، گیاه‌خوار، دشمن طبیعی، جلب‌کننده، متابولیت‌های ثانویه، مواد فرار

مقدمه

مواد شیمیایی متصاعد شده از گیاهان، نقش مهمی در رفتار جستجوگری گیاه‌خواران و دشمنان طبیعی آنها ایفا می‌کنند و تنها زمانی روابط متقابل بین گیاه-گیاهخوار-دشمن طبیعی قابل درک خواهد بود که به طور هم‌زمان روابط سه سطحی زنجیره غذایی در کنار هم مورد بررسی قرار گیرد. موفقیت دشمنان طبیعی در کاهش جمعیت آفت به توانایی آنها در پیدا کردن محل دقیق طعمه/ میزبان بستگی دارد. دشمنان طبیعی عموماً حین جستجوی میزبان از مواد فرار رهاسازی شده از میزبان‌های خود، گیاهان میزبان آفات و یا فضولات تولید شده توسط حشرات گیاه‌خوار متأثر می‌شوند. به‌طور کلی مواد شیمیایی متصاعد شده از گیاهان میزبان در فواصل دور و رایحه حشره گیاه‌خوار در فواصل نزدیک، به روند میزبان‌یابی دشمنان طبیعی کمک می‌کنند. به طور معمول حشرات گیاه‌خوار، علائم بویایی را در حجم بسیار کم تولید می‌کنند. بر این اساس اغلب شناسایی این علائم از فواصل دور برای دشمنان طبیعی مشکل است. از دیدگاه تکاملی نیز حشرات گیاه‌خوار به دلیل انتخاب طبیعی به سمتی سازگار می‌شوند که با کاهش تولید این مواد، وجود خود را از دشمنان طبیعی پنهان کنند. ترکیبات آلی فراری که از گیاهان آسیب دیده توسط گیاه‌خواران متصاعد می‌شوند و ترکیبات فرار القایی نامیده می‌شوند، از جمله موادی هستند که می‌توانند دشمنان طبیعی را به سمت حشره گیاه‌خوار هدایت کنند. از طرف دیگر بسیاری از دشمنان طبیعی از طیف وسیعی از علائم شیمیایی که مرتبط با حشره گیاه‌خوار هستند، برای یافتن میزبان خود در محیط استفاده می‌کنند. ترکیبات آزاد شده از گیاهان آسیب دیده توسط

حشرات گیاه‌خوار (سینومون‌ها[1]) و هم‌چنین ترکیبات فرار شیمیایی مرتبط با حشرات گیاه‌خوار (کایرومون‌ها[2]) که هر دو سبب جلب دشمنان طبیعی می‌شوند، از عوامل بهبوددهنده برنامه‌های تولید انبوه و رهاسازی دشمنان طبیعی می‌باشند (Gardarin et al., 2018). مطالعات نشان داده‌اند که متابولیت‌های ثانویه گیاهی نقش موثری در جلب دشمنان طبیعی آفات ایفا می‌کنند و به طور غیرمستقیم در دفاع گیاه در برابر گیاه‌خواران نقش ایفا می‌کنند. این ترکیبات که مستقیماً در رشد اولیه گیاه دخیل نیستند، به عنوان سیگنال‌های شیمیایی عمل می‌کنند که می‌توانند دشمنان طبیعی را جلب کرده، یا موجب دوری گیاه‌خواران و کاهش آسیب آنها شده و به طور بالقوه کنترل بیولوژیکی را افزایش دهند (Koczor et al., 2025). از این رو، علاقه به مطالعات درک چگونگی تعامل حشرات با گیاهان افزایش یافته است. «گیاهان دارویی و معطر» گروهی از گیاهان هستند که به‌دلیل خواص شیمیایی‌شان یعنی اسیدهای فنولیک، فلاونوئیدها و ترکیبات معطر مانند ترپنوئیدها، استروئیدها، آلکالوئیدها و سیانیدهای آلی کشت و مصرف می‌شوند و به دلیل ویژگی‌های بویایی‌شان در صنایع غذایی و دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Gahukar, 2012). این کاربردهای بالقوه، گیاهان دارویی و معطر را از سایر گیاهان گل‌دار وحشی متمایز می‌کند، زیرا می‌توانند مزایای اقتصادی برای کشاورزان داشته باشند. با این حال، آیا می‌توان عنوان نمود که ترکیبات این گیاهان می‌توانند به‌عنوان حشره‌کش نیز مورد استفاده قرار گیرند و یا با تامین منابع شهد و گرده جهت تغذیه دشمنان طبیعی موجب حفظ و حمایت دشمنان طبیعی شوند. به طور خاص، هدف بررسی حاضر این است که گونه‌های گیاهان دارویی و معطر موثر در جلب دشمنان طبیعی شناسایی شود و معلوم گردد که میزان جلب شکارگران و پارازیتوئیدها نسبت به این ترکیبات شیمیایی متفاوت است یا خیر. انتظار می‌رود این مرور کلی به متخصصان در انتخاب گونه مناسب برای کاشت در مزارع و به محققان در شناسایی نیازهای تحقیقات کمک کند.

تأثیر متابولیت‌های ثانویه گیاهان بر گیاه‌خواران

برخی از متابولیت‌های ثانویه به عنوان بازدارنده‌های تغذیه عمل می‌کنند و باعث می‌شوند گیاه برای گیاه‌خواران جذابیت کمتری داشته و در نتیجه گیاه‌خواران تغذیه کمی روی این گیاهان داشته باشند. برخی از آنها می‌توانند برای گیاه‌خواران سمی باشند و مستقیماً به آنها آسیب برسانند یا آنها را بکشند. برخی دیگر نیز می‌توانند تغییرات رفتاری را در گیاه‌خواران القا کنند و با ایجاد بوی نامطبوع یا طعم نامطلوب، آفات را از گیاهان دور کنند و موجب مهاجرت گیاه‌خوار به روی گیاهان دیگر شوند.

شناسایی گیاهان دارویی و معطر جلب‌کننده دشمنان طبیعی

آزمون‌های دقیق بویایی‌سنجی نشان می‌دهد که تعدادی از گیاهان دارویی و معطر برای دشمنان طبیعی جذابیت دارند. نتایج تحقیقات حاکی از آن است که گیاهان معطر برای شکارگران بیشتر از پارازیتوئیدها جذاب هستند (Stathakis et al. 2023). به‌ترتیب اهمیت تیره‌های گیاهی نعنائیان[3]، چتریان[4]، کاسنیان[5]، باقلائیان[6]، چلیپائیان[7] و گل-

1. Synomones
2. Kairomones
3. Lamiaceae
4. Apiaceae
5. Asteraceae
6. Fabaceae
7. Brassicaceae

سرخیان[1] ، بیشترین تعداد گونه‌هایی را دارند که هم برای دستکاری زیستگاه و هم برای حشره‌کش‌های گیاهی استفاده شده‌اند. انتخاب گونه‌های گیاهی برای دستکاری زیستگاه عمدتاً بر روی گیاهانی با کیفیت گل مناسب برای حمایت از دشمنان طبیعی متمرکز شده است. نتایج تحقیقات نشان داده است که مواد فرار متصاعد شده از تیره چتریان از جمله گل ساعتی، شوید و گل راعی به‌طور قابل توجهی شکارگرانی مانند کفشدوزک‌ها، مگس‌های گل و بالتوری‌های خانواده Chrysopidae را جذب می‌کنند به‌طوری که این شکارگران زمان بیشتری به جستجوی طعمه روی این گیاهان صرف می‌کنند. هم‌چنین تغذیه از گرده این گیاهان موجب افزایش طول عمر کفشدوزک‌ها و بالتوری‌ها می‌شود. علاوه بر این، مشخص شده که گرده‌های گیاهان چتریان حاوی کربوهیدرات کافی هستند که به‌طور قابل توجهی بر باروری بالتوری‌ها تأثیر می‌گذارند. در مورد پارازیتوئیدها، مشخص شده است که زنبوران پارازیتوئید Braconidae و Ichneumonidae به گل‌های چتریان سر می‌زنند و شهد آنها را مصرف می‌کنند که منجر به افزایش طول عمرشان می‌شود. در مورد زنبوران پارازیتوئید تخم خانواده Trichogrammatidae نیز تغذیه از شهد چتریان موجب افزایش طول عمر آنها می‌شود. در حالی‌که متابولیت‌های ثانویه گیاهان تیره نعنائیان موجب جذب مگس‌های شکارگر خانواده Syrphidae می‌شوند (Hatt et al., 2019). در تحقیقی که توسط استاتیکیز و همکاران (Stathakis et al., 2023) انجام شد بسته به گونه گیاهی، گونه‌های مختلفی از دشمنان طبیعی از قبیل عنکبوت‌های شکارگر (خانواده Salticidae)، کفشدوزک‌ها (خانواده Coccinellidae)، سن‌های شکارگر Anthocoridae، مگس‌های گل Syrphidae، زنبورهای پارازیتوئید خانواده Eulophidae، Braconidae، Scelionidae، Encyrtidae، Mymaridae وTrichogrammatidae به‌ترتیب فراوانی از روی گیاهان معطر پونه کوهی، رزماری، مریم گلی و مرزه که به عنوان پرچین در حاشیه باغ‌های پرتقال کاشته شده بودند جمع‌آوری شدند. ایشان ادعا نمودند که پس از استقرار پرچین‌های گیاهان معطر در اطراف باغات پرتقال، آفات رایج مرکبات مانند شته‌ها، سفیدبالک‌ها، تریپس‌ها، کنه تارتن دولکه‌ای و یا آفت جدیدی روی این محصول مشاهده نشد. بنابراین می‌توان عنوان نمود که گیاهان معطر ذکر شده، پتانسیل خوبی برای حفاظت از پارازیتوئیدها، عنکبوتیان و حشرات شکارگر آفات دارند. در مورد پارازیتوئیدهای متعلق به راسته بال‌غشاییان، گیاه مرزه در مقایسه با پوشش گیاهی علف‌های هرز و سایر گیاهان معطر (مرزه > رزماری >مریم گلی > پونه کوهی) زنبورهای پارازیتوئید بیشتری را جذب کرد، که احتمالاً به دلیل غلظت بالای قند شهد آن می‌باشد. میزان جذب زنبورهای پارازیتوئید به پرچین‌های رزماری از جلب زیاد در مزرعه ارگانیک تا کم در مزرعه‌ای که تحت مدیریت تلفیقی آفات بود متفاوت بود. در هر صورت، جذب رزماری به پارازیتوئیدها نمی‌تواند به منابع گل مربوط باشد زیرا گیاهان در طول مطالعه این محققین گل نداده بودند. طبق تحقیقات این دانشمندان مشخص شد که دلیل بالای فراوانی زنبوران پارازیتوئید در پرچین‌های رزماری به‌علت بالا بودن جمعیت زنجرک *Eupteryx decemnotata* Rey (Hemiptera: Cicadellidae) بود که به‌عنوان میزبان زنبور پارازیتوئید *Anagrus* spp. (Mymaridae) شناخته می‌شود. اگرچه گیاهان مریم گلی دوره گلدهی طولانی‌تری داشتند، اما نسبت به مرزه، پارازیتوئیدهای کمتری جذب کردند، احتمالاً دلیل آن دشواری ورود زنبورهای پارازیتوئید کوچک به درون گل‌های لوله‌ای شکل مریم گلی و یا غلظت کم قند شهد آن باشد. در این تحقیق پونه کوهی کمترین تعداد افراد پارازیتوئید را جذب کرد و تنها در دوره گلدهی چند اوج جمعیتی نشان داد، اما نمی‌توان اثبات کرد که شهد آن جذابیتی برای زنبوران پارازیتوئید داشته باشد. می‌توان ادعا کرد هر گیاهی که گلدهی ضعیفی داشه باشد در جلب دشمنان طبیعی هم عملکرد ضعیفی نشان می‌دهد. گیاه رزماری بیشترین فراوانی عنکبوتیان را داشت، در حالی که مریم گلی کمترین فراوانی را نشان داد. پرچین‌های پونه کوهی و مریم گلی عمدتاً سن شکارگر.*Macrolophus* spp و پرچین‌های مرزه عمدتاً سن‌های .*Orius* spp که شکارگران موثری بر علیه تریپس‌ها

1. Rosaceae

هستند را جذب کردند. نتایج یک تحقیق نشان داده است که گل همیشه بهار و گشنیز پربازدیدترین گونه‌های گیاهی برای مگس‌های گل بودند. این نتایج نشان می‌دهد که مدیریت زیستگاه با استفاده از این گونه‌های گیاهی ممکن است فراوانی مگس‌های گل که عامل کنترل بیولوژیکی آفات مکنده همچون شته‌ها هستند را در مزارع بهبود بخشد (Martínez-Uña et al., 2013). تحقیقات نشان داده که ریخت‌شناسی قطعات دهانی شکارگران و پارازیتوئیدها نقش به‌سزایی در تغذیه از شهد گیاهان معطر دارد به‌طوری‌که قطعات دهانی بالتوری سبز و عرض جام گیاه رازیانه سازگاری داشته و این شکارگر به راحتی می‌تواند از شهد این گیاه تغذیه کند (Nave et al., 2016). عمق جام گل تاثیر زیادی روی کارایی دشمنان طبیعی دارد به طوری که گیاهان با جام گل کم عمق موجب جلب بیشتر دشمنان طبیعی شده و دسترسی به شهد این گیاهان آسان‌تر بوده که خود سبب افزایش طول عمر دشمن طبیعی می‌شود. به‌طورکلی، گل‌هایی با جام گل عمیق ممکن است توسط مگس‌های Syrphidae قابل استفاده نباشند، زیرا خرطوم اکثر این گونه‌ها نسبتاً کوتاه است. هم‌چنین در مورد کفشدوزک‌ها که در قطعات دهانی آنها لب پایین کوتاه است نیز صدق می‌کند. علاوه بر ریخت‌شناسی جام گل، رنگ نیز یک ویژگی مهم در جذابیت گیاه برای دشمنان طبیعی است. شوید و رازیانه گل‌های زرد رنگ دارند درحالی‌که گل‌های زعفران عمدتاً یاسی رنگ هستند که این امر می‌تواند جذابیت شکارگران را در آزمایش‌های انتخاب شده نیز توضیح دهد. در واقع، رنگ زرد و تا حدودی سفید، برای مگس‌های Syrphidae و کفشدوزک‌ها جذاب شناخته شده‌اند (Nave et al., 2016). یافته‌ها در مورد بال‌توری‌ها، نشان داده است که بال‌توری سبز، *Chrysoperla carnea* Stephens در مزارع به هیچ رنگی حساس نیست و در مورد پارازیتوئیدها در بین گونه‌ها متفاوت می‌باشد (Koczor et al. 2017). می‌توان گفت گونه‌های گیاهان دارویی معطر که دارای جام گل عمیق بوده و شهد آنها در پایه جام گل‌های لوله‌ای باریک قرار گرفته مانع از دسترسی شکارگران و پارازیتوئیدهای با قطعات دهانی کوتاه به شهد می‌شود، که ممکن است تا حدودی جذابیت کم این گونه‌های گیاهی را برای دشمنان طبیعی توضیح دهد.

ترکیبات آلی فرار[1] جلب‌کننده دشمنان طبیعی

ترکیبات آلی فرار، ترکیبات بسیار متنوعی هستند که در همه جا پراکنده می‌باشند. برخی از انواع این ترکیبات به صورت طبیعی یافت می‌شوند و برخی دیگر نیز به دست انسان تولید شده‌اند. این مواد نقش مهمی در برقراری ارتباط بین گیاهان بر عهده دارند. گیاهان وقتی توسط گیاه‌خواران آسیب می‌بینند، مواد فرار را که نوعی متابولیت ثانویه هستند، آزاد می‌کنند. این مواد فرار می‌توانند به عنوان جاذب دشمنان طبیعی عمل کنند و آنها را به محل طعمه یا میزبان خود هدایت کنند. فرآیند جذب دشمنان طبیعی توسط متابولیت‌های ثانویه، مکانیسمی پیچیده است که شامل ترکیبات مختلف، مسیرهای بیوسنتزی متفاوت و تعاملات پیچیده بین گیاه، آفت و دشمن طبیعی است. برخی از گیاهان با آزاد کردن ترپنوئیدهای خاصی از برگ‌های خود، موجب جلب زنبورهای پارازیتوئید یا شکارگران می‌شوند. مطالعات متعددی جذب دشمنان طبیعی ازجمله بالتوری‌های سبز به متیل سالیسیلات را گزارش کرده‌اند (Koczor et al., 2025). بیش از ۱۷۰۰ ترکیب فرار مختلف به‌وسیله بافت‌های رویشی و زایشی گیاهان ساخته می‌شوند. مقدار و ترکیب شیمیایی این رایحه‌ها تحت تاثیر عوامل زنده و غیر زنده محیطی قرار می‌گیرد و به گونه و یا رقم گیاهی، گونه گیاه‌خوار و حتی مرحله تکاملی گیاه‌خوار نیز بستگی دارد. تنوع در جلب دشمنان طبیعی آفات هم در سطح بین‌گونه‌ای و هم در سطح ارقام مختلف یک گونه و حتی در بین بوته‌های مختلف یک رقم خاص گیاهی نیز گزارش شده است.

1. Volatile Organic Compounds (VOCs)

ترکیبات فرار شناسایی شده گیاهان دارویی و معطر که در جلب دشمنان طبیعی آفات نقش ایفا می‌کنند عبارتند از استراگول فنیل پروپانوئید و ترپنوئیدها (از جمله لینالول، a-برگاموتن، c-آمورفن و b-کوپن) به عنوان اجزای غالب ترکیبات فرار گیاه ریحان، *Ocimum basilicum* L. و ترپینولن، ۳- هگزنیل استات و بنزن استالدهید به عنوان اجزای اصلی گیاه جعفری پاکوتاه، *Tagetes patula* L. شناسایی شدند. با رویکردی مشابه، ترکیب D- لیمونن و ترپینولن به عنوان اجزای اصلی ترکیبات فرار پونه گربه‌ای،(Lamiaceae) (L.) *Nepeta cataria* در غلظت کم کفشدوزک شکارگر *Harmonia axyridis* Pallas را جذب کرد (Hatt et al., 2019).

نتیجه‌گیری

درک چگونگی تأثیر متابولیت‌های ثانویه بر این تعاملات برای توسعه استراتژی‌های مدیریت پایدار آفات بسیار مهم است. محققان با دستکاری شیمی گیاه می‌توانند اثربخشی دشمنان طبیعی را افزایش داده و وابستگی به آفت‌کش‌های مصنوعی را کاهش دهند. به طور خلاصه، متابولیت‌های ثانویه گیاهی ابزارهای قدرتمندی در دفاعی گیاه محسوب می‌شوند که نقش حیاتی در جذب دشمنان طبیعی و دفع گیاه‌خواران ایفا می‌کنند و در نتیجه پویایی تعاملات اکولوژیکی را شکل می‌دهند. مواد فرار توسط اندام‌های مختلف گیاه (گل‌ها، برگ‌ها) تولید می‌شوند و اکثر مطالعات از کل گیاه برای ارزیابی جذابیت مواد فرار استفاده کرده‌اند. استفاده از گل‌ها یا برگ‌ها و حتی مقایسه جذابیت گل‌ها با جذابیت برگ‌ها، اطلاعات مفیدی را برای درک نقش مواد فرار در تعاملات دشمن طبیعی و گیاهان ارائه می‌دهد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که گونه‌های معطر تیره چتریان و نعنائیان به دلیل داشتن مواد فرار با بوی تند، دشمنان طبیعی متنوعی، عمدتاً شکارگران را جذب می‌نمایند و گونه‌هایی که مقدار زیادی گرده تولید می‌کنند، نوید حمایت از تغذیه‌کنندگان گرده مانند کفشدوزک‌ها و همچنین مگس‌های گل‌دار را می‌دهند. با این حال، مطالعات بیشتری برای ارزیابی کاربردها در مزارع در جهت کنترل بیولوژیکی آفات حشرات مورد نیاز است.

منابع

Gahukar, R. T. (2012). Evaluation of plant-derived products against pests and diseases of medicinal plants: A review. *Crop Protection*, *42*, 202-209.

Gardarin, A., Plantegenest, M., Bischoff, A. and Valantin-Morison, M. (2018). Understanding plant–arthropod interactions in multitrophic communities to improve conservation biological control: useful traits and metrics. *Journal of Pest Science*, *91(3)*, 943–955.

Hatt, S., Xu, Q., Francis, F. and Osawa, N. (2019). Aromatic plants of east asia to enhance natural enemies towards biological control of insect pests. A review. *Entomologia Generalis*, *38 (4)*, 275-315.

Koczor, S., Szentkiralyi, F., Fekete, Z. and Toth, M. (2017). Smells good, feels good: oviposition of *Chrysoperla carnea*-complex lacewings can be concentrated locally in the field with a combination of appropriate olfactory and tactile stimuli. *Journal of Pest Science*, *90*, 311–317.

Martínez-Uña, A., Martín, J. M., Fernández-Quintanilla, C. and Dorado, J. (2013). Provisioning floral resources to attract aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae) useful for pest management in central Spain. *Journal of Economic Entomology*, *106 (6)*, 2327-35.

Nave, A., Gonçalves, F., Crespí, A. L. et al. (2016). Evaluation of native plant flower characteristics for conservation biological control of *Prays oleae*. *Bulletin of entomological research*, *106*, 249–257.

Stathakis, T., Economou, L., Barda, M., Angelioudakis, T., Kati, V. and Karamaouna, F. (2023). Potential of hedgerows with aromatic plants as reservoirs of natural enemies of pests in orange orchards. *Insects*, *14 (4)*, 391. doi: 10.3390/insects14040391.

Koczor, S., Szentkirályi, F., Vuts, J. et al. (2025). Species- and context-dependent responses of green lacewings suggest a complex ecological role for methyl salicylate (Neuroptera: Chrysopidae). *Scientific Reports*, *15*, 12777. https://doi.org/10.1038/s41598-025-96730-z.

The role of secondary metabolites in improving interactions between plants, herbivores and natural enemies

Nahid Vaez*
Plant Protection Department, Agriculture Faculty, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: naheedvaez@gmail.com

Abstract

Interactions between plants, herbivores, and their natural enemies are often formed by the evolution of plant secondary metabolites. In herbivore-plant coevolution, plants have evolved a wide range of defense mechanisms, including the production of secondary metabolites, to protect from herbivores, and herbivores have also evolved adaptive responses, including the ability to detoxify or the isolation of specific secondary metabolites to overcome plant defenses. Plant secondary metabolites play an effective role in attracting natural enemies of pests, such as predators and parasitoids, and indirectly play a role in plant defense against herbivores. These compounds, which are not directly involved in early plant growth, act as chemical signals that can attract natural enemies, thereby reducing their damage and potentially enhancing biological control. Understanding how secondary metabolites influence these interactions is important for developing sustainable pest management strategies.

Keywords: Attractant, plant-herbivore-natural enemy interaction, secondary metabolites, volatile compounds

مروری بر اثرات ضد پیری گیاه دارویی *Withania somnifera* L.

مهناز قوسی*
گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
*نویسنده مسئول: Ghowsi.mahnaz@gmail.com; Ghaousi.mahnaz@razi.ac.ir

چکیده

اثرات سودمند گیاه دارویی ویتانیا (*Withania somnifera* L.) روی سلامتی در برخی از مطالعات مورد بررسی قرار گرفته است. در فرآیند پیش‌رونده پیری، تغییرات سلولی و ملکولی مختلفی دخالت دارند که منجر به بیماری‌های مختلفی نظیر بیماری‌های تحلیل برنده عصبی، آسیب و تخریب غضروف و مفاصل و ابتلا به سرطان می‌شوند. اخیراً برخی از مطالعات به توانایی این گیاه در جلوگیری از برخی از تغییرات و فرآیندهای مرتبط با پیری اشاره کرده‌اند. با توجه به کمبود منابع علمی جامع در مورد این اثرات، این مقاله مروری نقش احتمالی ویتانیا در جلوگیری و رفع بعضی از این تغییرات را مورد بررسی قرار داده است. بر اساس نتایج مطالعات و یافته‌های آزمایشگاهی قبلی، ویتانیا دارای طیفی از اثرات ضد پیری است که ممکن است نتایج سودمندی در کاهش التهاب مزمن با درجه پایین مرتبط با پیری، بهبود مورفولوژی فیبرهای عضلانی و سارکوپنی، تحلیل بافت عصبی، داشتن خواب منظم، و بهبود وضعیت هورمونی در مردان داشته باشد و ممکن است به پیری سالم افراد کمک کند. با این وجود، انجام مطالعات بیشتر و دقیق‌تر در این زمینه لازم است.

واژه‌های کلیدی: آشواگاندا، اثرات آنتی‌اکسیدانی، اثرات ضد پیری، ویتانولیدها

مقدمه

پیری یک فرایند پیش‌رونده است که در آن از فعالیت فیزیولوژیکی فرد با گذشت زمان کاسته می‌شود و با مشخصه‌های سلولی و مولکولی گوناگونی تعریف می‌شود که به عوارض جسمی مختلفی مثل سارکوپنی، بیماری‌های قلبی-عروقی، آلزایمر، سرطان و... منجر می‌شوند (He, Tu, et al., 2018). طبق اطلاعات منتشر شده توسط انستیتو ملی پیری، جمعیت افراد ۶۵ ساله و بالاتر در جهان در سال ۲۰۰۶ حدود ۵۰۰ میلیون نفر بوده و تخمین زده شده که تعداد افراد این جمعیت تا سال ۲۰۳۰ به دو برابر افزایش یابد (Holvoet et al., 2022). بنابراین یافتن راه‌هایی برای جلوگیری از ایجاد بیماری‌های مرتبط با پیری نظیر دیابت نوع ۲، بیماری‌های قلبی-عروقی، آرتریت و بیماری‌های تحلیل برنده عصبی و بهبود سلامتی افراد سالمند ضروری است و اهمیت زیادی دارد (Holvoet et al., 2022). گیاه ویتانیا (پنیرباد یا گیلاس زمستانه) با نام علمی *Withania somnifera* L. دارای خواص دارویی بسیار زیادی است که در مطالعات حیوانی و انسانی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این گیاه، با نام‌های آشواگاندا و جینسنگ هندی نیز، شناخته می‌شود و از کلاس دولپه‌ای‌ها، راسته Solanales و تیره Solanaceae می‌باشد. این گیاه دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی قوی می‌باشد و می‌تواند از نورون‌ها در برابر رادیکال‌های آزاد محافظت کند (Kuboyama, Tohda, et al., 2014). این گیاه در نواحی نیمه گرمسیری رشد می‌کند. ریشه‌ها، برگ‌ها و میوه‌های این گیاه دارویی دارای اثرات آرام‌بخش، دیورتیک، و ضدالتهابی هستند و به منظور افزایش انرژی و استقامت مورد مصرف قرار می‌گیرند و محرک سیستم ایمنی و ضد

استرس هستند (Umadevi et al., 2012). فعالیت فارماکولوژیکی آنها به آلکالوئیدها (از جمله ایزوپلتیرین، آنافرین، آناهایجرین، کولین، تروپانول، سودوتروپانول، و...) و لاکتون‌های استروئیدی (ویتانوفرین‌ها، ویتانولیدها) نسبت داده می‌شود. در برگ‌های آن ویتانوفرین-A وجود دارد که از نظر درمانی فعال است. همچنین این گیاه حاوی ساپونین‌ها (سیتوایندوزید VII و VIII) می‌باشد. از نظر عوارض جانبی، مصرف بیش از حد آن موجب سقط جنین می‌شود و نباید با داروهای ضد اضطراب و آرام‌بخش مصرف شود. دوزهای بالای آن موجب اسهال و استفراغ می‌شود. ترکیبات آنتی‌اکسیدانی قوی این گیاه با پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد به کاهش تأثیر پیری بر شخص کمک می‌کنند (Umadevi et al., 2012). این مطالعه مروری به بررسی اثرات احتمالی ضد پیری گیاه دارویی ویتانیا می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

پایگاه داده‌های الکترونیکیMEDLINE–PubMed و Google scholar با استفاده از کلمات کلیدی *Withania somnifera*, Anti-aging effects, Antioxidant effects جستجو گردید و مطالعاتی که در مورد اثرات گیاه دارویی ویتانیا روی پیری، و تغییرات مرتبط با پیری در عضلات اسکلتی و جلوگیری از سارکوپنی، خستگی و بی خوابی به زبان انگلیسی چاپ شده بودند، مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

-تأثیر ویتانیا بر عضلات و مفاصل

پیری موجب از دست رفتن عضلات اسکلتی، کاهش قدرت عضلانی و عملکرد بدنی می‌شود. افراد پس از سن ۴۰ سالگی، در هر سال، یک تا ۲ درصد از حجم عضلانی خود را از دست می‌دهند (Panda et al., 2021). استرس اکسیداتیو در هنگام پیری افزایش می‌یابد و سنتز پروتئین در عضلات را کم می‌کند و موجب اختلال عملکرد میتوکندری‌ها می‌شود (Ábrigo et al., 2018). همچنین، سطوح آنزیم enzyme 5′-Adenosine monophosphate–activated protein kinase (AMPK) با پیری افزایش می‌یابد و مسئول آتروفی و از بین رفتن رشد عضلات در زمان پیری است زیرا این آنزیم ترجمه پروتئین و سنتز آن را تضعیف می‌کند (Panda et al., 2021). در یک مطالعه در موش‌های پیر ۲۰ ماهه نشان داده شد که مصرف عصاره اتانولی این گیاه به میزان ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز به مدت ۱۲ هفته، موجب افزایش توده عضلانی و بهبود مورفولوژی فیبرهای عضلانی شد و سطح سایتوکاین‌های پیش التهابی نظیر اینترلوکین-۶ (IL-6) و فاکتور نکروز دهنده تومور (TNF-α) را کاهش داد و بیان نشانگرهای آتروفی عضلانی را مهار نمود و نویسندگان پیشنهاد کردند که احتمالاً اثرات مصرف این عصاره با فعال‌سازی مسیرهای سیگنالینگی که از بقا و عملکرد عضله حمایت می‌کنند و التهاب مزمن همراه با پیری را کاهش می‌دهند، ارتباط داشته باشد (Ko et al., 2024). در اوستئوآرتریتی که با افزایش سن ایجاد می‌شود، محدودیت حرکات و تخریب غضروف‌های مفصلی و التهاب استخوان‌ها دیده می‌شود (Saha et al., 2024). یک مطالعه اثرات ویتافرین A در تعدیل microRNA-25 (miR-25) در کندروسیت‌های مفصلی خرگوش را بررسی کرد و نشان داد که این تیمار از طریق القاء بیان سیکلواکسیژناز ۲ (Cox2)، بیان miR-25 را افزایش داد. آنها پیشنهاد کردند که مصرف ویتافرین A ممکن است یک روش درمانی مفید برای درمان استئوآرتریت باشد (Kim & Kim, 2014).

-تأثیر ویتانیا بر اختلالات خواب مرتبط با پیری

یک فنوتیپ حفاظت شده بین دروزوفیلا ملانوگاستر (مگس سرکه) و انسان‌ها، خواب ضعیف در دوران پیری است و همانند انسان‌ها، در دروزوفیلاهای پیر نیز، خواب پیوسته از بین رفته و دوره‌های خواب بیشتر می‌شود اما طول زمان خواب کوتاه‌تر می‌گردد (Koh, Evans, Hendricks, et al., 2006). یک مطالعه در دروزوفیلاهای پیر نشان داد که عصاره اتانولی این گیاه، تکه‌تکه شدن خواب در مگس‌های پیر نر را کم کرد و هم در مگس‌های نر پیر و هم در مگس‌های ماده پیر، میزان خواب شبانه را افزایش داد. با این حال در آن مطالعه عصاره آبی ویتانیا چنین اثری نداشت. نویسندگان آن مطالعه نتیجه گرفتند که محتوای بالای ویتانولیدهای موجود در عصاره اتانولی، میانجی اثرات افزایش دهنده خواب این عصاره باشد (Holvoet et al., 2022).

-تأثیر ویتانیا بر وضعیت اکسیداتیو و التهاب مرتبط با پیری

التهاب مزمن با درجه پایین یک مشخصه پیری است که روی میتوکندری‌ها، اثرات مضری دارد (Dalle, Rossmeislova, & Koppo, 2017). در یک مطالعه، رت‌های در سنین ۱۲ تا ۱۳ ماه که معادل افراد با سن ۶۰ تا ۶۵ سال هستند، با عصاره استاندارد شده با دوز ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به صورت خوراکی تیمار شدند و قدرت گرفتن (grip strength) و قند خون آنها به صورت هفتگی بررسی شد. نتایج آن مطالعه نشان داد که مصرف این عصاره سطح قند خون را کم کرد و میزان تحمل گلوکز را افزایش داد و نویسندگان آن پیشنهاد کردند که ویتانولیدهای موجود در این عصاره، مسئول اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی ویتانیا باشند. در مطالعه آنها سطوح افزایش یافته پروتئین واکنش‌گر(C CRP)، IL-6، TNF-α، AMPK، مالون دی‌آلدهید و BaX که بر اثر پیری بالا رفته بود، با مصرف این عصاره کم شد و مصرف این عصاره سطح کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون و Bcl-2 را افزایش داد (Panda et al., 2021). یک پروتئین بنام NOD-like receptor protein 3 (NLRP3) یک تنظیم کننده کلیدی پاسخ ایمنی ذاتی است که الگوهای مولکولی همراه با پاتوژنز و آسیب که آغاز کننده پاسخ ایمنی التهابی ذاتی است را مشخص می‌کند. پروتئین‌های NLRP3 و فاکتور هسته‌ای-κB (NF-κB) در ایجاد بیماری‌های تحلیل برنده عصبی مرتبط با پیری مثل بیماری آلزایمر، نقش دارند (Liang et al., 2024). یک مطالعه نشان داده که در صورتی که سلول‌های SH-APP که قادر به بیان بیش از حد پروتئین پیش ساز آمیلوئید هستند، با ویتانیا تیمار شوند، باعث کاهش بیان NF-κB و IL-1β در این سلول‌ها می‌شود و در نتیجه، التهاب نورونی که یک عامل مهم در در ایجاد بیماری آلزایمر است، کاهش می‌یابد. همچنین آن مطالعه نشان داد که تیمار این سلول‌ها با ویتافرین A که یک لاکتون استروئیدی مشتق از گیاه ویتانیا است، موجب کاهش بیان آمیلوئید بتا می‌شود (Atluri et al., 2020).

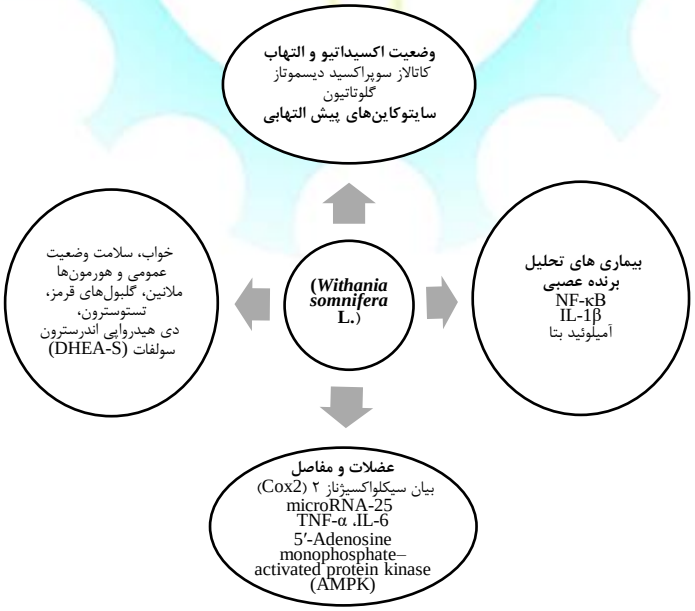
-تأثیر ویتانیا بر وضعیت سلامت عمومی بدن در افراد پیر

خستگی یک عارضه شایع در بین افراد پیر و حتی برخی جوانان است. علی‌رغم آن‌که خستگی یک نشانه مرکزی همراه با چندین بیماری و شرایط روانی و طبی است اما خستگی با منشأ ناشناخته نیز، روی خودمراقبتی فردی و کیفیت زندگی افراد تأثیرگذار است و خستگی زیاد، ممکن است یک پیش‌بینی کننده اولیه پیری باشد و شواهد مختلف حاکی از آن است که با افزایش سن، میزان خستگی خودگزارش شده نیز، افزایش می‌یابد (Lopresti, Drummond, et al., 2019). پس از سن چهل سالگی میزان تستوسترون مردان به اندازه ۲-۱ درصد و میزان دی هیدرواپی اندرسترون سولفات (DHEA-S) به میزان ۴-۱درصد در سال کم می‌شود. در بدن مردان، تستوسترون می‌تواند به استرادیول تبدیل شود. این سه هورمون نقش‌های مهمی در سلامت ذهنی و عملکرد قلبی-عروقی و

متابولیکی بازی می‌کنند (Lopresti et al., 2019) و حتی DHEA-S یک پیش‌بینی کننده طول عمر در مردان است (Enomoto et al., 2008). در این راستا، یک مطالعه در مردان سالم ۴۰ تا ۷۰ ساله نشان که مصرف مکمل عصاره آشواگاندا به صورت دانه‌هایی که حاوی ۶۰۰ میلی‌گرم از این عصاره بودند و ۲۱ میلی‌گرم گلیکوزید ویتانولید را به بدن می‌رساندند، با بهبود معنادار در میزان تستوسترون و DHEA-S بزاقی در مقایسه با دارونما همراه بود اما سطح کورتیزول و استرادیول تفاوت معناداری نداشت. همچنین، مصرف این عصاره، تأثیر معناداری روی علائم خستگی، قدرت یا سلامت جنسی یا روانی نداشت (Lopresti et al., 2019). در یک کارآزمایی بالینی دوسوکور، خواص ضد پیری این گیاه در ۱۰۱ مرد سالم (۵۰ تا ۵۹ ساله) ارزیابی شد. به افراد به مدت یک سال روزانه ۳ گرم از این گیاه داده شد و در این افراد، بهبود وضعیت نشستن، هموگلوبین، تعداد گلبول‌های قرمز و ملانین مو مشاهده گردید. همچنین، در آنها کاهش کلسترول سرم و حفظ کلسیم ناخن نیز، دیده شد (Prakash, Gupta, & Dinda, 2002).

نتیجه‌گیری

در کل، یافته‌های مطالعات مختلف قبلی به احتمال تأثیر مفید مصرف عصاره گیاه دارویی ویتانیا به عنوان یک مداخله طبیعی برای جلوگیری و درمان بیماری‌های مرتبط با پیری نظیر اوستئوآرتریت،سارکوپنی، التهاب مزمن با درجه کم، تحلیل بافت عصبی و ... اشاره کرده‌اند (شکل ۱). با این حال، بیشتر داده‌های به‌دست آمده در این زمینه، مربوط به مطالعات حیوانی و سلولی هستند و مطالعات بالینی انجام شده در این زمینه، کم و محدود هستند که موجب می‌شود نتیجه‌گیری ما دچار محدودیت شود و هنوز تحقیقات گسترده‌ای برای استانداردسازی و اعتبارسنجی مصرف این گیاه به عنوان یک عامل ضد پیری مورد نیاز است. لازم است که مطالعاتی انجام شود که در آنها اجزای مختلف عصاره‌های این گیاه مشخص شوند تا مواد خالص دارای فعالیت زیستی جدا شوند و ترکیباتی که اثرات ضد پیری و محافظتی دارند و مکانیسم‌های عمل آنها شناسایی شوند تا بتوان فرمولاسیون‌های مناسب با اثرات جانبی کم تهیه نمود. هم چنین لازم است که مطالعات انسانی با تعداد زیاد افراد شرکت کننده از جمعیت‌های مختلف و با دوزها و طول دوره‌های مصرف متفاوت انجام شود تا پتانسیل درمانی اثرات این گیاه دارویی مشخص گردد.



شکل ۱. اثرات ضدپیری احتمالی گیاه دارویی ویتانیا (*Withania somnifera* L.).

منابع

Ábrigo, J., Elorza, A. A., Riedel, C. A., Vilos, C., Simon, F., Cabrera, D., . . . Cabello-Verrugio, C. (2018). Role of oxidative stress as key regulator of muscle wasting during cachexia. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2018(1), 2063179.

Atluri, V. S. R., Tiwari, S., Rodriguez, M., Kaushik, A., Yndart, A., Kolishetti, N., . . . Nair, M. (2020). Inhibition of Amyloid-Beta production, associated neuroinflammation, and Histone Deacetylase 2-mediated epigenetic modifications prevent neuropathology in Alzheimer's disease in vitro Model. *Frontiers in aging neuroscience*, 11, 342.

Dalle, S., Rossmeislova, L., & Koppo, K. (2017). The role of inflammation in age-related sarcopenia. *Frontiers in physiology*, 8, 1045.

Enomoto, M., Adachi, H., Fukami, A., Furuki, K., Satoh, A., Otsuka, M., . . . Imaizumi, T. (2008). Serum dehydroepiandrosterone sulfate levels predict longevity in men: 27-year follow-up study in a community-based cohort (Tanushimaru study). *J Am Geriatr Soc*, 56(6), 994-998.

He, J., Tu, C., & Liu, Y. (2018). Role of lncRNAs in aging and age-related diseases. *Aging Medicine*, 1(2), 158-175.

Holvoet, H., Long, D. M., Law, A., McClure, C., Choi, J., Yang, L., . . . Stevens, J. F. (2022). Withania somnifera extracts promote resilience against age-related and stress-induced behavioral phenotypes in Drosophila melanogaster; a possible role of other compounds besides Withanolides. *Nutrients*, 14(19), 3923.

Kim, J.-H., & Kim, S.-J. (2014). Overexpression of microRNA-25 by withaferin A induces cyclooxygenase-2 expression in rabbit articular chondrocytes. *Journal of pharmacological sciences*, 125(1), 83-90.

Ko, J.-S., Chang, B.-Y., Choi, Y.-J., Choi, J.-S., Kwon, H.-Y., Lee, J.-Y., . . . Choung, S.-Y. (2024). Ashwagandha ethanol extract attenuates sarcopenia-related muscle atrophy in aged mice. *Nutrients*, 16(1), 157.

Koh, K., Evans, J. M., Hendricks, J. C., & Sehgal, A. (2006). A Drosophila model for age-associated changes in sleep: wake cycles. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(37), 13843-13847.

Kuboyama, T., Tohda, C., & Komatsu, K. (2014). Effects of Ashwagandha (roots of Withania somnifera) on neurodegenerative diseases. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 37(6), 892-897.

Liang, R., Qi, X., Cai, Q., Niu, L., Huang, X., Zhang, D., . . . Yang, P. (2024). The role of NLRP3 inflammasome in aging and age-related diseases. *Immunity & Ageing*, 21(1), 14.

Lopresti, A. L., Drummond, P. D., & Smith, S. J. (2019). A randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study examining the hormonal and vitality effects of ashwagandha (Withania somnifera) in aging, overweight males. *American journal of men's health*, 13(2), 1557988319835985.

Panda, V., Deshmukh, A., Hare, A., Singh, S., Hingorani, L., & Sudhamani, S. (2021). Effect of Withania somnifera hydroalcoholic extract and other dietary interventions in improving muscle strength in aging rats. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*, 12(4), 623-632.

Prakash, J., Gupta, S. K., & Dinda, A. K. (2002). Withania somnifera root extract prevents DMBA-induced squamous cell carcinoma of skin in Swiss albino mice. *Nutr Cancer*, 42(1), 91-97.

Saha, P., Ajgaonkar, S., Maniar, D., Sahare, S., Mehta, D., & Nair, S. (2024). Current insights into transcriptional role (s) for the nutraceutical Withania somnifera in inflammation and aging. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1370951.

Umadevi, M., Rajeswari, R., Rahale, C. S., Selvavenkadesh, S., Pushpa, R., Kumar, K. S., & Bhowmik, D. (2012). Traditional and medicinal uses of Withania somnifera. *The pharma innovation*, 1(9, Part A), 102.

A Review of the Anti-Aging Effects of the Medicinal Plant *Withania Somnifera* L.

Mahnaz Ghowsi*
Department of Biology, Razi University, Kermanshah, Iran
*Corresponding Author: Ghowsi.mahnaz@gmail.com;Ghaousi.mahnaz@razi.ac.ir

Abstract

The beneficial effects of the medicinal plant *Withania somnifera* L.on health have been investigated in some studies. In the progressive process of aging, various cellular and molecular changes are involved, leading to various diseases such as neurodegenerative diseases, damage and destruction of cartilage and joints, and cancer. Recently, some studies have pointed to the ability of this plant to prevent some of the changes and processes associated with aging. Considering the lack of comprehensive scientific sources on these effects, this review article summarized the possible role of *Withania* in preventing and reversing some of these changes. Based on the results of previous studies and laboratory findings, *Withania* has a range of anti-aging effects that may have beneficial results in reducing chronic low-grade inflammation associated with aging, improving muscle fiber morphology and sarcopenia, neurodegeneration having regular sleep, and improving hormonal status in men, and may contribute to healthy aging in individuals. However, more and more detailed studies are needed in this regard.

Keywords: Ashwagandha, Withanolides, Anti-aging effects, Antioxidant effects

نانوالقاگرها به عنوان ابزارهای نوین برای افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی

جواد کریمی*

استادیار فیزیولوژی گیاهی، بخش زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

*نویسنده مسئول: javadkarimi@shirazu.ac.ir

چکیده

متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی ترکیبات زیست فعالی هستند که به‌طور گسترده در صنایع دارویی، آرایشی و غذایی کاربرد دارند. با توجه به خواص درمانی این ترکیبات، تقاضا برای تولید آن‌ها در سطح جهانی رو به افزایش است. با این حال، روش‌های سنتی کشت گیاهان دارویی به دلیل نوسانات شرایط محیطی، دوره رشد طولانی و بهره‌وری پایین، توانایی تأمین پایدار این ترکیبات را ندارند. یکی از راه‌کارهای مؤثر برای افزایش تولید این ترکیبات، استفاده از القاگرها (elicitors) است؛ موادی که با تحریک پاسخ‌های دفاعی گیاه، تولید متابولیت‌های ثانویه را افزایش می‌دهند. در سال‌های اخیر، بهره‌گیری از فناوری نانو، به‌ویژه نانوالقاگرها، به عنوان رویکردی نوین و کارآمد در این زمینه مورد توجه قرار گرفته است. نانوالقاگرها شامل نانوذرات فلزی، کربنی، پلیمری و زیست‌فعال‌شده هستند که با نفوذ به سلول‌های گیاهی و تحریک مسیرهای دفاعی مانند تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)، افزایش بیان ژن‌های مرتبط و فعال‌سازی آنزیم‌های کلیدی، تولید ترکیبات مؤثره را بهبود می‌بخشند. تحقیقات متعدد، اثربخشی این نانوذرات را در گونه‌های مختلف گیاهان دارویی تأیید کرده‌اند. با وجود این، نگرانی‌هایی در زمینه سمیت، پایداری زیستی و اثرات زیست‌محیطی نانوذرات وجود دارد که نیازمند بررسی‌های دقیق‌تری است. این مقاله مروری با هدف بررسی انواع نانوالقاگرها، مکانیسم‌های عمل آن‌ها، کاربردهای آزمایشگاهی و صنعتی و همچنین چالش‌ها و چشم‌اندازهای آینده این فناوری در بهبود تولید ترکیبات دارویی گیاهی تهیه شده است.

واژه‌های کلیدی: القاگر، زیست‌فعال، گیاهان دارویی، نانوذرات، متابولیت‌های ثانویه

مقدمه

گیاهان دارویی از دیرباز نقش مهمی در طب سنتی و مدرن ایفا کرده‌اند و همواره به‌عنوان منابع طبیعی ارزشمند برای تولید ترکیبات زیست‌فعال مورد توجه بوده‌اند. این ترکیبات که با عنوان متابولیت‌های ثانویه شناخته می‌شوند، برخلاف متابولیت‌های اولیه (نظیر قندها، آمینواسیدها و اسیدهای نوکلئیک)، نقشی مستقیم در رشد و بقای اولیه گیاه ندارند، اما در پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی و برای دفاع در برابر آفات، بیماری‌ها و شرایط نامساعد محیطی، تولید می‌شوند. متابولیت‌های ثانویه مانند آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، ترپنوئیدها، تانن‌ها و ترکیبات فنولی، دارای طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های بیولوژیکی هستند و به همین دلیل در تولید داروهای ضدسرطان، ضدویروس، آنتی‌بیوتیک‌ها، ضدالتهاب‌ها و مکمل‌های غذایی و آرایشی کاربرد فراوانی یافته‌اند (Wink, 2015).

با این حال، تولید این ترکیبات در گیاهان دارویی به‌شدت تحت تأثیر شرایط محیطی، ژنتیک گیاه، مرحله رشد، نوع خاک، نور، رطوبت، آفات و دیگر عوامل تنشی قرار دارد. از طرف دیگر، اغلب گیاهان دارویی دارای دوره رشد طولانی هستند و بازدهی متابولیت‌های ثانویه آن‌ها در شرایط طبیعی پایین است. این امر باعث شده تا روش‌های سنتی

تولید و استخراج این ترکیبات، پاسخگوی نیاز فزاینده صنایع دارویی و بهداشتی نباشد و ضرورت توسعه روش‌های نوین و فناورانه برای افزایش کمیت و کیفیت آن‌ها احساس شود (Verpoorte et al., 2002).

در این راستا، استفاده از فناوری‌های نوین نظیر کشت سلولی و بافت گیاهی، مهندسی ژنتیک، زیست‌فناوری و اخیراً فناوری نانو، افق‌های جدیدی را در بهبود تولید متابولیت‌های ثانویه گشوده‌اند. یکی از راهبردهای برجسته در این زمینه، بهره‌گیری از القاگرها است، عوامل محرکی که با القای پاسخ‌های دفاعی در گیاه، موجب افزایش سنتز این ترکیبات ارزشمند می‌شوند (Akula & Ravishankar, 2011).

در سال‌های اخیر، کاربرد نانوالقاگرها (نانوذرات با خاصیت تحریک‌کننده متابولیت‌ها) به‌عنوان یک ابزار نوآورانه در مهندسی متابولیت‌های ثانویه مطرح شده است. این نانوذرات، به دلیل اندازه کوچک، سطح ویژه بالا و قابلیت نفوذ مؤثر به سلول‌های گیاهی، عملکرد بسیار کارآمدتری نسبت به القاگرهای مرسوم دارند و توانسته‌اند موجب بهبود قابل توجهی در تولید متابولیت‌های دارویی در گونه‌های مختلف گیاهی شوند (Rani et al.,2024).

در این مقاله، ضمن بررسی مبانی علمی تولید متابولیت‌های ثانویه و معرفی القاگرها، تمرکز اصلی بر نانوالقاگرها، انواع آن‌ها، مکانیسم‌های عمل، کاربردهای آزمایشگاهی و صنعتی، مزایا و چالش‌ها و در نهایت چشم‌انداز آینده این فناوری خواهد بود.

القاگرها: راهبردی مؤثر برای افزایش متابولیت‌های ثانویه

القاگرها ترکیبات شیمیایی یا فیزیکی هستند که با تحریک پاسخ‌های دفاعی گیاه، سنتز متابولیت‌های ثانویه را تقویت می‌کنند. این ترکیبات با فعال‌سازی گیرنده‌های غشای سلولی، افزایش یون‌های کلسیم، تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)و فعال‌سازی مسیرهای سیگنال‌دهی مانندMAPK، بیان ژن‌های مرتبط با تولید متابولیت‌های ثانویه را تنظیم می‌کنند (Zhao et al., 2005).

القاگرها به دو دسته زیستی و غیرزیستی تقسیم می‌شوند:

۱- القاگرهای زیستی

این ترکیبات از منابع زیستی مانند پلی‌ساکاریدهای قارچی (کیتین، کیتوسان)، لیپوپلی‌ساکاریدهای باکتریایی، پروتئین‌ها یا عصاره‌های میکروبی به‌دست می‌آیند. این مواد که اغلب در تعامل گیاه با میکروارگانیسم‌ها شناسایی شده‌اند، توانایی بالایی در تحریک مسیرهای دفاعی دارند (Jain et al., 2024).

۲- القاگرهای غیرزیستی

شامل عوامل فیزیکی (نور ماوراءبنفش، شوک دمایی، تنش اسمزی، میدان‌های مغناطیسی) و شیمیایی (فلزات سنگین مانند نقره و کبالت، نمک‌ها، اتانول، پراکسید هیدروژن، هورمون‌هایی مثل سالیسیلیک اسید، متیل‌جاسمونات و اسید آبسزیک) هستند. این عوامل در شرایط کنترل‌شده با دوزهای مشخص برای افزایش تولید متابولیت‌های ارزشمند بدون آسیب به گیاه استفاده می‌شوند (Zhao et al., 2005).

۳- مزایا و محدودیت‌ها

القاگرها به‌دلیل اثربخشی در تحریک متابولیت‌های ثانویه، به‌ویژه در کشت‌های سلولی و ریشه‌های مویین، مورد توجه‌اند. با این حال، محدودیت‌هایی مانند کنترل‌پذیری پایین (وابستگی پاسخ گیاه به گونه، شرایط رشد و غلظت)،

نیاز به دوزهای بالا (که ممکن است سمی باشد)، پایداری پایین (ناپایداری برخی القاگرهای زیستی در محیط‌های صنعتی) و آلودگی زیست‌محیطی (به‌ویژه از فلزات سنگین) کاربرد آن‌ها را محدود می‌کند (Rivero-Montejo et al., 2021). این چالش‌ها تحقیقات را به‌سوی توسعه نانوالقاگرها سوق داده است که با اثربخشی بیشتر، سمیت کمتر و پایداری بالاتر، راه‌کاری نوین برای غلبه بر محدودیت‌های القاگرهای سنتی ارائه می‌دهند.

نانوالقاگرها: تعریف و طبقه‌بندی

نانوالقاگرها نانوذراتی هستند که با تحریک مسیرهای دفاعی گیاهان، تولید متابولیت‌های ثانویه را در گیاهان دارویی افزایش می‌دهند (Prasad et .al., 2014). این نانوذرات به دلیل اندازه نانومتری، سطح تماس بالا، پایداری، نفوذ مؤثر و رهایش کنترل‌شده، نسبت به القاگرهای سنتی اثربخشی بیشتری با غلظت کمتر دارند (Bibi et al., 2023). نانوالقاگرها بر اساس ساختار و عملکرد به دسته‌های زیر تقسیم می‌شوند:

۱- نانوذرات فلزی و اکسید فلزی

شامل نقره، روی، مس و تیتانیوم دی‌اکسید، که با تولید گونه‌های فعال اکسیژن(ROS) و اختلال در تعادل اکسیداتیو، مسیرهای دفاعی و سنتز متابولیت‌ها را تحریک می‌کنند.

۲- نانوذرات کربنی

مانند نانولوله‌های کربنی و گرافن اکساید، که با تعامل با دیواره سلولی و آنزیم‌ها، مسیرهای بیوشیمیایی متابولیت‌های ثانویه را فعال می‌کنند (Husen, 2020).

۳- نانوذرات پلیمری

ساخته‌شده از پلیمرهایی مانند کیتوسان، که به‌عنوان القاگرهای زیست‌سازگار، تولید متابولیت‌هایی نظیر آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها را افزایش می‌دهند (Sreelakshmi, 2025. & Kalia).

۴- نانوذرات زیستی

نانوذراتی با پوشش عصاره‌های گیاهی یا زیست‌مولکول‌ها، که با سازگاری زیستی بالا، پاسخ‌های دفاعی را القا می‌کنند (Bibi et al., 2023).

مکانیسم عملکرد نانوالقاگرها در تحریک سنتز متابولیت‌های ثانویه

نانوالقاگرها با ورود به بافت گیاه، از طریق تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) مانند سوپراکسید و پراکسید هیدروژن، فعال‌سازی مسیرهای انتقال پیام (کینازها و پروتئین‌های پیام‌رسان) و القای بیان ژن‌های دفاعی و بیوسنتزی (مانند ژن‌های مسیرهای فنول‌پروپانوئید، موالونات و شیکیمات)، سیستم دفاعی گیاه را تحریک کرده و سنتز متابولیت‌های ثانویه را افزایش می‌دهند.

چالش‌ها و نگرانی‌های مرتبط با استفاده از نانوالقاگرها

نانوالقاگرها پتانسیل بالایی در بهینه‌سازی تولید متابولیت‌های دارویی دارند، اما موانعی شامل سمیت زیستی (آسیب به سلول‌های گیاهی، خاک یا انسان)، انباشتگی در گیاهان و محیط زیست (ورود به زنجیره غذایی)، نبود استانداردهای جهانی برای ایمنی و کارایی و هزینه‌های بالای تولید انبوه و مقیاس‌پذیری کاربرد آن‌ها را محدود می‌کند.

چشم‌انداز آینده

چشم‌انداز آینده نانوالقاگرها بر توسعه نانوذرات زیست‌سازگار، تجزیه‌پذیر و کم‌سمیت برای ایمنی محیط‌زیست و سلامت انسان متمرکز است. سامانه‌های رهایش هدفمند، استفاده از مهندسی ژنتیک و بیوانفورماتیک برای شناسایی ژن‌ها و مسیرهای مولکولی و تلفیق با کشاورزی دقیق، کارایی و دقت کاربردها را افزایش می‌دهد. پلتفرم‌های چند منظوره نیز با بهبود بازده محصول و کاهش اثرات زیست‌محیطی، کشاورزی هوشمند و پایدار را تقویت خواهند کرد (Khan & Rizvi, 2014).

نتیجه‌گیری

نانوالقاگرها به‌عنوان نانوذراتی با قابلیت تحریک سیستم دفاعی گیاه، ابزاری نوین و مؤثر برای افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی هستند. این فناوری با بهره‌گیری از ویژگی‌های منحصربه‌فرد نانوذرات، محدودیت‌های القاگرهای سنتی را کاهش داده و می‌تواند بازدهی و کیفیت ترکیبات زیست‌فعال را به‌طور چشمگیری افزایش دهد. با این حال، چالش‌هایی مانند سمیت زیستی، انباشتگی محیطی و هزینه‌های تولید نیازمند تحقیقات بیشتر و توسعه راهکارهای پایدار است. آینده نانوالقاگرها در ترکیب با فناوری‌های نوین و کشاورزی دقیق، چشم‌اندازی روشن برای تولید کارآمد و پایدار متابولیت‌های گیاهی فراهم می‌کند.

منابع

Akula, R., & Ravishankar, G. A. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant signaling & behavior*, *6*(11), 1720-1731.

Bibi, Y., Nisa, S., Zahara, K., & Qayyum, A. (2023). Nano Elicitors and Bioactive Plant Metabolites. In *Medicinal Plants: Microbial Interactions, Molecular Techniques and Therapeutic Trends* (pp. 279-310). Bentham Science Publishers.

Boudsocq, M., & Sheen, J. (2013). CDPKs in immune and stress signaling. *Trends in plant science*, *18*(1), 30-40.

Husen ,A. (2020). Carbon-based nanomaterials and their interactions with agricultural crops. *Elsevier Inc*, *50*, 199-218.

Jain, D., Bisht, S., Parvez, A., Singh, K., Bhaskar, P., & Koubouris, G. (2024). Effective biotic elicitors for augmentation of secondary metabolite production in medicinal plants. *Agriculture*, *14*(6), 796.

Kalia, A., & Sreelakshmi, M. (2025). Nanoelicitors: A Promising Strategy for Sustainable Crop Production Under Biotic Stress Conditions. In *Elicitors for Sustainable Crop Production: Overcoming Biotic Stress Challenges in Plants* (pp. 125-142). Springer.

Khan, M. R., & Rizvi, T. F. (2014). Nanotechnology: scope and application in plant disease management. *Plant Pathol J*, *13*(3), 214-231.

Ma, X., Geiser-Lee, J., Deng, Y., & Kolmakov, A. (2010). Interactions between engineered nanoparticles (ENPs) and plants: phytotoxicity, uptake and accumulation. *Science of the total environment*, *408*(16), 3053-3061.

Marslin, G., Sheeba, C. J., & Franklin, G. (2017). Nanoparticles alter secondary metabolism in plants via ROS burst. *Frontiers in plant science*, *8*, 832.

Prasad, R., Kumar, V., & Prasad, K. S. (2014). Nanotechnology in sustainable agriculture: present concerns and future aspects. *African journal of Biotechnology*, *13*(6), 705-713.

Rani, S., Kiran, Sharma, Y. P., Singh, A., Chaudhary, A., Kumar, P., & Sharma, R (2024). Nano-Elicitation in Medicinal and Aromatic Plants: Applications and Challenges. *Propagation to Pharmacopeia*, 225-253.

Rico, C. M., Majumdar, S., Duarte-Gardea, M., Peralta-Videa, J. R., & Gardea-Torresdey, J. L. (2011). Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain. *Journal of agricultural and food chemistry*, *59*(8), 3485-3498.

Rivero-Montejo, S. d. J., Vargas-Hernandez, M., & Torres-Pacheco, I. (2021). Nanoparticles as novel elicitors to improve bioactive compounds in plants. *Agriculture*, *11*(2), 134.

Verpoorte, R., Contin, A., & Memelink, J. (2002). Biotechnology for the production of plant secondary metabolites. *Phytochemistry reviews*, *1*(1), 13-25.

Wink, M. (2015). Modes of action of herbal medicines and plant secondary metabolites. *Medicines*, *2*(3), 251-286.

Zhao, J., Davis, L. C., & Verpoorte, R. (2005). Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. *Biotechnology advances*, *23*(4), 283-333.

Nano-elicitors as Emerging Tools for Enhanced Secondary Metabolite Production in Medicinal Plants

Javad Karimi*
Assistant Professor of Plant Physiology, Department of Biology, College of Science, Shiraz University, Shiraz, Iran
*Corresponding Author: javadkarimi@shirazu.ac.ir

Abstract

Secondary metabolites in medicinal plants are bioactive compounds widely used in pharmaceutical, cosmetic, and food industries. Due to their therapeutic properties, global demand for their production is steadily increasing. However, traditional cultivation methods of medicinal plants, due to environmental fluctuations, long growth periods, and low productivity, are unable to sustainably supply these compounds. One effective strategy to enhance their production is the use of elicitors—substances that stimulate plant defense responses, thereby increasing secondary metabolite synthesis. In recent years, the application of nanotechnology, particularly nano-elicitors, has gained attention as a novel and efficient approach in this field. Nano-elicitors include metallic, carbon-based, polymeric, and biofunctionalized nanoparticles that penetrate plant cells and stimulate defense pathways—such as the production of reactive oxygen species (ROS), upregulation of related gene expression, and activation of key enzymes—ultimately enhancing the biosynthesis of valuable compounds. Numerous studies have confirmed the effectiveness of these nanoparticles in various medicinal plant species. Nevertheless, concerns regarding their toxicity, biocompatibility, and environmental impact remain, warranting more thorough investigation. This review article aims to explore the types of nano-elicitors, their mechanisms of action, laboratory and industrial applications, as well as the challenges and future perspectives of this technology in improving the production of plant-derived medicinal compounds.

Keywords: Bioactive, Elicitor, Medicinal plants, Nanoparticles, Secondary metabolites

تکنیک‌های نوین کشاورزی و نقش آن‌ها در تجاری‌سازی گیاهان دارویی

جواد کریمی*

استادیار فیزیولوژی گیاهی، بخش زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

*نویسنده مسئول: javadkarimi@shirazu.ac.ir

چکیده

گیاهان دارویی به دلیل دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال و خواص درمانی متعدد، از اهمیت بالایی در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی برخوردارند. با افزایش تقاضای جهانی برای این محصولات، بهبود روش‌های کشت، برداشت و فرآوری جهت افزایش کیفیت، بازدهی و استانداردسازی محصولات ضروری است. تکنیک‌های نوین کشاورزی مانند کشاورزی دقیق، کشت بدون خاک (هیدروپونیک و آئروپونیک)، کشت بافت و زیست فناوری، استفاده از سیستم‌های آبیاری هوشمند و بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال از جمله اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی، نقش مهمی در بهینه‌سازی تولید و کاهش مصرف منابع دارند. همچنین، استفاده از القاگرها به منظور تحریک تولید متابولیت‌های ثانویه و به‌کارگیری بیوراکتورها برای افزایش عملکرد کشت‌های درن شیشه‌ای از جمله فناوری‌های مؤثر در افزایش کیفیت و کمیت محصولات گیاهان دارویی است. علاوه بر این، استانداردسازی فرآورده‌ها، بسته‌بندی مناسب و بازاریابی علمی و هدفمند، از عوامل کلیدی در موفقیت تجاری این محصولات به شمار می‌روند. بررسی بازار جهانی گیاهان دارویی نشان می‌دهد که این صنعت در حال رشد سریع بوده و با افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان نسبت به محصولات طبیعی و ارگانیک، فرصت‌های متعددی برای توسعه صادرات و تولید داخلی فراهم شده است. این مقاله مروری با تحلیل فناوری‌های نوین کشاورزی و فرآوری، تأثیر آن‌ها بر کیفیت، عملکرد، قابلیت عرضه و جایگاه بازار گیاهان دارویی را بررسی می‌کند. همچنین، چالش‌ها، فرصت‌ها و چشم‌اندازهای توسعه پایدار و تجاری‌سازی این محصولات در فضای رقابتی امروز مورد بحث قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: تجاری‌سازی، تکنیک‌های نوین کشاورزی، زیست‌فناوری، گیاهان دارویی، کشاورزی دقیق

مقدمه

گیاهان دارویی به عنوان یکی از منابع ارزشمند زیستی، قرن‌ها است که در طب سنتی و بومی جوامع مختلف برای درمان انواع بیماری‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. امروزه با افزایش آگاهی مردم نسبت به عوارض جانبی داروهای شیمیایی، توجه به درمان‌های جایگزین و استفاده از فرآورده‌های طبیعی، به‌ویژه گیاهان دارویی، به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است. این گرایش، موجب گسترش بازار جهانی فرآورده‌های گیاهی و رشد چشم‌گیر تقاضا در صنایع دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی شده است (Gurib-Fakim, 2006; Marcelino *et al.*, 2023).

با این حال، تولید گیاهان دارویی با چالش‌هایی همراه است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به نوسانات کیفیت مواد مؤثره، عملکرد پایین مزارع سنتی، وابستگی به شرایط اقلیمی، عدم استانداردسازی ترکیبات زیست‌فعال و نبود زنجیره ارزش یکپارچه اشاره کرد. این محدودیت‌ها نه‌تنها توان رقابتی تولیدکنندگان را کاهش می‌دهند بلکه مانعی جدی در مسیر تجاری‌سازی و صادرات این محصولات محسوب می‌شوند (Raju & Das, 2024).

در پاسخ به این چالش‌ها، فناوری‌های نوین کشاورزی نظیر کشاورزی دقیق، کشت‌های بدون خاک، کشت بافت، زیست‌فناوری، استفاده از اینترنت اشیاء[1]، هوش مصنوعی[2] و سیستم‌های هوشمند مدیریت منابع، به عنوان راه‌کارهایی نوظهور برای افزایش بهره‌وری، ارتقای کیفیت، کنترل متغیرهای محیطی و تسهیل استانداردسازی محصولات دارویی مورد توجه قرار گرفته‌اند. این فناوری‌ها نه‌تنها موجب کاهش هزینه‌های تولید و مصرف منابع می‌شوند، بلکه زمینه را برای توسعه پایدار و ورود موفق به بازارهای بین‌المللی فراهم می‌سازند (Singh *et al.*, 2025; Tripathi, 2025). بنابراین، بررسی نقش و تأثیر تکنیک‌های نوین کشاورزی در بهبود فرآیند تولید و تجاری‌سازی گیاهان دارویی، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر در مسیر توسعه اقتصادی و سلامت جوامع محسوب می‌شود.

کشاورزی دقیق و نقش آن در تولید گیاهان دارویی

کشاورزی دقیق[3]، یک رویکرد مدیریتی نوین در سیستم‌های کشاورزی است که هدف آن بهینه‌سازی کاربرد نهاده‌ها و افزایش بهره‌وری با استفاده از فناوری‌های پیشرفته است. این فناوری‌ها شامل سنسورهای محیطی، سامانه موقعیت‌یابی جهان[4]، تصاویر ماهواره‌ای یا پهپادی، نرم‌افزارهای تحلیل داده و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی[5] می‌باشند که همگی در جهت پایش لحظه‌ای شرایط خاک، گیاه و آب و به‌کارگیری دقیق و متناسب نهاده‌ها عمل می‌کنند (Getahun et al., 2024).

در تولید گیاهان دارویی که کیفیت ماده مؤثره تحت‌تأثیر شدید عوامل محیطی، زمان برداشت، میزان آب و تغذیه قرار دارد، کشاورزی دقیق نقش مهم‌تری نسبت به سایر محصولات ایفا می‌کند. به‌عنوان مثال، کنترل دقیق میزان رطوبت خاک و دمای محیط می‌تواند منجر به افزایش غلظت متابولیت‌های ثانویه مانند فلاونوئیدها، آلکالوئیدها و ترپنوئیدها شود که تأثیر مستقیم بر ارزش دارویی محصول دارند (Pant et al., 2021). از دیگر مزایای کشاورزی دقیق در این حوزه، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی

با استفاده از سیستم‌های پایش تغذیه‌ای که مبتنی بر سنجش‌های دقیق و داده‌های آنی از وضعیت خاک و گیاه هستند، اعمال کود یا سم تنها در بخش‌هایی از مزرعه انجام می‌گیرد که واقعاً به آن نیاز دارند. این روش موجب می‌شود از مصرف بیش از حد نهاده‌های شیمیایی جلوگیری شود. در نتیجه، نه‌تنها سلامت گیاه حفظ می‌شود و از بروز تنش‌های تغذیه‌ای یا سمیت ناشی از کوددهی بیش از حد جلوگیری می‌گردد، بلکه با کاهش ورود مواد شیمیایی به خاک و آب‌های زیرزمینی، آثار مخرب زیست‌محیطی نیز به حداقل می‌رسد. به‌علاوه، این شیوه موجب صرفه‌جویی اقتصادی در مصرف نهاده‌ها و افزایش پایداری سیستم تولید نیز خواهد شد (Mulla, 2013).

۲- پایش رشد گیاه و زمان بهینه برداشت

استفاده از تصاویر طیفی و دوربین‌های حرارتی به‌عنوان ابزارهای غیرمخرب در کشاورزی دقیق، امکان پایش وضعیت فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان دارویی را در مقیاس مزرعه فراهم می‌سازد. این فناوری‌ها قادرند تغییرات در

1. IoT: Internet of Things
2. AI: Artificial Intelligence
3. Precision Agriculture
4. GPS: Global Positioning System
5. GIS: Geographic Information System

بازتاب نور از سطح برگ‌ها را در طول موج‌های خاص (مانند محدوده قرمز، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز حرارتی) ثبت کنند که با وضعیت تغذیه‌ای، میزان کلروفیل، تنش آبی و میزان تجمع ترکیبات ثانویه گیاهی همبستگی دارد (Peñuelas & Filella, 1998; Pineda et al., 2020).

در مورد گیاهان دارویی، این داده‌ها می‌توانند اطلاعات دقیقی درباره زمان بهینه برداشت ارائه دهند، زمانی که گیاه حداکثر میزان ترکیبات دارویی مؤثره مانند فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، ساپونین‌ها یا اسانس‌ها را تولید کرده است. به‌عنوان مثال، مشخص شده است که برخی از گونه‌ها مانند *Matricaria chamomilla* (بابونه) دارای نوسانات معنی‌داری در ترکیبات مؤثره طی مراحل رشد هستند، که با تحلیل‌های طیفی می‌توان آن‌ها را دقیقاً تشخیص داد (Baranowski et al., 2012; Mahgoub et al., 2020). همچنین، استفاده از دوربین‌های حرارتی به شناسایی تنش‌های گرمایی یا آبی کمک کرده و می‌تواند به بهینه‌سازی آبیاری و زمان برداشت کمک کند؛ زیرا تنش‌های محیطی مستقیماً بر بیوسنتز ترکیبات دارویی مؤثر هستند. این تکنیک‌ها نه‌تنها موجب بهبود کیفیت محصول می‌شوند، بلکه قابلیت استانداردسازی، کاهش ضایعات و افزایش ارزش اقتصادی را نیز فراهم می‌کنند.

۳- کاهش هزینه‌های تولید و افزایش سود اقتصادی

یکی از مزایای کلیدی کشاورزی دقیق، کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزایش بازده اقتصادی است. با بهره‌گیری از فناوری‌هایی مانند حس‌گرهای هوشمند، سامانه‌های موقعیت‌یابی، کاربرد متغیر نرخ و داده‌کاوی، مصرف نهاده‌هایی مانند آب، کود، بذر و آفت‌کش بهینه می‌شود. این امر مستقیماً موجب کاهش هزینه‌های تولید در واحد سطح می‌شود (Getahun et al., 2024; Soussi et al., 2024).

علاوه بر کاهش مصرف منابع، افزایش دقت در کنترل عوامل محیطی و رشد بهینه گیاهان منجر به تولید محصولاتی با کیفیت بالاتر و یکنواخت‌تر می‌شود که از لحاظ دارویی یا آرایشی دارای ارزش تجاری بالاتری هستند. در نتیجه، کشاورز یا تولیدکننده می‌تواند با همان مقدار زمین، محصولاتی با ارزش افزوده بیشتر، با خواص دارویی قابل استانداردسازی، تولید و عرضه کند. از سوی دیگر، به دلیل پایش مستمر و دقیق در کشاورزی دقیق، ضایعات تولید ناشی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی، بیماری‌های گیاهی، برداشت نادرست یا استفاده‌ی بیش از حد از نهاده‌ها، به حداقل می‌رسد. این مسأله نه‌تنها بازده اقتصادی را افزایش می‌دهد بلکه موجب افزایش رقابت‌پذیری در بازارهای داخلی و بین‌المللی نیز خواهد شد (Getahun et al., 2024).

در مجموع، کشاورزی دقیق می‌تواند ساختار هزینه‌ای را به نفع کشاورز تغییر دهد و مسیر را برای تولید پایدار و مبتنی بر دانش هموار سازد. در کنار این موارد، استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای پیش‌بینی بیماری‌ها، تنش‌ها و نیازهای گیاهان دارویی در کشاورزی دقیق در حال گسترش است که آینده‌ای امیدوارکننده برای تلفیق علم داده و کشاورزی پایدار ترسیم می‌کند.

کشت بدون خاک: هیدروپونیک و آئروپونیک

کشت‌های بدون خاک مانند هیدروپونیک[1] و آئروپونیک[2]، با حذف بستر خاک، امکان کنترل کامل بر عوامل محیطی مانند pH، دما، رطوبت، نور و ترکیب دقیق مواد غذایی را فراهم می‌سازند. در این روش‌ها، گیاهان به‌طور

1. Hydroponics
2. Aeroponics

مستقیم در محلول غذایی یا در محیطی مه‌پاشی‌شده رشد می‌کنند که باعث افزایش جذب عناصر غذایی، رشد سریع‌تر، یکنواختی محصول و کاهش تنش‌های زیستی و غیرزیستی می‌شود. در زمینه گیاهان دارویی، کنترل دقیق مواد غذایی می‌تواند مستقیماً بر بیوسنتز ترکیبات ثانویه مؤثر دارویی مانند فنل‌ها، آلکالوئیدها و اسانس‌ها تأثیرگذار باشد. از دیگر مزایای مهم این سیستم‌ها، می‌توان به کاهش مصرف آب (تا ۹۰ درصد نسبت به کشت سنتی)، جلوگیری از آلودگی‌های خاکی و بیماری‌های مرتبط، و امکان کشت در محیط‌های شهری یا اقلیم‌های نامناسب اشاره کرد (Nooriyan et al.).

علاوه بر این، به دلیل قابلیت تولید چند دوره در سال و تراکم بالاتر کشت، این فناوری‌ها می‌توانند بهره‌وری اقتصادی را به شکل چشم‌گیری افزایش دهند، به‌ویژه در شرایطی که زمین کشاورزی محدود یا غیرقابل استفاده است.

کشت بافت و زیست‌فناوری گیاهی

کشت بافت گیاهی[1] تکنیکی است که امکان تکثیر انبوه، تولید گیاهان عاری از بیماری و حفظ ذخایر ژنتیکی (ژرم‌پلاسم) را در شرایط کاملاً کنترل‌شده آزمایشگاهی فراهم می‌سازد. در گیاهان دارویی، این روش به‌ویژه برای تولید ترکیبات زیست‌فعال با ارزش درمانی بالا، نظیر آرتمیسینین، تاکسول و اسید رزمارینیک به کار می‌رود (Kintzios, 2008; Roy, 2024).

بیوراکتورها در این زمینه نقش کلیدی دارند. آن‌ها امکان تولید در مقیاس صنعتی را با کنترل دقیق شرایط فیزیکوشیمیایی فراهم می‌کنند و موجب افزایش عملکرد، یکنواختی و ایمنی محصول می‌شوند. برای مثال، استفاده از بیوراکتورهای غوطه‌وری موقت یا بیوراکتورهای هوادهی‌شده، می‌تواند بازدهی تولید متابولیت‌های ثانویه در کشت‌های تعلیقی یا کالوس را به چند برابر افزایش دهد (Das et al., 2025). در کنار آن، فناوری‌های مهندسی ژنتیک و ویرایش ژنوم مانند CRISPR/Cas9 به‌منظور بهبود صفاتی چون تحمل به تنش، افزایش تولید ترکیبات مؤثره و کاهش ترکیبات ناخواسته در گیاهان دارویی در حال استفاده هستند. این ابزارها مسیر جدیدی برای توسعه گیاهان دارویی اصلاح‌شده و با عملکرد بالا گشوده‌اند (Naik et al., 2023).

نقش القاگرها در افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه

القاگرها (Elicitors) موادی هستند که با تحریک مسیرهای دفاعی در گیاه، باعث افزایش بیوسنتز ترکیبات ثانویه می‌شوند؛ ترکیباتی که غالباً دارای خواص دارویی، آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی یا ضدسرطانی هستند. این مواد می‌توانند منشأ زیستی (مثل مخمر، قارچ، باکتری) یا غیرزیستی (مثل یون‌های فلزی، نور UV یا جیبرلین‌ها) داشته باشند (Alvarado et al., 2019).

در کشت‌های سلولی و بافتی، کاربرد دقیق و کنترل‌شده القاگرها مانند متیل‌جاسمونات و سالیسیلیک اسید می‌تواند تولید متابولیت‌های مهمی نظیر شیکونین، اسید رزمارینیک، و آنتوسیانین‌ها را بدون نیاز به اصلاح ژنتیکی یا تغییرات گسترده در مسیرهای رشد، تا چندین برابر افزایش دهد. از آن‌جا که کیفیت دارویی گیاهان دارویی وابسته به غلظت و نوع متابولیت‌های فعال آن‌هاست، استفاده از القاگرها به‌عنوان یک استراتژی هوشمند در افزایش ارزش دارویی و تجاری این گیاهان در حال گسترش است (Jeyasri et al., 2023).

1. Plant Tissue Culture

دیجیتال‌سازی و هوشمندسازی در کشاورزی گیاهان دارویی

دیجیتال‌سازی در کشاورزی با ترکیب فناوری‌هایی چون اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی کاملاً بهینه شده، یادگیری ماشین (ML)، پردازش تصویر و کلان‌داده‌ها (Big Data)، انقلابی در مدیریت مزرعه و گلخانه ایجاد کرده است. در مورد گیاهان دارویی، این فناوری‌ها به کشاورزان امکان می‌دهند تا وضعیت سلامت گیاهان، نیازهای تغذیه‌ای، شدت نور، دما، آفات و بیماری‌ها را به‌صورت بلادرنگ پایش و تحلیل کنند (Sharma & Shivandu, 2024). در گلخانه‌های هوشمند، حسگرها و سامانه‌های اتوماسیون، داده‌هایی مانند میزان رطوبت، CO_2، سطح نور، دمای محیط و EC محلول غذایی را ثبت کرده و به صورت خودکار شرایط رشد را تنظیم می‌کنند (Abdel-Basset et al., 2024).

هوش مصنوعی نیز می‌تواند با تحلیل الگوهای رشد، بهینه‌ترین زمان برداشت، آبیاری یا تغذیه را پیشنهاد دهد و از بروز تنش‌ها یا کاهش عملکرد جلوگیری کند. از طرف دیگر، یادگیری ماشین به کمک الگوریتم‌های تشخیص تصویر، قابلیت شناسایی زودهنگام بیماری‌ها یا کمبودهای تغذیه‌ای را فراهم کرده و به تصمیم‌گیری مبتنی بر داده کمک می‌کند. این ابزارها به‌ویژه در تولید گیاهان دارویی که کیفیت شیمیایی و زیستی آن‌ها بسیار حساس به شرایط رشد است، اهمیت بالایی دارند (AlZubi & Galyna, 2023).

فرآوری، استانداردسازی و بسته‌بندی محصولات

فرآوری دقیق گیاهان دارویی پس از برداشت، گامی حیاتی در زنجیره ارزش است. خشک‌کردن کنترل‌شده، به‌ویژه با استفاده از فناوری‌های کم‌دما یا خشک‌کن‌های مادون قرمز، باعث حفظ ترکیبات حساس گیاه می‌شود (Thakur et al., 2025). استخراج ترکیبات مؤثره نیز از طریق روش‌هایی مانند استخراج با حلال، استخراج فوق‌بحرانی CO_2، یا تکنیک‌های سبز مانند اولتراسونیک و میکروموج انجام می‌گیرد. پس از استخراج، برای خالص‌سازی و استانداردسازی ترکیبات زیست‌فعال، از ابزارهایی مانند کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا[1]، کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی[2]، و طیف‌سنجی تبدیل فوریه فروسرخ[3] استفاده می‌شود تا محصولات نهایی دارای کیفیت ثابت، خلوص بالا و قابل‌ردیابی باشند (Yıldırım et al., 2024).

بسته‌بندی محصولات گیاهی، چه به‌صورت خام و چه به‌صورت فرموله‌شده، باید در برابر نور، رطوبت، اکسیژن و آلودگی‌های زیستی مقاوم باشد. استفاده از بسته‌بندی‌های زیست‌تخریب‌پذیر و هوشمند (که مثلاً تغییر رنگ می‌دهند یا سطح اکسیژن را کنترل می‌کنند)، به حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری محصول کمک می‌کند و در بازارهای صادراتی امتیاز رقابتی به شمار می‌آید (Sani et al., 2021).

بازاریابی و تجاری‌سازی علمی

تجاری‌سازی موفق گیاهان دارویی نیازمند درک صحیح از ساختار بازار، رقبا، تقاضا، و سلیقه مصرف‌کننده است. استفاده از تحقیقات بازار، تحلیل زنجیره تأمین، و ارزش‌یابی محصول، به تولیدکننده کمک می‌کند تا تصمیم‌گیری بهتری در خصوص نوع فرآورده، قیمت‌گذاری و کانال‌های توزیع داشته باشد (Hishe et al., 2016).

1. HPLC: High-Performance Liquid Chromatography
2. GC-MS: Gas Chromatography-Mass Spectrometry
3. FTIR: Fourier-transform infrared spectroscopy

بازاریابی علمی شامل ایجاد برند، طراحی بسته‌بندی جذاب و قابل اعتماد، ارائه اطلاعات علمی درباره مزایا و اثربخشی محصول، و رعایت الزامات قانونی و استانداردهای بین‌المللی (مانند GMP و ISO) است (Gupta, 2018). ابزارهای دیجیتال مارکتینگ مانند بازاریابی در شبکه‌های اجتماعی، تبلیغات هدفمند آنلاین، بازاریابی محتوایی و SEO، نقش مهمی در افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان و گسترش بازار دارند (Bala & Verma, 2018).

همچنین، شرکت در نمایشگاه‌های تخصصی، رویدادهای صادراتی، و شبکه‌سازی با صنایع دارویی، آرایشی و غذایی می‌تواند به انعقاد قراردادهای توزیع یا تولید مشترک کمک کند. استفاده از فناوری ردیابی (مانند QR Code برای اصالت‌سنجی) نیز در بازارهای خارجی یک مزیت محسوب می‌شود (Bandara & Katukurunda, 2024).

فرصت‌ها و چالش‌های پیش‌رو

۱- فرصت‌ها

۱-۱- رشد بازار جهانی فرآورده‌های طبیعی

افزایش گرایش جهانی به استفاده از محصولات طبیعی، به‌ویژه در حوزه‌های دارویی، آرایشی و بهداشتی و همچنین کشاورزی، فرصت‌های ارزشمندی را برای توسعه و تجاری‌سازی این فرآورده‌ها فراهم کرده است. این روند ناشی از نگرانی‌های زیست‌محیطی، عوارض جانبی محصولات شیمیایی و افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان نسبت به سلامت و پایداری منابع است (Raju & Das, 2024).

۱-۲- افزایش آگاهی مصرف‌کننده نسبت به محصولات ارگانیک

مصرف‌کنندگان به‌طور فزاینده‌ای به اثرات زیست‌محیطی و سلامت‌محور محصولات توجه دارند، که این موضوع باعث رشد تقاضا برای فرآورده‌های طبیعی شده است.

۱-۳- پتانسیل بالای صادرات در کشورهای در حال توسعه

بسیاری از کشورهای در حال توسعه با داشتن تنوع زیستی بالا، می‌توانند از این مزیت برای تولید و صادرات محصولات طبیعی بهره‌برداری کنند.

۲- چالش‌ها

۲-۱- نبود سیاست‌گذاری یکپارچه

فقدان چارچوب‌های قانونی مشخص و نبود هماهنگی میان نهادهای ذی‌ربط، توسعه پایدار این حوزه را با مشکل مواجه کرده است.

۲-۲- کمبود دانش فنی در سطح تولیدکنندگان محلی

عدم دسترسی به آموزش‌های تخصصی و فناوری‌های نوین، کیفیت و کمیت تولید را محدود می‌سازد.

۲-۳- نوسانات کیفیت و عدم وجود استانداردهای بین‌المللی واحد

نبود استانداردهای یکپارچه برای فرآورده‌های طبیعی، مانعی جدی در مسیر صادرات و پذیرش جهانی این محصولات به‌شمار می‌آید.

نتیجه‌گیری

تکنیک‌های نوین کشاورزی شامل کشاورزی دقیق، کشت بدون خاک، کشت بافت و بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال مانند اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی، نقش اساسی در افزایش کمیت و کیفیت تولید گیاهان دارویی دارند. این فناوری‌ها با بهینه‌سازی مصرف منابع، افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه ارزشمند و کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی، امکان تولید پایدار و رقابت‌پذیری جهانی این محصولات را فراهم می‌کنند. همچنین، استفاده از القاگرها و بیوراکتورها باعث ارتقای عملکرد و کیفیت محصولات می‌شود. فرآوری استاندارد، بسته‌بندی مناسب و بازاریابی علمی، به موفقیت تجاری گیاهان دارویی کمک می‌کنند. با وجود فرصت‌های گسترده ناشی از رشد بازار جهانی و افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان نسبت به محصولات طبیعی، تحقق کامل پتانسیل این فناوری‌ها نیازمند همکاری مؤثر میان بخش‌های تحقیقاتی، سیاست‌گذاری، صنعت و سرمایه‌گذاری است. چشم‌انداز آینده بر پایه توسعه فناوری، آموزش تخصصی و سیاست‌های حمایتی، نویدبخش رشد پایدار و جایگاه رقابتی قوی در بازار جهانی گیاهان دارویی است.

منابع

Abdel-Basset, M., Hawash, H., & Abdel-Fatah, L. (2024). *Artificial intelligence and internet of things in smart farming*. CRC Press.

Alvarado, A. M., Aguirre-Becerra, H., Vázquez-Hernández, M. C., Magaña-Lopez, E., Parola-Contreras, I., Caicedo-Lopez, L. H., Contreras-Medina, L. M., Garcia-Trejo, J. F., Guevara-Gonzalez, R. G., & Feregrino-Perez, A. A. (2019). Influence of elicitors and eustressors on the production of plant secondary metabolites. In *Natural Bio-active Compounds: Volume 1: Production and Applications* (pp. 333-388). Springer.

AlZubi, A. A., & Galyna, K. (2023). Artificial intelligence and internet of things for sustainable farming and smart agriculture. *IEEE access*, *11*, 78686-78692.

Bala, M., & Verma, D. (2018). A critical review of digital marketing. *International Journal of Management, IT and Engineering*, *8*(10), 321-339.

Bandara, K., & Katukurunda, K. (2024). Exploring the Blockchain's Green Revolution in Medicinal Plant Supply Chains (Blossoming Trust)–A Review. *Journal of Agriculture and Value Addition*, *7*(2).

Baranowski, P., Mazurek, W., Wozniak, J., & Majewska, U. (2012). Detection of early bruises in apples using hyperspectral data and thermal imaging. *Journal of Food Engineering*, *110*(3), 345-355.

Das, S., Manna, D., Mondal, T., & Mondal, P. (2025). Advanced Systems and Bioreactors for Large-Scale Secondary Metabolite Production in Medicinal Plants. In *Biotechnology, Multiple Omics, and Precision Breeding in Medicinal Plants* (pp. 341-354). CRC Press.

Getahun, S., Kefale, H., & Gelaye, Y. (2024). Application of precision agriculture technologies for sustainable crop production and environmental sustainability: A systematic review. *The Scientific World Journal*, *2024*(1), 2126734.

Gupta, K. (2018). Product management practices: a study of scientific goods industry in Ambala. *Gupta, Karnika and Garg, Ishu (2018)," Product Management Practices: A Study of Scientific Goods Industry in Ambala", Apeejay Journal of Management & Technology*, *13*(2), 27-36.

Gurib-Fakim, A. (2006). Medicinal plants: traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Molecular aspects of Medicine*, *27*(1), 1-93.

Hishe, M., Asfaw, Z., & Giday, M. (2016). Review on value chain analysis of medicinal plants and the associated challenges. *Journal of Medicinal Plants Studies*, *4*(3), 45-55.

Jeyasri, R., Muthuramalingam, P., Karthick, K., Shin, H., Choi, S. H., & Ramesh, M. (2023). Methyl jasmonate and salicylic acid as powerful elicitors for enhancing the production of secondary metabolites in medicinal plants: an updated review. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, *153*(3), 447-458.

Kintzios, S. (2008). Secondary metabolite production from plant cell cultures: the success stories of rosmarinic acid and taxol. *Bioactive molecules and medicinal plants*, 85-100.

Mahgoub, Y. A., Shawky, E., Darwish, F. A., El Sebakhy, N. A., & El-Hawiet, A. M. (2020). Near-infrared spectroscopy combined with chemometrics for quality control of German chamomile (Matricaria recutita L.) and detection of its adulteration by related toxic plants. *Microchemical Journal*, *158*, 105153.

Marcelino, S., Hamdane, S., Gaspar, P. D., & Paço, A. (2023). Sustainable agricultural practices for the production of medicinal and aromatic plants: evidence and recommendations. *Sustainability*, *15*(19), 14095.

Mulla, D. J. (2013). Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems engineering*, *114*(4), 358-371.

Naik, B. J., Vasamsetti, B. M. K., Kim, S.-C., Gunti, M., Swamy, M. K., & Mekapogu, M. (2023). Genome editing in medicinal plants using CRISPR/Cas9 tool. In *Phytochemical genomics: plant metabolomics and medicinal plant genomics* (pp. 571-589). Springer.

Nooriyan, S., Bidgolib, R. D., & TUNÇ, Y. Enhancing Medicinal Plant Yield through Optimization in Greenhouses and Controlled Environments: A Review.

Pant, P., Pandey, S., & Dall'Acqua, S. (2021). The influence of environmental conditions on secondary metabolites in medicinal plants: A literature review. *Chemistry & Biodiversity*, *18*(11), e2100345.

Peñuelas, J., & Filella, I. (1998). Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. *Trends in plant science*, *3*(4), 151-156.

Pineda, M., Barón, M., & Pérez-Bueno, M.-L. (2020). Thermal imaging for plant stress detection and phenotyping. *Remote Sensing*, *13*(1), 68.

Raju, S., & Das, M. (2024). Medicinal plants industry in India: Challenges, opportunities and sustainability.

Roy, S. (2024). Plant Tissue Culture as an Effective Tool for Virus-Free Medicinal Plant Production. *Tissue Culture Techniques and Medicinal Plants*, 162-191.

Sani, M. A., Azizi-Lalabadi, M., Tavassoli, M., Mohammadi, K., & McClements, D. J. (2021). Recent advances in the development of smart and active biodegradable packaging materials. *Nanomaterials*, *11*(5), 1331.

Sharma, K., & Shivandu, S. K. (2024). Integrating artificial intelligence and Internet of Things (IoT) for enhanced crop monitoring and management in precision agriculture. *Sensors International*, *5*, 100292.

Singh, P., Nayak, S. L., Sharkar, R., Sarkar, A., Dutta, S., & Paul, D. (2025). Application of modern techniques in cultivation of medicinal plants: A review. *Plant Arch*, *25*, 1947-1962.

Soussi, A., Zero, E., Sacile, R., Trinchero, D., & Fossa, M. (2024). Smart sensors and smart data for precision agriculture: a review. *Sensors*, *24*(8), 2647.

Thakur, A., Thakur, B., & Kumar, R. (2025). Post-harvest management of medicinal and aromatic plants: Current trends and recent advances. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *28*(1), 1-23.

Tripathi, R. K. P. (2025). Smart Farming with "Blockchain": Revolutionizing Medicinal Plant Cultivation. In *Blockchain and Digital Twin Applications in Smart Agriculture* (pp. 251-274). Auerbach Publications.

Yıldırım, M., Erşatır, M., Poyraz, S., Amangeldinova, M., Kudrina, N. O., & Terletskaya, N. V. (2024). Green extraction of plant materials using supercritical CO_2: insights into methods, analysis, and bioactivity. *Plants*, *13*(16), 2295.

Innovative Agricultural Techniques and Their Role in the Commercialization of Medicinal Plants

Javad Karimi*
Assistant Professor of Plant Physiology, Department of Biology, College of Science, Shiraz University, Shiraz, Iran
*Corresponding Author: javadkarimi@shirazu.ac.ir

Abstract

Medicinal plants, due to their bioactive compounds and diverse therapeutic properties, hold significant value in pharmaceutical, food, and cosmetic industries. With the increasing global demand for these products, improving cultivation, harvesting, and processing methods to enhance quality, yield, and standardization is essential. Modern agricultural techniques such as precision agriculture, soilless cultivation systems (hydroponics and aeroponics), tissue culture and biotechnology, smart irrigation systems, and the application of digital technologies including the Internet of Things (IoT) and artificial intelligence (AI) play a vital role in optimizing production and reducing resource consumption. Additionally, the use of elicitors to stimulate secondary metabolite synthesis and the employment of bioreactors to boost in vitro culture productivity are among effective technologies for improving the quality and quantity of medicinal plant products. Moreover, product standardization, proper packaging, and scientific, targeted marketing are key factors for the commercial success of these products. The global medicinal plant market is rapidly expanding, driven by increasing consumer awareness of natural and organic products, creating numerous opportunities for export growth and domestic production. This review article analyzes novel agricultural and processing technologies and their impact on quality, yield, market availability, and market positioning of medicinal plants worldwide. Challenges, opportunities, and future perspectives for sustainable development and commercialization in the competitive market are also discussed.

Keywords: Biotechnology, Commercialization, Medicinal plants, Modern agricultural techniques, Precision agriculture.

برخی کاربردهای دارویی فیکوسیانین نانوکپسوله استخراج‌شده از ریزجلبک اسپیرولینا

جواد کریمی*

استادیار فیزیولوژی گیاهی، بخش زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

*نویسنده مسئول: javadkarimi@shirazu.ac.ir

چکیده

فیکوسیانین، رنگدانه‌ای آبی‌رنگ از خانواده فیکوبیلی‌پروتئین‌ها است که عمدتاً از ریزجلبک *Spirulina platensis* استخراج می‌شود و به دلیل خواص دارویی متعددش، از جمله فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی قوی، ضدالتهابی، ضدسرطانی، محافظت عصبی و کبدی، توجه ویژه‌ای را در حوزه پزشکی و داروسازی به خود جلب کرده است. با این حال، کاربرد بالینی گسترده فیکوسیانین با چالش‌هایی مانند ناپایداری در برابر نور، حرارت، pH اسیدی و همچنین زیست‌دسترس محدود، مواجه است. این عوامل باعث کاهش کارایی و جذب آن در سیستم‌های زیستی می‌شوند. نانوکپسوله‌سازی، به عنوان یک فناوری پیشرفته، با استفاده از حامل‌های مختلفی مانند حامل‌های لیپیدی (لیپوزوم‌ها و نانومولسیون‌ها)، حامل‌های پلیمری (نانوافزودنی‌ها و نانوذرات پلیمری) و حامل‌های پروتئینی، موفق شده است پایداری فیکوسیانین را به طور چشم‌گیری افزایش دهد. این فناوری امکان رهایش کنترل‌شده، محافظت از فیکوسیانین در برابر تجزیه گوارشی و افزایش زیست‌دسترس آن را فراهم می‌کند. نانوفرمولاسیون‌ها به دلیل زیست‌سازگاری بالا، استفاده از پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر و قابلیت هدف‌گیری بافتی، می‌توانند موجب افزایش اثربخشی درمانی و کاهش عوارض جانبی شوند. علاوه بر این، نانوکپسوله‌سازی می‌تواند مسیرهای تحویل دارویی جدیدی را برای فیکوسیانین ایجاد کند که باعث بهبود عملکرد آن در درمان بیماری‌های مزمن، سرطان‌ها و اختلالات عصبی می‌شود. با این وجود، برای رسیدن به کاربرد بالینی گسترده‌تر، نیازمند تحقیقات بیشتر شامل کارآزمایی‌های بالینی انسانی، ارزیابی‌های جامع ایمنی، مطالعه فارماکوکینتیک و همچنین رعایت استانداردها و مقررات نظارتی هستیم. این مقاله مروری با هدف بررسی جامع فناوری نانوکپسوله‌سازی فیکوسیانین و معرفی آن به عنوان رویکردی نوین و امیدوارکننده در دارورسانی هدفمند و بهبود کاربردهای درمانی آن نگاشته شده است.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، اسپیرولینا، حفاظت عصبی، نانوکپسوله، فیکوسیانین.

مقدمه

افزایش شیوع بیماری‌های مزمن و مقاوم، از جمله سرطان، بیماری‌های التهابی، عصبی و کبدی، ضرورت توسعه درمان‌های مؤثر، ایمن و با منشأ طبیعی را بیش از پیش آشکار کرده است. در این راستا، ترکیبات زیست‌فعال مشتق از منابع طبیعی مانند ریزجلبک‌ها، به‌ویژه *Spirulina platensis*، به‌عنوان گزینه‌هایی امیدوارکننده برای توسعه داروهای نوین مطرح شده‌اند. یکی از مهم‌ترین متابولیت‌های استخراج‌شده از اسپیرولینا، فیکوسیانین (Phycocyanin) است؛

رنگدانه‌ای محلول در آب که علاوه بر نقش در فتوسنتز، دارای ویژگی‌های زیستی قابل توجهی نظیر فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدسرطانی، محافظت‌کننده عصبی و ایمنی‌زا است (Liu et al., 2022).

با وجود پتانسیل بالای فیکوسیانین در درمان بیماری‌های گوناگون، محدودیت‌های قابل توجهی در استفاده مستقیم از آن وجود دارد؛ از جمله ناپایداری در برابر نور، حرارت و pH اسیدی، تخریب سریع در دستگاه گوارش و زیست‌دسترسی پایین در بدن. این مشکلات موجب کاهش اثرگذاری بالینی آن شده و لزوم به‌کارگیری روش‌هایی جهت بهبود پایداری، فراهمی زیستی و تحویل هدفمند آن را ایجاب کرده است (Adjali et al., 2022).

در سال‌های اخیر، نانوکپسوله‌سازی به‌عنوان رویکردی نوین و مؤثر در دارورسانی ترکیبات طبیعی معرفی شده است. نانوکپسول‌ها با اندازه‌ای کمتر از ۲۰۰ نانومتر، امکان حفاظت از ترکیب فعال در برابر تخریب محیطی، افزایش قابلیت عبور از موانع زیستی، رهایش کنترل‌شده و هدف‌گیری اختصاصی به بافت‌های بیمار را فراهم می‌آورند. نانوکپسوله‌سازی فیکوسیانین با استفاده از حامل‌های متنوعی از قبیل پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر مانند کیتوزان، لیپوزوم و نانوذرات پروتئینی، نتایج چشم‌گیری در افزایش پایداری و کارایی زیستی آن در مدل‌های پیش‌بالینی به همراه داشته است (Sathish Sundar et al., 2016).

این مقاله مروری با هدف بررسی جامع آخرین دستاوردهای علمی در زمینه نانوکپسوله‌سازی فیکوسیانین استخراج‌شده از ریزجلبک اسپیرولینا، مزایای فناوری نانو در دارورسانی و کاربردهای درمانی این نانوفرمولاسیون‌ها در درمان بیماری‌های مختلف را نشان می‌دهد. همچنین در این مقاله، چالش‌ها، محدودیت‌ها و چشم‌اندازهای آینده این حوزه نیز مورد بحث قرار می‌گیرد تا زمینه‌ای برای توسعه داروهای طبیعی مبتنی بر فناوری نانو فراهم گردد.

ساختار و ویژگی‌های زیستی فیکوسیانین

فیکوسیانین نوعی فیکوبیلی‌پروتئین محلول در آب است که از زیرواحدهای آلفا و بتا تشکیل شده و دارای رنگ آبی مشخصی می‌باشد. این ترکیب در ساختارهای پروتئینی خود حامل کروموفورهایی نظیر فیکوسیانوبیلین است که مسئول جذب نور و فعالیت‌های زیستی آن هستند. مطالعات مختلف، فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی قوی فیکوسیانین را تأیید کرده‌اند که از طریق مهار رادیکال‌های آزاد و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی عمل می‌کند. همچنین، اثرات ضدالتهابی آن به‌واسطه کاهش ترشح سیتوکین‌های پیش‌التهابی شناخته شده است. خاصیت ضدسرطانی آن نیز از طریق القای آپوپتوز، توقف چرخه سلولی و مهار رشد تومورها در مدل‌های حیوانی و سلولی متعدد اثبات شده است (Braune et al., 2021).

چالش‌های استفاده از فیکوسیانین در پزشکی

با وجود خواص دارویی متنوع، فیکوسیانین به دلیل ساختار پروتئینی حساس خود، در برابر عوامل محیطی ناپایدار بوده و به سرعت تجزیه می‌شود. این ماده در برابر نور ماورای بنفش (UV)، حرارت بالا و pH پایین ناپایدار است و در دستگاه گوارش به سرعت تخریب می‌گردد. از سوی دیگر، فراهمی زیستی آن در بدن پایین بوده و دست‌یابی به غلظت مؤثر درمانی نیازمند دوزهای بالایی است که می‌تواند با عوارض جانبی همراه باشد. این چالش‌ها سبب شده‌اند تا استفاده از فناوری‌های نوین مانند نانوکپسوله‌سازی برای بهینه‌سازی تحویل دارویی آن مورد توجه قرار گیرد (Yuan et al., 2022).

فناوری نانوکپسوله‌سازی

نانوکپسوله‌سازی فرآیندی است که طی آن ترکیبات زیست‌فعال یا حساس مانند داروها، آنتی‌اکسیدان‌ها، رنگدانه‌ها و پروبیوتیک‌ها درون پوشش‌های نانومتری قرار می‌گیرند. هدف از این فرآیند افزایش پایداری، محافظت از ماده فعال در برابر شرایط محیطی نامطلوب، کنترل رهش و بهبود انتقال به هدف نهایی در بدن است. اهمیت این فناوری به‌ویژه در صنایع داروسازی و غذایی به طور چشم‌گیری افزایش یافته است. نانوکپسول‌ها ساختارهایی کروی در مقیاس ۱ تا ۱۰۰۰ نانومتر هستند که از یک هسته (حاوی ماده فعال) و یک غشا یا پوسته پوشاننده تشکیل شده‌اند. طراحی نانوکپسول‌ها به گونه‌ای است که بتوانند ماده را در برابر عوامل تخریبی مانند نور، اکسیژن، pH، دما و آنزیم‌ها محافظت کنند. نانوکپسوله‌سازی به معنای محصورسازی مولکول‌های زیست‌فعال درون ساختارهای نانومتری است که می‌تواند با استفاده از حامل‌های مختلفی انجام شود که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود (Zhou et al., 2023).

۱- لیپوزوم‌ها

ساختارهای دو لایه فسفولیپیدی مانند لیپوزوم‌ها از جمله نانوحامل‌های زیستی بسیار پرکاربرد هستند که به دلیل ساختار منحصر به‌فرد خود، توانایی بالایی در محصورسازی و رهایش ترکیبات زیست‌فعال دارند. این ساختارها متشکل از دو لایه متقابل فسفولیپیدی هستند که در محیط آبی خودآرایی (self-assembly) می‌کنند و یک هسته آبی مرکزی را تشکیل می‌دهند. این هسته آبی، محیطی مناسب برای کپسوله‌کردن ترکیبات محلول در آب مانند فیکوسیانین فراهم می‌آورد. از آن‌جایی که فیکوسیانین یک رنگدانه محلول در آب و ناپایدار در برابر عوامل محیطی مانند نور، دما و pH است، استفاده از این ساختارهای دو لایه می‌تواند نقش مؤثری در افزایش پایداری، زیست‌دسترسی و رهایش کنترل‌شده آن ایفا کند. همچنین، با اصلاح سطح این نانوذرات (مانند افزودن لیگاندهای هدف‌گیرنده یا پلیمرهای زیست‌سازگار)، می‌توان رهایش هدفمند به سلول‌های خاص، به‌ویژه در کاربردهای دارورسانی ضدسرطان یا ایمنی‌درمانی، را فراهم ساخت (Liu et al., 2022).

۲- پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر

پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر مانند PLGA و کیتوزان به دلیل زیست‌سازگاری بالا و قابلیت تنظیم رهایش دارو، کاربرد گسترده‌ای در سامانه‌های دارورسانی دارند. PLGA از کوپلیمریزاسیون لاکتیک اسید و گلایکولیک اسید ساخته می‌شود و با کنترل نسبت این مونومرها می‌توان زمان تجزیه و آزادسازی دارو را تنظیم کرد. این پلیمر در ساخت نانوذرات برای دارورسانی هدفمند و واکسن‌های نوین بسیار مؤثر است. از سوی دیگر، کیتوزان یک پلیمر طبیعی با بار مثبت است که به غشای سلولی متصل می‌شود و امکان رهایش مؤثر دارو از مسیرهای مختلف مانند خوراکی یا پوستی را فراهم می‌سازد. همچنین قابلیت اصلاح‌پذیری شیمیایی کیتوزان، آن را برای کاربردهای پیشرفته مانند نانوکپسوله‌سازی دارو، ژن یا پروتئین‌های درمانی بسیار مناسب کرده است (Jafernik et al., 2023; Rezvantalab et al., 2018).

در این میان، نانوکپسوله‌سازی فیکوسیانین، به عنوان یک رنگدانه طبیعی با خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی و محافظت‌کننده عصبی، با استفاده از این پلیمرها می‌تواند به حفظ پایداری ساختاری، افزایش زیست‌فراهمی و کنترل رهایش آن در بدن کمک کند. فرمولاسیون نانویی فیکوسیانین با پوشش‌دهی به وسیله PLGA یا کیتوزان، علاوه بر محافظت در برابر تجزیه در محیط‌های اسیدی یا آنزیمی، امکان هدف‌گیری بهتر بافت‌های خاص را فراهم می‌سازد و اثربخشی درمانی آن را افزایش می‌دهد.

۱- نانوذرات پروتئینی

نانوذرات پروتئینی مانند نانوذرات زئین و کازئین به‌دلیل منشأ طبیعی، زیست‌سازگاری بالا، قابلیت تجزیه‌پذیری و ایمنی مناسب، به‌عنوان حامل‌های مؤثر در سامانه‌های دارورسانی مورد توجه قرار گرفته‌اند. این نانوذرات قادرند مولکول‌های زیست‌فعال مانند فیکوسیانین را به‌صورت مؤثر کپسوله کرده و از آن‌ها در برابر عوامل تخریبی محیطی مانند نور، حرارت و pH نامناسب محافظت کنند. در فرمولاسیون‌های خوراکی، استفاده از نانوذرات زئین یا کازئین موجب بهبود پایداری فیکوسیانین در محیط گوارشی و افزایش جذب آن در روده می‌شود، در حالی که در کاربردهای تزریقی، این نانوذرات با کاهش سمیت و کنترل رهایش، اثربخشی درمانی فیکوسیانین را ارتقاء می‌بخشند. همچنین، ساختار آمفی‌فیلیک این پروتئین‌ها امکان برهم‌کنش مناسب با غشای سلولی را فراهم کرده و موجب بهبود انتقال سلولی فیکوسیانین می‌شود. بنابراین، نانوکپسوله‌سازی فیکوسیانین با استفاده از نانوذرات زئین یا کازئین، رویکردی امیدوارکننده برای توسعه فرمولاسیون‌های دارویی مؤثر و ایمن محسوب می‌شود (Liu et al., 2023).

کاربردهای دارویی نانوکپسوله فیکوسیانین

نانوکپسوله‌سازی فیکوسیانین با استفاده از مواد زیست‌تخریب‌پذیر موجب بهبود پایداری، فراهمی زیستی و تحویل هدفمند این مولکول زیست‌فعال می‌شود. در درمان بیماری‌های التهابی، نانوفرمولاسیون فیکوسیانین امکان رسانش مؤثرتر به بافت‌های ملتهب مانند مفاصل یا روده در بیماران مبتلا به آرتریت روماتوئید یا کولیت اولسراتیو را فراهم می‌کند. در حوزه سرطان، این نانوسیستم‌ها باعث تحویل هدفمند فیکوسیانین به بافت‌های توموری، کاهش سمیت سیستمیک، و افزایش اثربخشی درمان می‌شوند و همچنین قابلیت ترکیب با داروهای شیمی‌درمانی را برای ایجاد اثرات هم‌افزا دارند. در زمینه نورودژنراتیو، فیکوسیانین نانوکپسوله‌شده قادر است از نورون‌ها در برابر استرس اکسیداتیو و تجمع پروتئین‌های سمی محافظت کند و در نتیجه پتانسیل کاربرد در بیماری‌هایی مانند آلزایمر و پارکینسون را دارد. از نظر عملکرد محافظتی، این ترکیب می‌تواند آسیب‌های کبدی و کلیوی ناشی از داروها، سموم یا استرس اکسیداتیو را نیز کاهش دهد. نانوفرمولاسیون‌های فیکوسیانین عمدتاً با استفاده از مواد زیست‌سازگار و غیرسمی طراحی می‌شوند و مطالعات سمیت حاد و مزمن در مدل‌های حیوانی نشان‌دهنده ایمنی بالای آن‌ها است. (Huang et al., 2017; Manconia et al., 2009; Pentón-Rol et al., 2024).

چالش‌ها و آینده‌پژوهی

با وجود نتایج امیدوارکننده در سطح آزمایشگاهی و پیش‌بالینی، انتقال این نانوفرمولاسیون‌ها به مرحله بالینی با چالش‌هایی همراه است؛ از جمله پیچیدگی در تولید صنعتی، نیاز به پایدارسازی طولانی‌مدت، هزینه‌های بالا و الزامات سخت‌گیرانه نظارتی. در آینده، تمرکز بر انجام مطالعات بالینی، استانداردسازی روش‌های تولید و توسعه نانوساختارهای هوشمند با قابلیت پاسخ‌دهی به محرک‌های زیستی ضروری خواهد بود.

نتیجه‌گیری

فیکوسیانین نانوکپسوله‌شده، به‌عنوان یک سامانه دارورسانی نوین، قادر است بسیاری از محدودیت‌های زیستی فیکوسیانین آزاد را برطرف کرده و آن را به‌عنوان یک ترکیب درمانی مؤثر در بیماری‌های مزمن، به‌ویژه سرطان و التهاب، معرفی کند.

منابع

Adjali, A., Clarot, I., Chen, Z., Marchioni, E., & Boudier, A. (2022). Physicochemical degradation of phycocyanin and means to improve its stability: A short review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, *12*(3), 406-414.

Braune, S., Krüger-Genge, A., Kammerer, S., Jung, F., & Küpper, J.-H. (2021). Phycocyanin from Arthrospira platensis as potential anti-cancer drug: review of in vitro and in vivo studies. *Life*, *11*(2), 91.

Huang, Y., He, L., Song, Z., Chan, L., He, J., Huang, W., Zhou, B., & Chen, T. (2017). Phycocyanin-based nanocarrier as a new nanoplatform for efficient overcoming of cancer drug resistance. *Journal of Materials Chemistry B*, *5*(18), 3300-3314.

Jafernik, K., Ładniak, A., Blicharska, E., Czarnek, K., Ekiert, H., Wiącek, A. E., & Szopa, A. (2023)/ Chitosan-based nanoparticles as effective drug delivery systems—a review. *Molecules*, *28*(4), 1963.

Liu, G., An, D., Li, J., & Deng, S. (2023). Zein-based nanoparticles: Preparation, characterization, and pharmaceutical application. *Frontiers in pharmacology*, *14*, 1120251.

Liu, P., Chen, G., & Zhang, J. (2022). A review of liposomes as a drug delivery system: current status of approved products, regulatory environments, and future perspectives. *Molecules*, *27*(4), 1372 .

Liu, R., Qin, S., & Li, W. (2022). Phycocyanin: Anti-inflammatory effect and mechanism. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *153*, 113362.

Manconia, M., Pendás, J., Ledón, N., Moreira, T., Sinico, C., Saso, L., & Fadda, A. M. (2009). Phycocyanin liposomes for topical anti-inflammatory activity: in-vitro in-vivo studies. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, *61*(4), 423-430.

Pentón-Rol, G., Marín-Prida, J., de la Caridad Sarduy-Chávez, R., & Hernández-González, I. (2024). C-Phycocyanin and Phycocyanobilin for neuroprotection: a deep dive into the biological processes involved. In *Natural Molecules in Neuroprotection and Neurotoxicity* (pp. 385-401). Elsevier.

Rezvantalab, S., Drude, N. I., Moraveji, M. K., Güvener, N., Koons, E. K., Shi, Y., Lammers, T., & Kiessling, F. (2018). PLGA-based nanoparticles in cancer treatment. *Frontiers in pharmacology*, *9*, 1260.

Sathish Sundar, D., Gover Antoniraj, M., Senthil Kumar, C., S. Mohapatra, S., N. Houreld, N., & Ruckmani, K. (2016). Recent trends of biocompatible and biodegradable nanoparticles in drug delivery: A review. *Current medicinal chemistry*, *23*(32), 3730-3751.

Yuan, B., Li, Z., Shan, H., Dashnyam, B., Xu, X., McClements, D. J., Zhang, B., Tan, M., Wang, Z., & Cao, C. (2022). A review of recent strategies to improve the physical stability of phycocyanin. *Current Research in Food Science*, *5*, 2329-2337.

Zhou, Y., Wang, P., Wan, F., Zhu, L., Wang, Z., Fan, G., Wang, P., Luo, H., Liao, S., & Yang, Y. (2023). Further improvement based on traditional nanocapsule preparation methods: a review. *Nanomaterials*, *13*(24), 3125.

Some Pharmaceutical Applications of Nanoencapsulated Phycocyanin Extracted from *Spirulina* Microalgae

Javad Karimi*
Assistant Professor of Plant Physiology, Department of Biology, College of Science, Shiraz University, Shiraz, Iran
*Corresponding Author: javadkarimi@shirazu.ac.ir

Abstract

Phycocyanin, a blue pigment belonging to the phycobiliprotein family, is primarily extracted from the microalga *Spirulina platensis*. Due to its numerous pharmacological properties—including potent antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, neuroprotective, and hepatoprotective activities—it has attracted significant attention in medical and pharmaceutical fields. However, the widespread clinical application of phycocyanin faces challenges such as instability against light, heat, acidic pH, and limited bioavailability. These factors reduce its efficacy and absorption in biological systems. Nanoencapsulation, as an advanced technology, utilizing various carriers such as lipid-based carriers (liposomes and nanoemulsions), polymeric carriers (nanocomposites and polymeric nanoparticles), and protein-based carriers, has remarkably enhanced the stability of phycocyanin. This technology enables controlled release, protection from gastrointestinal degradation, and improved bioavailability. Due to their high biocompatibility, use of biodegradable polymers, and tissue-targeting capability, nanoformulations can increase therapeutic efficacy and reduce side effects. Moreover, nanoencapsulation can create new drug delivery pathways for phycocyanin, enhancing its performance in treating chronic diseases, cancers, and neurological disorders. Nonetheless, to achieve broader clinical applications, further research is needed, including human clinical trials, comprehensive safety evaluations, pharmacokinetic studies, and adherence to regulatory standards. This review article aims to comprehensively examine the nanoencapsulation technology of phycocyanin and introduce it as a novel and promising approach for targeted drug delivery and improved therapeutic applications.

Keywords: Antioxidant, Neuroprotection, Nanoencapsulation, Phycocyanin, *Spirulina*.

اثر غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسید روی بر ویژگی‌های رشدی و فیتوشیمیایی جوانه‌های کینوا (*Chenopodium quinoa*)

محمد عوف عبدالرحمن الرفاعی[۱]، محمد فتاحی[*۱]، عباس حسنی[۱]
۱- گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[*]نویسنده مسئول: mo.fattahi@urmia.ac.ir

چکیده

گیاهان برای رشد طبیعی و تکمیل چرخه زندگی خود به عناصر معدنی مختلفی نیاز دارند. عنصر روی (Zn) به‌عنوان یکی از ریزمغذی‌های ضروری، در سال‌های اخیر به‌دلیل نقش کلیدی آن در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهی مورد توجه ویژه قرار گرفته است. کینوا (*Chenopodium quinoa*) نیز به‌عنوان یک گیاه دارویی و غذایی ارزشمند، جایگاه قابل‌توجهی در تحقیقات کشاورزی یافته است. به‌منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسید روی (۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر) بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی جوانه‌های کینوا، آزمایشی در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که کاربرد نانوذرات اکسید روی تأثیر معنی‌داری بر صفات رویشی نظیر وزن تر و خشک، طول ساقه و ریشه و قطر ساقه داشت. همچنین، درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت. از سوی دیگر، تیمار نانوذره روی بر ویژگی‌های بیوشیمیایی شامل محتوای فنول کل، فلاونوئید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، قندهای محلول و فعالیت آنزیم PAL نیز اثرگذار بود. در مجموع، غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذره اکسید روی بیشترین اثربخشی را در اغلب شاخص‌های مورد بررسی نشان داد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنول کل، کینوا، محرک

مقدمه

کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* گیاهی دولپه‌ای و بومی کوه‌های آند در کشور بولیوی است که در سال‌های اخیر به‌دلیل ارزش غذایی و دارویی بالای خود مورد توجه ویژه قرار گرفته است. این گیاه سرشار از ترکیبات فعال زیستی همچون اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها، اسیدهای فنولی و فلاونوئیدها می‌باشد (Graf et al., 2015). فلاونوئیدهای موجود در کینوا، به‌دلیل فعالیت‌های بیولوژیکی متعدد از جمله خواص ضد میکروبی، ضد فشار خون، و ضد سرطانی، نقش مهمی در سلامت انسان ایفا می‌کنند (Peng et al., 2023). جوانه‌زنی بذر فرایندی پیچیده و حساس است که به‌طور کلی شامل سه مرحله‌ی جذب آب، دوره‌ی تأخیر (یا فعال‌سازی متابولیک) و در نهایت، رشد و خروج ریشه‌چه می‌باشد. برای بهبود این فرایند، تکنیکی به نام پرایمینگ بذر به‌کار می‌رود که شامل پیش‌تیمار بذرها با روش‌های مختلفی نظیر هیدروپرایمینگ، اسموپرایمینگ، پرایمینگ ماتریکسی، هوموپرایمینگ، هالوپرایمینگ، پرایمینگ شیمیایی و بیوپرایمینگ است (Zulfiqar, 2021). این تکنیک‌ها بدون آغاز رشد ریشه‌چه، موجب فعال‌سازی فرایندهای متابولیکی بذر شده و در نتیجه منجر به بهبود سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی می‌شوند.

در سال‌های اخیر، استفاده از نانوذرات به‌عنوان محرک زیستی در کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است. نانوذرات، ذراتی با اندازه‌ای در محدوده ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند که به‌دلیل ابعاد بسیار کوچک و سطح ویژه بالا، دارای ویژگی‌های منحصر به‌فرد فیزیکی، شیمیایی و زیستی می‌باشند. این ترکیبات در حوزه‌های مختلفی از جمله کشاورزی، پزشکی، داورسانی، صنایع غذایی و کاربردهای ضد میکروبی مورد استفاده قرار می‌گیرند. گزارش‌ها نشان داده‌اند که تیمار بذر با برخی نمک‌ها و نانوذرات می‌تواند باعث افزایش تولید هورمون‌های رشد در بذرهای جوان شده و در نتیجه برخی ویژگی‌های رشدی گیاهچه‌ها را بهبود بخشد (Pandey et al, 2017). با توجه به اهمیت روزافزون نانوذرات اکسید روی در افزایش رشد و متابولیسم گیاهان، و نیز ارزش بالای غذایی و دارویی گیاه کینوا، این پژوهش با هدف بررسی اثر تیمار نانوذره اکسید روی در غلظت‌های مختلف بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، صفات رشدی و محتوای متابولیت‌های ثانویه گیاه کینوا در مرحله‌ی جوانه‌زنی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، بذر گیاه دارویی کینوا از شرکت پوپونیک تهیه شد. به‌منظور گندزدایی اولیه، بذرها به مدت ۲ دقیقه در محلول ۷۰ درصد اتانول و سپس به مدت ۱ دقیقه در محلول ۲/۵ درصد هیپوکلریت سدیم ضدعفونی شدند. پس از شست‌وشوی کامل با آب مقطر، محلول‌های تیماری حاوی غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسید روی (غلظت صفر و ۲۵ و ۵۰ و ۷۵ ppm) آماده گردید. برای انجام تیمار، ۳۰۰ عدد بذر در محلول هر تیمار به مدت ۱۲ ساعت خیسانده شد. سپس از هر تیمار، ۳ تکرار ۱۰۰تایی انتخاب و بذرها در ظروف استریل بر روی کاغذ صافی قرار داده شدند. ظروف درب‌دار با شرایط تاریکی کامل، دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۶ درصد در ژرمیناتور نگهداری شدند. طی دوره جوانه‌زنی، تعداد بذرهای جوانه‌زده به‌صورت روزانه شمارش و رطوبت داخل ظروف کنترل می‌شد.

در پایان دوره، درصد و سرعت جوانه‌زنی برای هر تیمار محاسبه گردید. سپس نمونه‌های لازم برای بررسی‌های مورفولوژیکی (شامل وزن تر و خشک، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و قطر گیاهچه) و فیتوشیمیایی (شامل فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH، میزان فنول و فلاونوئید کل، محتوای قند محلول، پروتئین کل و فعالیت آنزیم PAL) برداشت شده و در دمای ۳۰- درجه سانتی‌گراد در فریزر قرار داده شدند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan's Multiple Range Test) استفاده گردید. ترسیم نمودارها نیز با بهره‌گیری از نرم‌افزار Excel 2013 صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بیشتر صفات مورفولوژیکی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسید روی قرار گرفتند ($p < 0.05$). همچنین، صفات فیتوشیمیایی در سطح احتمال ۱ درصد دارای تفاوت معنی‌دار بودند.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی و درصد و سرعت جوانه‌زنی گیاه کینوا تحت تیمار نانو اکسید روی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		درصد جوانه زنی	سرعت جوانه‌زنی	وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	طول ساقه	طول ریشه	قطر ساقه
تیمار	۳	۷/۲۲ ns	۱۵۴۸/۲۰ *	۰/۰۰۰۰۹ *	۰/۰۰۰۰۰۲ *	۱۲۲/۹۹ **	۳۹/۹۹ **	۰/۰۰۰۵ *
اشتباه	۸	۳/۲۵	۳۵۱/۲۸	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۲	۶/۶۳	۱/۶۳	۰/۰۰۲
کل	۱۱							
ضریب تغییرات (CV%)		۱/۸۹	۱۲/۴۴	۲۲/۸۸	۱۷/۸۲	۶/۸۴	۸/۰۱	۱۰/۹۲

** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد. * معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد. ns عدم معنی‌داری

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی گیاه کینوا تحت تیمار نانو اکسید روی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		فنول کل	فلاونوئید کل	آنتی‌اکسیدان	قند محلول	PAL آنزیم
تیمار	۳	۱/۷۶ **	۰/۷۸ **	۱۸/۱۵ **	۰/۰۰۴ **	۹۰۱/۹۳ **
اشتباه	۸	۰/۰۲	۰/۰۰۲	۳/۸۵	۰/۰۰۰۵	۲۴/۷۲
کل	۱۱					
ضریب تغییرات (CV%)		۴,۰۱	۲/۰۰	۶/۲۶	۷/۷۵	۶/۲۹

** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد. * معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد. ns عدم معنی‌داری

جدول ۳. ویژگی‌های عملکردی و فیتوشیمیایی گیاه کینوا در شرایط استفاده از غلظت‌های مختلف نانو اکسید روی

ویژگی	ZnO-75	ZnO-50	ZnO-25	Control
وزن‌تر (گرم)	۶/۲۴^{c}	۷/۳۹^{a}	۶/۸۷^{b}	۷/۵۲^{a}
طول ساقه (cm)	۲۹/۱۰^{b}	۲۶/۵۴^{c}	۳۰/۳۴^{a}	۲۷/۸۳^{c}
طول ریشه (cm)	۱۸/۳۳^{b}	۱۹/۱۰^{b}	۱۶/۶۷^{c}	۲۲/۲۲^{a}
قطر ساقه (mm)	۰/۵۵^{a}	۰/۵۰^{b}	۰/۴۵^{c}	۰/۵۵^{a}
درصد جوانه‌زنی (%)	۹۸/۱^{a}	۹۷/۵^{a}	۹۷/۳^{a}	۹۷/۱^{a}
سرعت جوانه‌زنی	۳۴/۱^{a}	۳۳/۲^{ab}	۳۵/۶^{a}	۳۲/۴^{b}
فنول کل (mg/g FW)	۲/۵۱^{b}	۲/۸۴^{a}	۲/۳۵^{c}	۲/۰۱^{d}
فلاونوئید کل (mg/g FW)	۱/۸۹^{a}	۲/۱۶^{a}	۲/۰۱^{a}	۱/۴۷b
فعالیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH %)	۳۲/۰^{a}	۳۳/۱^{a}	۳۴/۷^{a}	۲۶/۸^{b}
قندهای محلول (mg/g FW)	۰/۱۳۲^{a}	۰/۱۲۳^{a}	۰/۰۷۱^{b}	۰/۰۶۱^{b}
فعالیت PAL (mg/g FW)	۱۰۰/۲^{b}	۱۰۹/۶^{a}	۹۰/۴^{c}	۵۰/۱^{d}

صفات مورفولوژیکی

وزن‌تر گیاهچه در تیمار ZnO-50 به بیشترین مقدار خود (۷/۳۹ گرم) رسید و این مقدار به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار ZnO-75 (۶/۲۴ گرم) بود ($p < 0.05$). این افزایش احتمالاً ناشی از بهبود رشد رویشی در نتیجه دسترسی بهتر گیاه به عنصر روی است.

بیشترین طول ساقه در تیمار ZnO-25 به‌دست آمد (۳۰/۳۴ سانتی‌متر) که نسبت به تیمارهای کنترل و ZnO-50 تفاوت معنی‌داری نشان داد. نشان‌دهنده تأثیر تحریک‌کنندگی روی در غلظت‌های بهینه بر تقسیم سلولی و توسعه ساختاری گیاه باشد. در مقابل، طول ریشه با افزایش غلظت نانوذره کاهش یافت، به‌طوری‌که کمترین مقدار در تیمار ZnO-25 (۱۶/۶۷ سانتی‌متر) مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری از تیمار کنترل (۲۲/۲۲ سانتی‌متر) کمتر بود. این کاهش می‌تواند ناشی از اثرات سمیت نسبی یا تغییر در تخصیص منابع متابولیکی باشد. در رابطه با قطر ساقه، با وجود نوسانات جزئی بین تیمارها، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد.

شاخص‌های جوانه‌زنی

ارزیابی شاخص‌های جوانه‌زنی نشان داد که درصد جوانه‌زنی در تمامی تیمارها، از جمله تیمارهای حاوی ZnO، در سطح بالایی (بیش از ۹۷٪) باقی ماند و تفاوت آماری معنی‌داری با تیمار کنترل نداشت. این موضوع نشان می‌دهد که نانوذرات اکسید روی اثر منفی بر توان جوانه‌زنی بذرهای کینوا نداشته‌اند. با این حال، سرعت جوانه‌زنی در تیمار ZnO-25 به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار کنترل بود (۳۵/۶ در برابر ۳۲/۴). این افزایش ممکن است به تحریک فعالیت آنزیمی و افزایش سرعت متابولیسم اولیه بذر در حضور نانوذره روی مرتبط باشد.

ویژگی‌های بیوشیمیایی و فیتوشیمیایی

بررسی داده‌های بیوشیمیایی نشان داد که نانوذرات اکسید روی تأثیر معنی‌داری بر کلیه شاخص‌های مورد ارزیابی داشتند ($p < 0.01$). محتوای فنول کل در تیمار ZnO-50 بیشترین مقدار (۲/۸۴ mg/g) را نشان داد، در حالی که کمترین مقدار مربوط به تیمار کنترل (۲/۰۱ mg/g) بود. این افزایش بیانگر تحریک مسیر سنتز ترکیبات فنولی تحت تأثیر عنصر روی در قالب نانوذره است.

مقدار فلاونوئید کل نیز در تیمارهای ZnO-50 و ZnO-25 به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار کنترل بود. این افزایش ممکن است به‌عنوان پاسخی آنتی‌اکسیدانی به تنش القایی نانوذرات تعبیر شود (El-Shazoly et al., 2025). فعالیت آنتی‌اکسیدانی، بر اساس درصد مهار رادیکال DPPH، در تمامی تیمارهای ZnO به‌طور معنی‌داری بیشتر از کنترل (۲۶/۸٪) بود. بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار ZnO-25 مشاهده شد (۳۴/۷ ٪) که نشانگر فعال‌سازی مکانیسم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی تحت تأثیر این نانوذره است.

مقدار قندهای محلول نیز در تیمار ZnO-75 به بالاترین سطح خود (۰/۱۳۲ mg/g) رسید. این افزایش ممکن است با تنظیم فشار اسمزی سلول‌ها و بهبود تحمل گیاه در برابر تنش‌های احتمالی ناشی از نانوذرات مرتبط باشد. همچنین، فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیا لیاز (PAL)، در تیمار ZnO-50 به بیشترین مقدار خود (۱۰۹/۶ mg/g) رسید که به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار کنترل (۵۰/۱ mg/g) بود. این داده‌ها مؤید فعال‌سازی مسیرهای فنول‌زایی در پاسخ به تیمار نانوذره هستند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد نانوذرات اکسید روی اثر مثبتی بر رشد، جوانه‌زنی، و عملکرد فیتوشیمیایی گیاه کینوا دارد. به‌ویژه، تیمارهای ZnO-25 و ZnO-50 در بهبود صفاتی مانند طول ساقه، وزن‌تر گیاهچه، محتوای فنول، فعالیت آنزیم PAL و قدرت آنتی‌اکسیدانی، عملکرد مؤثرتری نشان دادند. یافته‌های این مطالعه می‌توانند مبنایی علمی برای استفاده هدفمند از نانوذرات روی در بهبود عملکرد گیاهان دارویی و افزایش مقاومت آن‌ها در برابر تنش‌های محیطی فراهم آورند.

منابع

Graf, B. L., Rojas-Silva, P., Rojo, L. E., Delatorre-Herrera, J., Baldeón, M. E., & Raskin, I. (2015). Innovations in health value and functional food development of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *14*, 431–445.

Peng, X., Yu, X., Zeng, Z., Yang, Y., Xu, M., and Liu, Y. (2023). Flavonoids in quinoa (*Chenopodium quinoa*) and their health benefits: A review. *Food Chemistry*, *415*, 135730.

Zulfiqar, F. (2021). Seed priming: A technique to improve germination and seedling establishment under stressful environments. *Agronomy*, *11*, 880.

Pandey, A. C., Sanjay, K., & Chauhan, R. (2017). Zinc oxide nanoparticles as seed priming agent improve germination, growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Growth Regulation*, 36(3), 630–640.

El-Shazoly, R. M., Othman, A. A., Zaheer, M. S., Al-Hossainy, A. F. and Abdel-Wahab, D. A. (2025). Zinc oxide seed priming enhances drought tolerance in wheat seedlings by improving antioxidant activity and osmoprotection. *Scientific Reports*, *15*(1), 3863.

The effect of different concentrations of zinc oxide nanoparticles on the growth and phytochemical characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa*) sprouts.

Mohammad Auf Abdolrahman Al-Refaie[1], Mohammad Fattahi*[1], Abbas Hassani[1]
1. Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran
*Corresponding Author: mo.fattahi@urmia.ac.ir

Abstract

Plants require various mineral elements for their normal growth and completion of the life cycle. Zinc (Zn) is an essential micronutrient that has recently gained considerable attention due to its pivotal roles in numerous plant physiological processes. Quinoa **(***Chenopodium quinoa***)**, recognized for its nutritional and medicinal value, has emerged as a promising crop in recent years. This study was conducted to evaluate the effects of different concentrations of zinc oxide nanoparticles (0, 25, 50, and 75 mg/L) on certain morphological and phytochemical traits of quinoa sprouts, using a completely randomized design (CRD) with three replications. The results revealed that zinc oxide nanoparticle treatments significantly influenced vegetative traits including fresh and dry weight, stem and root length, and stem diameter. Germination percentage was also significantly affected by the treatments. Moreover, the application of ZnO nanoparticles had notable effects on biochemical parameters such as total phenol content, flavonoids, antioxidant activity, soluble sugars**,** and PAL enzyme activity. Overall, the 50 mg/L concentration of zinc oxide nanoparticles was found to be the most effective treatment across the measured parameters.

Keywords: Antioxidant activity, Elicitor, Quinoa, Total phenol, Yield

سنتز سبز نانوذرات فلزی با استفاده از عصاره‌های گیاهی: مروری بر مکانیسم‌ها، تنوع گیاهی و کاربردهای زیستی

ساناز اشرفی سعیدلو[۱]، محمد فتاحی[۲*]، میرحسن رسولی صدقیانی[۳]

۱- محقق (Ph.D.)، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

۲- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

*نویسنده مسئول: sanazashrafi92@yahoo.com

چکیده

در سال‌های اخیر، سنتز سبز نانوذرات فلزی با استفاده از عصاره‌های گیاهی به‌عنوان روشی زیست‌سازگار، کم‌هزینه و ایمن جایگاه ویژه‌ای در نانوفناوری پیدا کرده است. این روش، جایگزینی مؤثر برای روش‌های شیمیایی و فیزیکی پرهزینه و مخرب زیست‌محیطی محسوب می‌شود. عصاره‌های گیاهی حاوی ترکیبات فعالی نظیر فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، ترپن‌ها و پلی‌فنول‌ها هستند که می‌توانند به‌عنوان عوامل کاهنده و پایدارکننده در فرایند نانوسنتز ایفای نقش کنند. در این مقاله مروری، مکانیسم‌های اصلی دخیل در سنتز زیستی نانوذرات فلزی بررسی شده و گونه‌های مختلف گیاهی مورد استفاده از منظر کارایی در تولید نانوذرات از لحاظ اندازه، شکل، پایداری و خواص زیستی مقایسه شده‌اند. همچنین کاربردهای نانوذرات سنتز شده، به‌ویژه در زمینه‌های ضدمیکروبی، ضدسرطان، رفع آلاینده‌ها و نیز رشد و عملکرد گیاهان مورد تحلیل قرار گرفته است. با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در این زمینه، چالش‌هایی نظیر عدم استانداردسازی عصاره‌ها و مشکلات مقیاس‌پذیری همچنان پابرجاست. لذا این مطالعه با هدف تبیین وضعیت فعلی، شناسایی شکاف‌های تحقیقاتی و ارائه چشم‌اندازی برای توسعه روش‌های سنتز سبز نانوذرات فلزی، بر پایه‌ی مرور و تحلیل منابع علمی منتشرشده در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۵ از پایگاه‌های معتبر نظیر Scopus، Web of Science، Science Direct و Google Scholar، و همچنین با بهره‌گیری از نتایج مطالعات و تحقیقات پیشین نویسندگان تدوین شده است.

واژه‌های کلیدی: روش‌های زیست‌سازگار، سنتز سبز، عصاره‌های گیاهی، عوامل کاهنده طبیعی، نانوذرات فلزی

مقدمه

کاربردهای نوآورانه و متنوع نانوذرات در حوزه‌های مختلف از جمله علوم پزشکی، علوم محیطی و کشاورزی، تحقیقات بر روی نانوذرات و رویکردهای مختلف سنتز آن‌ها در سال‌های اخیر به سرعت افزایش یافته است (Ashrafi-Saiedlou et al., 2025a, 2025b; Kato and Suzuki, 2020) و تمایل به تهیه موادی با ابعاد نانو و استفاده از آن با توجه به خصوصیات صنعتی جالب این مواد، روز به روز در حال افزایش است؛ چراکه در صورت کاهش اندازه ذرات یک ماده تا مقیاس نانو، نسبت سطح به حجم ذره افزایش یافته و منجر به تغییرهای گسترده در ویژگی‌های ماده می‌شوند (Gardea-Torresdey et al., 2003). امروزه، گسترش روش‌های شیمی سبز کارآمد برای سنتز نانوذرات فلزی

به کانون اصلی مطالعه محققان تبدیل شده است. تلاش‌های زیادی نیز برای ترویج استفاده از روش‌های شیمی سبز و مواد سازگار با محیط‌زیست در تهیه نانومواد صورت گرفته است.

با وجود رشد چشمگیر پژوهش‌ها در این زمینه، هنوز پراکندگی اطلاعات، تنوع بالای گیاهان، و تفاوت در شرایط سنتز باعث دشواری در استخراج الگوهای قابل تعمیم شده است. از سوی دیگر، شناخت دقیق‌تر مکانیسم‌های دخیل در سنتز، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نانوذرات حاصل، و مقایسه خواص زیستی آن‌ها، نیازمند جمع‌بندی و تحلیل داده‌های موجود است. بنابراین، هدف از این مقاله مروری بررسی نظام‌مند فرایند سنتز سبز نانوذرات فلزی با استفاده از عصاره‌های گیاهی، تحلیل مکانیسم‌های شناخته‌شده، مقایسه گونه‌های گیاهی از نظر کارایی سنتز و کاربردهای زیستی، و شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های پژوهشی آینده در این حوزه نوظهور است.

مبانی نظری سنتز سبز نانوذرات

روش‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی را می‌توان روش‌های متداول برای تولید نانوذره‌ها دانست (Nanda and Saravanan, 2009). روش‌های شیمیایی شامل رسوب، اکسیداسیون یا احیا، تشکیل گاز نامحلول و سایر واکنش‌های شیمیایی است که شامل تبادل یا اشتراک الکترون‌ها بین اتم‌ها می‌شود. روش فیزیکی یک رویکرد از پایین به بالا برای سنتز مواد نانوساختار است که شامل دو مرحله اساسی است. مرحله اولیه شامل تبخیر مواد و مرحله دوم شامل یک تراکم سریع کنترل شده برای تشکیل اندازه ذرات مورد نیاز است. این روش، روشی سازگار با محیط‌زیست برای سنتز نانوذرات ارائه می‌دهد. سنتز سبز[1] نیز که بر تشکیل نانوذرات فلزی و اکسید فلزی متمرکز شده است به دو روش بیوسنتز به واسطه گیاه و بیوسنتز به واسطه میکروب‌ها انجام می‌پذیرد (Ashrafi-Saiedlou et al., 2025a, 2025b). استفاده از مواد خطرناک، سمی بودن و آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از نانوذرات حاصل از روش‌های شیمیایی که امروزه به کار برده می‌شود، باقی ماندن مقداری از واکنشگرهای سمی، عدم امکان استفاده از آن‌ها در مطالعات زیستی و پزشکی و نیز هزینه‌های زیاد تهیه و نگهداری آن‌ها سبب گرایش به سنتز این مواد از سایر روش‌ها شده است (Ghani et al., 2017). فناوری نانو که از مسیرهای بیولوژیکی برای سنتز نانومواد استفاده می‌کند، تولید مواد خطرناک را به حداقل می‌رساند. در همین حال، میزان انرژی ورودی در فناوری نانو سبز بسیار کمتر از سایر فناوری‌ها است. تقریباً هیچ ماده شیمیایی سمی در طول سنتز تولید نمی‌شود و سازگاری محیطی آن‌ها بسیار بالا است. در واقع روش سنتز سبز بهره گرفتن از اصول و قواعدی است که بتواند تولید ترکیب‌های مخاطره آمیز را در ساخت مصنوع‌ها و محصول‌های شیمیایی کاهش داده و یا حذف کند (Taib et al., 2018). بنابراین، نانومواد سبز تولید شده می‌توانند به طور گسترده در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گیرند.

در سال‌های اخیر، روش‌های زیستی با به‌کارگیری قارچ‌ها (Gajbhiye et al., 2009)، باکتری‌ها (Ashrafi-Saeidlou et al., 2025b) و عصاره گیاهان (Ashrafi-Saeidlou et al., 2025a) به دلیل سادگی، کم هزینه بودن، داشتن بازده بالا، غیرسمی بودن و سازگاری با محیط‌زیست، توجه ویژه‌ای را نسبت به سایر روش‌ها به خود جلب کرده‌اند. سه مرحله اصلی در تهیه نانوذرات که باید از دید شیمی سبز مورد ارزیابی قرار گیرد، انتخاب حلال مورد استفاده برای سنتز، انتخاب ماده احیاکننده بی‌خطر و انتخاب ماده غیرسمی برای تثبیت نانوذرات می‌باشد. در حال حاضر انواع مختلفی از نانوذرات فلزی از حلال‌های مختلف ساخته شده که برای استخراج ترکیبات فعال استفاده

1. Green Synthesis

می‌شود. گزارش شده که اختلاف قطبیت حلال، عصاره‌هایی با ترکیب شیمیایی مختلف به دست می‌آورد. بیشتر روش‌های سنتز سبز که تا به امروز گزارش شده‌اند بر پایه حلال‌های آلی استوار هستند که این امر به طور عمده به دلیل آبگریز بودن مواد نگهدارنده مورد استفاده است. البته روش‌های گزارش شده برای سنتز نانوذرات فلزی محلول در آب نیز وجود دارد. با این حال، تا به امروز یک رویکرد شیمی سبز واحد برای تولید نانوذرات گزارش نشده است (Asadian et al., 2020).

امروزه استفاده از گیاهان و محصولات کشاورزی به عنوان منابع تجدیدپذیر و ارزان برای تهیه نانو مواد زیستی از اهمیت بالایی برخوردار است (Mossavi et al., 2020). برای سنتز نانوذرات، عصاره گیاهانی که شامل ترکیبات احیاکننده‌ای مانند آلکالوئیدها، پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، اسیدهای آمینه، ترکیبات فنلی و پلی‌ساکاریدها می‌باشند، به علت حذف فرآیند پیچیده کشت سلولی و عدم استفاده از فشار، دما، انرژی بالا و مواد سمی و همچنین پایداری محصولات تولید شده، مورد توجه زیادی قرار گرفته است (Saranyaadevi et al., 2014). سنتز سبز نانوذرات فلزی با استفاده از عصاره‌های کل گیاه یا قسمت‌های مختلف یک گیاه، قوی‌ترین فرآیند سنتز با هزینه مقرون به صرفه است. اجزای موجود در عصاره گیاه، مسئول انقباض یون‌های فلزی هستند، در حالی که اجزای هتروسایکلیک محلول در آب می‌توانند نانوذرات تشکیل شده را تثبیت کنند. بنابراین، سنتز نانوذرات فلزی با استفاده از بافت گیاهی غیرفعال، عصاره‌های گیاهی، ترشحات و سایر بخش‌های گیاهان زنده ممکن است یک انتخاب مدرن برای ساخت نانوذرات نسبت به روش‌های مرسوم باشد (Sadegnia et al., 2024).

گیاهان به دلیل فراوانی و عدم نیاز به شرایط و مواد غذایی خاص برای رشد، گزینه‌ای مناسب برای تهیه سبز نانوذرات به حساب می‌آیند. کامل بودن واکنش، کم بودن زمان واکنش، تولید نانوذرات با شکل‌های متفاوت و یکنواخت بودن اندازه آن‌ها از دیگر مزایای استفاده از گیاهان برای تهیه نانوذرات هستند (Wang et al., 2009). به‌طور کلی عصاره گیاهان که به عنوان عامل‌های پایدارکننده[1]، کاهنده[2] و پوشاننده جهت کنترل رشد بلورها می‌باشد، از متابولیت‌های مختلفی مانند ترپنوئیدها، فنل‌ها، پروتئین‌ها یا کربوهیدرات‌ها تشکیل شده‌اند، که این ترکیب‌ها مسئول مستقیم انجام واکنش‌های اکسایش - کاهش نانو ذرات هستند (Ashrafi-Saeidlou et al., 2025a). این ترکیبات همچنین قادرند از تجمع و رشد بیش از حد ذرات جلوگیری کرده و پایداری نسبی آن‌ها را تضمین کنند.

فرآیند سنتز سبز معمولاً شامل سه مرحله می‌باشد که عبارتند از: ۱) کاهش یون فلزی به فرم نانوذره با استفاده از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موجود در عصاره؛ ۲) پایدارسازی نانوذرات با پوشش‌دهی سطح آن‌ها توسط ترکیبات آلی عصاره؛ ۳) رشد و کنترل مورفولوژی نانوذرات در شرایط فیزیکی و شیمیایی خاص (دما، pH، غلظت عصاره و یون فلزی). با توجه به اینکه نانوذرات فلزی حاصل از سنتز سبز اغلب دارای خاصیت‌های زیستی از جمله آنتی‌میکروبی، آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی و ضدالتهابی هستند، بررسی دقیق خواص فیزیکوشیمیایی آن‌ها و مکانیسم اثرشان در کاربردهای پزشکی، موضوعی کلیدی در این حوزه پژوهشی محسوب می‌شود.

مقایسه عصاره‌های گیاهی مختلف و تأثیر آن‌ها بر سنتز نانوذرات فلزی

سنتز نانوذرات با استفاده از گونه‌های مختلف گیاهی به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان‌دهنده‌ی اندازه‌ها و مورفولوژی‌های مختلف نانوذرات آهن سنتز شده می‌باشند که می‌توانند در کاربردهای مختلف

1. Stabilizer
2. Reductant

مورد استفاده قرار گیرند. استفاده از عصاره‌های گیاهی برای سنتز نانوذرات فلزی به‌دلیل تنوع بالای ترکیبات زیست‌فعال، تنوع گونه‌های گیاهی و شرایط بومی اقلیمی، منجر به تولید نانوذرات با ویژگی‌های متنوع می‌شود. نوع گیاه، بخش مورد استفاده (برگ، ریشه، ساقه، گل، پوست میوه و...)، روش عصاره‌گیری، غلظت عصاره، نوع یون فلزی و شرایط واکنش مانند pH، دما و زمان، همگی بر خواص نهایی نانوذرات تأثیرگذار هستند. به همین دلیل، شناسایی و مقایسه گونه‌های گیاهی مختلف در سنتز نانوذرات از اهمیت زیادی برخوردار است (Ashrafi-Saeidlou et al., 2025a; Noureen et al., 2025; Soliman et al., 2024).

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که عصاره‌های گیاهی نه‌تنها توانایی کاهش یون‌های فلزی به نانوذرات را دارند، بلکه می‌توانند نقش مهمی در تعیین اندازه، شکل، پایداری و فعالیت زیستی نانوذرات ایفا کنند. همچنین، ترکیبات موجود در عصاره‌ها مانند فلاونوئیدها، ترپن‌ها و پلی‌فنول‌ها نه‌تنها در کاهش یون‌های فلزی نقش دارند بلکه باعث پوشش‌دهی سطح نانوذرات شده و خواص زیستی آن‌ها را نیز بهبود می‌بخشند. عصاره‌های برگ به دلیل دارا بودن فلاونوئیدها و تانن‌ها معمولاً نانوذراتی با اندازه کوچکتر و توزیع یکنواخت‌تر تولید می‌کنند. گیاهان حاوی ترکیبات گوگرددار، قابلیت احیای قوی‌تری داشته و نانوذرات با خواص ضدباکتری قوی‌تری تولید می‌کنند. خواص زیستی نانوذرات تولیدی نیز به‌شدت تحت تأثیر نوع عصاره و پوشش سطحی آن است. وجود ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در عصاره‌ها می‌تواند فعالیت بیولوژیکی نانوذرات را افزایش دهد.

نمونه‌ای از برخی آزمایشات اجرا شده با استفاده از گیاهان مختلف در سنتز نانوذرات فلزی، همراه با نوع نانوذره تولیدی، اندازه تقریبی ذرات، و برخی ویژگی‌های مهم آن‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. مقایسه برخی عصاره‌های گیاهی در سنتز نانوذرات فلزی

ردیف	نام گیاه (نام علمی)	نوع نانوذره فلزی	بخش گیاه مورد استفاده	اندازه تقریبی (nm)	خواص زیستی گزارش‌شده	مرجع
۱	آویشن آذربایجانی (*Thymus migricus*)	آهن (Fe_3O_4NPs)	برگ	۱۴/۷۴	آنتی‌اکسیدان، آنتی‌میکروبی، فتوکاتالیست، محرک رشد	Ashrafi Saeidlou et al., 2025a
۲	گل محمدی (*Rosa damascena*)	روی (ZnNPs)	گلبرگ	۸۳/۷۴–۴۴/۶۶	آنتی‌اکسیدان، آنتی‌میکروبی، آنتی دیابت، آنتی آلرایمر، فتوکاتالیست،	Alizadeh et al., 2025
۳	گل قاصد (*Taraxacum officinale*)	نقره (AgNPs)	گلبرگ	۱۰۰-۸۰	آنتی‌اکسیدان، آنتی‌میکروبی، فتوکاتالیست	Yousefzadeh-Valendeh et al., 2023
۴	دارچین (*Cinnamon zeylanicum*)	نقره (AgNPs)	پوست	۶۶-۵۳	آنتی‌میکروبی، ضد انگل	Noureen et al., 2025
۵	چریش (*Azadirachta indica*)	نقره (AgNPs)	برگ	۳۴	آنتی‌باکتریایی	Ahmed et al., 2016
۶	نعناع فلفلی (*Mentha piperita*)	روی (ZnNPs)	برگ	۱۰۰>	آنتی‌باکتریایی	Majeed et al., 2024
۷	زردچوبه (*Curcuma longa*)	طلا (AuNPs)	ریزوم	۳۰-۲۰	فتوکاتالیستی	Xie et al., 2024
۸	چای سفید (*Camellia sinensis*)	مس (CuNPs)	برگ	۱۰>	آنتی‌میکروبی	Huang et al., 2024
۹	گل کاسیا (Cassia javanica)	سلنیوم (SeNPs)	گل	۱۰۰-۳۵	مصارف دارویی و کشاورزی	Soliman et al., 2024

روش‌های ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نانوذرات سنتز شده با عصاره‌های گیاهی

نانوذرات فلزی تولید شده به روش سنتز سبز، به دلیل تعامل ترکیبات زیستی موجود در عصاره‌های گیاهی با یون‌های فلزی، دارای ویژگی‌های منحصر به فرد فیزیکی و شیمیایی هستند که بر عملکرد و کاربردهای آن‌ها تأثیر بسزایی دارد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نانوذرات سنتز شده از عصاره‌های گیاهی، به‌طور مستقیم بر خواص زیستی و کاربردهای پزشکی آن‌ها تاثیرگذار است. به‌همین دلیل، کنترل پارامترهای سنتز و بررسی جامع مشخصات نانوذرات از اهمیت بالایی برخوردار است. ارزیابی دقیق این ویژگی‌ها برای تضمین کیفیت و کارایی نانوذرات بسیار مهم است (Yousefzadeh-Valendeh et al., 2023; Alizadeh et al., 2025; Ashrafi-Saeidlou et al., 2025a, 2025b).

در همین راستا، مقالات علمی مرتبط در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۵ از پایگاه‌های معتبری نظیر، Web of Science، Science Direct و Google Scholar گردآوری و تحلیل شدند. همچنین از دستاوردهای پژوهشی پیشین نویسندگان مقاله در تحلیل نتایج و تدوین طبقه‌بندی‌های مفهومی استفاده شده است.

اندازه و مورفولوژی: اندازه نانوذرات معمولاً در بازه ۱ تا ۱۰۰ نانومتر قرار دارد و شکل‌های مختلفی مانند کروی، بیضوی، منشوری یا نانومیله‌ای مشاهده می‌شود. پارامترهایی همچون نوع گیاه، غلظت عصاره، زمان واکنش و دما بر اندازه و شکل نانوذرات تأثیرگذارند. معمولاً تکنیک‌هایی مانند میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) و روبشی (SEM) برای تعیین مورفولوژی به کار می‌روند.

ساختار کریستالی: ساختار نانوذرات معمولاً به صورت کریستالی و تک‌بلوری یا چندبلوری است که توسط پراش پرتو ایکس (XRD) تعیین می‌شود. سنتز سبز اغلب منجر به تولید نانوذرات با ساختار کریستالی پایدار و خالص می‌شود.

ویژگی‌های سطحی و بار الکتریکی: سطح نانوذرات با مولکول‌های آلی موجود در عصاره پوشانده شده که باعث پایدارسازی ذرات و جلوگیری از تجمع آن‌ها می‌شود. اندازه‌گیری بار سطحی یا پتانسیل زتا (Zeta Potential) نشان‌دهنده پایداری کلوئیدی نانوذرات است؛ بار سطحی بیشتر از ±۳۰ میلی‌ولت معمولاً بیانگر پایداری خوب ذرات است.

مشخصات طیفی: طیف جذب UV-Visible نانوذرات به دلیل ویژگی‌های پلاسمون سطحی (SPR) نانوذرات فلزی، معمولاً پیک‌های مشخصی در بازه ۳۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر نشان می‌دهد که بستگی به نوع فلز و اندازه ذرات دارد. همچنین طیف‌های FTIR برای شناسایی گروه‌های عاملی مسئول کاهش و پایدارسازی روی سطح نانوذرات استفاده می‌شود.

پایداری: نانوذرات سنتز شده با عصاره‌های گیاهی معمولاً پایداری مناسبی در شرایط محیطی دارند؛ اما عواملی مانند دما،pH و غلظت نمک می‌تواند بر پایداری آن‌ها تأثیر بگذارد. پوشش‌های زیستی موجود در سطح نانوذرات باعث افزایش مقاومت آن‌ها در برابر اکسیداسیون و تجمع می‌شود.

کاربردهای زیستی و پزشکی نانوذرات سنتز شده با عصاره‌های گیاهی

نانوذرات فلزی سنتز شده به روش سبز، کاربردهای گسترده‌ای در حوزه زیست‌پزشکی یافته‌اند. استفاده از عصاره‌های گیاهی به عنوان عامل کاهنده و پایدارکننده نه تنها فرایند سنتز را زیست‌سازگار می‌کند بلکه باعث کاهش سمیت نانوذرات می‌شود. در ادامه به برخی از مهم‌ترین کاربردهای زیستی این نانوذرات اشاره می‌شود (Yousefzadeh-Valendeh et al., 2023; Jangid et al., 2024; Alizadeh et al., 2025; Ashrafi-Saeidlou et al., 2025a, 2025b).

فعالیت ضدباکتریایی و ضد میکروبی: نانوذرات سنتز شده با عصاره‌های گیاهی، به ویژه نانوذرات نقره، دارای خواص قوی ضدباکتریایی و ضدقارچی هستند. این ذرات قادرند با تخریب دیواره سلولی، ایجاد استرس اکسیداتیو و

اختلال در عملکرد متابولیکی میکروارگانیسم‌ها، رشد آن‌ها را مهار کنند. این ویژگی موجب استفاده از آن‌ها در درمان عفونت‌ها و تولید پوشش‌های ضدعفونی‌کننده می‌شود.

اثرات ضدسرطانی: برخی نانوذرات فلزی، به‌ویژه نانوذرات طلا و نقره، سنتز شده با عصاره‌های گیاهی، در مطالعات آزمایشگاهی نشان‌دهنده اثرات مهارکننده رشد سلول‌های سرطانی و القای آپوپتوز هستند. ترکیبات فعال روی سطح نانوذرات ممکن است باعث افزایش اثرات ضدسرطانی شده و به‌عنوان عامل هدفمند در دارورسانی مورد استفاده قرار گیرند.

رهایش دارو و دارورسانی هدفمند: پوشش زیستی و قابلیت عملکرد سطحی نانوذرات سنتز شده به روش سبز امکان اتصال و حمل داروهای مختلف را فراهم می‌کند. این ویژگی موجب افزایش اثربخشی دارو، کاهش دوز مصرفی و کاهش عوارض جانبی می‌شود. همچنین قابلیت هدفمندسازی نانوذرات، امکان تحویل دارو به بافت‌های خاص را فراهم می‌کند.

تصویربرداری و تشخیص زیستی: نانوذرات فلزی به دلیل خواص پلاسمونیک و نوری خود در تصویربرداری زیستی، تشخیص بیماری‌ها و توسعه فناوری‌های حسگری نقش دارند. سنتز سبز این نانوذرات با پوشش زیستی موجب بهبود زیست‌سازگاری و کاهش سمیت می‌شود که برای کاربردهای بالینی اهمیت دارد.

کاربردهای دیگر: علاوه بر موارد فوق، نانوذرات سنتز شده با عصاره‌های گیاهی در زمینه‌های دیگری همچون ترمیم بافت، ضد التهاب، آنتی‌اکسیدان و حفاظت از سلول‌ها در برابر استرس اکسیداتیو نیز کاربرد دارند.

کاربردهای زیستی و پزشکی نانوذرات سنتز شده با عصاره‌های گیاهی نشان‌دهنده پتانسیل بالای این نانوذرات در بهبود درمان‌های نوین، کاهش اثرات جانبی دارویی و توسعه فناوری‌های تشخیصی و درمانی پیشرفته است. با این حال، تحقیقات بیشتری در زمینه ایمنی، سمیت و مکانیسم‌های دقیق اثرات این نانوذرات مورد نیاز است.

چالش‌ها و چشم‌اندازهای آینده در سنتز سبز نانوذرات

با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در زمینه سنتز سبز نانوذرات با استفاده از عصاره‌های گیاهی، چالش‌ها و محدودیت‌هایی همچنان وجود دارد که می‌تواند مسیر توسعه این حوزه را تحت تأثیر قرار دهد.

عدم یکنواختی و استانداردسازی: تنوع گونه‌های گیاهی، تفاوت در روش‌های استخراج عصاره، و شرایط واکنش، موجب تولید نانوذرات با خصوصیات متفاوت و پراکندگی زیاد می‌شود. نبود پروتکل‌های استاندارد سبب دشواری در مقایسه نتایج و تکرارپذیری می‌گردد.

کنترل دقیق اندازه و مورفولوژی: کنترل پارامترهای سنتز برای تولید نانوذرات با اندازه، شکل و ویژگی‌های فیزیکی مطلوب، نیازمند پژوهش‌های بیشتر و توسعه تکنیک‌های دقیق‌تر است.

مقیاس‌پذیری: بهره‌برداری صنعتی از روش‌های سنتز سبز، مستلزم توسعه فرایندهای مقیاس‌پذیر، پایدار و اقتصادی است که بتواند کیفیت نانوذرات را در حجم‌های بالا حفظ کند.

مطالعات سمیت و ایمنی: اگرچه سنتز سبز کاهش سمیت را هدف دارد، اما بررسی‌های جامع و بلندمدت در زمینه اثرات زیستی و سمیت احتمالی نانوذرات سنتز شده ضروری است تا اطمینان کامل از ایمنی آن‌ها حاصل شود.

درک مکانیسم‌های زیستی: مطالعات عمیق‌تر در زمینه مکانیسم‌های زیستی و شیمیایی دخیل در فرایند سنتز و عملکرد نانوذرات، می‌تواند به بهینه‌سازی روش‌ها و افزایش اثربخشی کاربردهای نانوذرات کمک کند.

با پیشرفت فناوری‌های نوین آنالیز و کنترل واکنش‌ها، انتظار می‌رود سنتز سبز نانوذرات به‌زودی به‌صورت گسترده‌تری در صنایع دارویی، پزشکی، کشاورزی و محیط زیست کاربرد یابد. توسعه نانوذرات چندکاره با پوشش‌های هدفمند و افزایش کارایی زیستی آن‌ها، از مهم‌ترین اهداف پژوهشی آینده است.

نتیجه‌گیری

پیشرفت‌های روزافزون در حوزه نانوفناوری، نیاز به روش‌های پایدار و زیست‌سازگار برای تولید نانوذرات را بیش از پیش آشکار ساخته است. سنتز سبز نانوذرات فلزی با بهره‌گیری از عصاره‌های گیاهی، نه‌تنها با اصول شیمی سبز همخوانی دارد، بلکه قابلیت ترکیب با فناوری‌های نوین در حوزه‌های زیست‌پزشکی، کشاورزی و محیط‌زیست را نیز داراست. استفاده از منابع گیاهی بومی، امکان بومی‌سازی دانش فنی، کاهش هزینه‌ها و ارتقاء استقلال علمی را فراهم می‌کند. با این حال، عبور از مرحله پژوهش‌های آزمایشگاهی به کاربردهای صنعتی، نیازمند همگرایی میان علوم گیاهی، مهندسی نانو، زیست‌شناسی و فناوری‌های فرآیندی است. تلفیق دانش میان‌رشته‌ای، تدوین پروتکل‌های استاندارد و توسعه زیرساخت‌های فناورانه می‌تواند راه را برای بهره‌برداری گسترده‌تر از ظرفیت‌های این روش نوین هموار سازد. آینده این حوزه در گروی سرمایه‌گذاری هدفمند، همکاری‌های علمی بین‌المللی و نگاه راهبردی به توسعه پایدار است.

منابع

Alizadeh, Z., Fattahi, M., Farokhzad, A., Asghari, B., Yousefzadeh-Valendeh, S., Alipour, H. and Palazon, J. (2025). Green nanoparticles synthesized from damask rose petals: Evaluation of their antioxidant, antimicrobial, anti-diabetic, anti-Alzheimer, and photocatalytic properties. *Heliyon*, 11(4).

Asadian, H., Tadayon, F. and Raeis Farshid, S. (2020). Green synthesis of magnetic iron-nickel oxide nanoparticles using Terminalia chebula extract. *Advanced Environmental Sciences*, *18*(3), 74-84.

Ashrafi-Saiedlou, S., Rasouli-Sadaghiani, M. and Fattahi, M. (2025a). Green synthesis of iron oxide nanoparticles using *Thymus migricus* for multifunctional applications in antioxidant, antimicrobial, photocatalytic, and seed priming processes. *Heliyon*, 11(5).

Ashrafi-Saiedlou, S., Rasouli-Sadaghiani, M., Fattahi, M. and Ghosta, Y. (2025b). Biosynthesis and characterization of iron oxide nanoparticles fabricated using cell-free supernatant of *Pseudomonas fluorescens* for antibacterial, antifungal, antioxidant, and photocatalytic applications. *Scientific Reports*, 15(1), 1018.

Gardea-Torresdey, J. L., Gomez, E., Peralta-Videa, J. R., Parsons, J. G., Troiani, H. and Jose-Yacaman, M. (2003). Alfalfa sprouts: A natural source for the synthesis of silver nanoparticles. *Langmuir*, 19, 1357–1361.

Ghani, S., Rafiee, B., Sadeghi, D. and Ahsani M. (2017). Biosynthesis of iron nano-particles by *Bacillus Megaterium* and its anti-bacterial properties. *Journal of Babol University of Medical Sciences*, *19*(7), 13-19.

Huang, Z., Zhao, W., Liu, X., Zhong, M., Ye, X. and Ko, T. H. (2024). Green synthesis of copper nanoparticles using white tea leaf extract: Characterization, adsorption behavior, and antibacterial applications. *BioResources*, 19(3).

Jangid, H., Singh, S., Kashyap, P., Singh, A. and Kumar, G. (2024). Advancing biomedical applications: An in-depth analysis of silver nanoparticles in antimicrobial, anticancer, and wound healing roles. *Frontiers in Pharmacology*, 15, 1438227.

Kato, Y. and Suzuki, M. (2020). Synthesis of metal nanoparticles by microorganisms. *Crystals*, 10, 589.

Majeed, H., Iftikhar, T. and Abid, R. (2024). Green synthesis of insecticidal, bactericidal, UV absorbent, sustainable paint formulations using *Mentha piperita* (peppermint). *Reaction Chemistry & Engineering*, 9(9), 2358–2366.

Mossavi, A., Armin, M. and Akhlaghi, H. (2021). Green synthesis of iron nano particles using Fennel (*Foeniculum vulgare*) extract and its antioxidant properties. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*, *28*(1), 83-88.

Nanda, A. and Saravanan, M. (2009). Biosynthesis of silver nanoparticles from *Staphylococcus aureus* and its antimicrobial activity against MRSA and MRSE. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 5, 452–456.

Noureen, A., Ahmad, F., Younas, F., Wondmie, G. F., Ibenmoussa, S., Shazly, G. A. and Bourhia, M. (2025). Green-synthesized silver nanoparticles of *Cinnamomum zeylanicum* and their biological activities. *Open Chemistry*, 23(1), 20240128.

Sadegnia, S., Molashahi, E., Einali, A.R. and Azizi-Sharme, O. (2024) .Optimization and Characterization of Plant-Mediated Green Synthesis of Copper Oxide Nanoparticles Using Leaf Aqueous Extract of *Hibiscus Sabdariffa* L. *Journal of applied research in chemisry, 2(15), 12-23.*

Saranyaadevi, K., Subha, V., Ravindran, R. E. and Renganathan, S. (2014). Green synthesis and characterization of silver nanoparticle using leaf extract of *Capparis zeylanica*. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 7, 44–48.

Soliman, M. K., Amin, M. A. A., Nowwar, A. I., Hendy, M. H. and Salem, S. S. (2024). Green synthesis of selenium nanoparticles from *Cassia javanica* flowers extract and their medical and agricultural applications. *Scientific Reports*, 14(1), 26775.

Taib, N. I., Latif, F. A., Mohamed, Z. and Zambri, N. D. S. (2018). Green synthesis of iron oxide nanoparticles (Fe_3O_4-NPs) using *Azadirachta indica* aqueous leaf extract. *International Journal of Engineering and Technology*, 7, 9–13.

Wang, Y., He, X., Wang, K., Zhang, X. and Tan, W. (2009). *Barbated Skullcap* herb extract-mediated biosynthesis of gold nanoparticles and its primary application in electrochemistry. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 73, 75–79.

Xie, W., Zhang, Y., Yang, X., Yu, P. and Ban, D. (2024). Green synthesis of gold nanoparticles mediated by extract of *Curcuma longa* under ultrasonic condition: Investigation of its application for reduction of dye pollutants and repairing the articular cartilage in an animal model of osteoarthritis of the knee. *Inorganic Chemistry Communications*, 162, 112169.

Yousefzadeh-Valendeh, S., Fattahi, M., Asghari, B. and Alizadeh, Z. (2023). Dandelion flower-fabricated Ag nanoparticles versus synthetic ones with characterization and determination of photocatalytic, antioxidant, antibacterial, and α-glucosidase inhibitory activities. *Scientific Reports*, 13(1), 15444.

Green Synthesis of Metallic Nanoparticles Using Plant Extracts: A Review of Mechanisms, Plant Diversity, and Biological Applications

Sanaz Ashrafi-Saeidlou[1*], Mohammad Fattahi[2], Mir Hassan Rasouli-Sadaghiani[3]
1. Researcher (Ph.D.), Soil and Water Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran
2. Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
3. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
[*]*Corresponding Author: sanazashrafi92@yahoo.com*

Abstract

In recent years, the green synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts has emerged as a promising approach in nanotechnology due to its eco-friendly nature, cost-effectiveness, and safety. This method serves as a viable alternative to conventional chemical and physical synthesis techniques, which are often expensive and environmentally detrimental. Plant extracts are rich in bioactive phytochemicals such as flavonoids, alkaloids, terpenes, and polyphenols, which function as natural reducing and stabilizing agents during nanoparticle formation. This review comprehensively explores the fundamental mechanisms underlying the biosynthesis of metallic nanoparticles and provides a comparative analysis of various plant species employed in this process, focusing on their effectiveness in producing nanoparticles with desirable characteristics such as size, morphology, stability, and biological activity. Additionally, the review highlights the diverse applications of green-synthesized nanoparticles, particularly in antimicrobial activity, anticancer therapy, environmental remediation, and enhancement of plant growth and productivity. Despite significant advancements, key challenges remain, including the lack of standardization in plant extract preparation and difficulties in scaling up the synthesis process. Therefore, this study aims to provide a critical overview of the current state, identify research gaps, and outline future directions for advancing green synthesis of metallic nanoparticles, based on a comprehensive review of scientific literature published between 2003 and 2025 from reputable databases such as Scopus, Web of Science, Science Direct, and Google Scholar, as well as the authors' previous research findings.

Keywords: Eco-friendly methods, Green synthesis, Metallic nanoparticles, Natural reducing agents, Plant extract

گیاهان دارویی جایگزین سموم شیمیایی برای کنترل کنه تارتن دو لکه‌ای

سولماز عظیمی و پریسا لطف‌الهی*
گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
*نویسنده مسئول: s_azimi2007@yahoo.com

چکیده

گیاهان دارویی به دلیل داشتن ترکیبات آلی متنوعی مانند فنل‌ها، ترپنوئیدها، کاروتنوئیدها و...که متابولیت‌های ثانویه نامیده می‌شوند، می‌توانند از خود در برابر تنش‌های زیست‌محیطی و آفات دفاع کنند. متابولیت‌های ثانویه برخی از گیاهان که در فعالیت آفات تداخل ایجاد می‌کنند، دارای خاصیت کشندگی، دورکنندگی و بازدارندگی در تغذیه و تخم‌ریزی برای بندپایان گیاه‌خوار مانند حشرات و کنه‌ها می‌باشند و جایگزین مناسبی برای سموم شیمیایی به شمار می‌آیند. از سوی دیگر اسانس و عصاره‌های گیاهی سمیت کمی برای پستانداران دارند، سریع در طبیعت تجزیه می‌شوند و آفات به دلیل دارا بودن ترکیب‌های پیچیده، دیرتر به آن‌ها مقاوم می‌شوند. بنابراین، این ترکیبات می‌توانند جایگزین مناسبی برای آفت‌کش‌های شیمیایی در کنترل آفات باشند. به دلیل اهمیتی که متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی در از بین بردن و دور کردن آفات دارند و نیز به خاطر وجود تنوع گسترده‌ای از گونه‌های گیاهی معطر متعددی که به صورت بومی و غیربومی در کشور ما وجود دارند و کشت می‌شوند، می‌توان از این امتیاز برای تولید آفت‌کش‌های ایمن و کم‌خطر استفاده کرد. در سال‌های اخیر اسانس‌های گیاهی مورد توجه قرار گرفته‌اند و شماری از محققین تأثیرات این اسانس‌های گیاهی را بر آفات مختلف بررسی کردند.

واژه‌های کلیدی: آفت، کنه، کنه‌کش شیمیایی، گیاهان دارویی

مقدمه

امروزه بسیاری از کشورهای پیشرفته به دنبال حشره‌کش‌های گیاهی می‌باشند که هم از نظر سلامت محیط ایمن باشد و هم بهترین عمل‌کرد را در جهت دفع آفات و بیماری‌ها در کمترین زمان ممکن صورت گیرد، از این رو پیوسته محققین به دنبال کشف و تولید سموم گیاهی کم خطر هستند. گیاهان دارای ترکیبات اولیه و ثانویه می‌باشند، ترکیبات اولیه ترکیباتی هستند که طی فتوسنتز تولید شده و در تولید مواد داخل سلول کمک می‌کنند، از جمله این مواد اولیه می‌توان به کربوهیدرات‌هایی مثل روغن‌های گیاهی، ساکارز، سلولز، اسیدهای چرب، نشاسته، پروتئین‌ها و ترپن‌ها اشاره کرد (Sangwan et al., 2001). اما ترکیبات ثانویه که گروه بزرگی از ترکیبات آلی آن‌ها را تولید می‌کنند و می‌توانند عملکرد اکولوژیکی مهمی در داخل گیاه ایفا کنند، از این رو نقش مهمی در حفاظت از گیاهان در برابر گیاه‌خواران و بیماری‌های گیاهی و عوامل میکروبی، همزیستی‌ها، رقابت گیاهان با یکدیگر و جذب گرده افشان‌ها دارند (Wink, 2010). کاربرد این متابلولیت‌های ثانویه در زمینه علف‌کش‌ها، سموم گیاهی، رنگ‌های طبیعی و داروها حتی مواد توهم‌زا مورد توجه محققین می‌باشد. این ترکیبات در سه خانواده مولکولی (ترپن‌ها، ترکیبات نیتروژن‌دار و فنل‌ها) جای می‌گیرند، این ترکیبات، ترکیبات دفاعی ضد گیاه‌خواری می‌باشند که آلکالوئیدها و گلیکوزیدهای سیانوژنی در آن‌ها وجود دارند، که در انسان باعث ایجاد مسمومیت می‌شود و دارای خواص دارویی نیز می‌باشند از این رو مورد

توجه بسیاری از محققین هستند (Bourgaud et al. 2001). بزرگترین گروه این ترکیبات ثانویه شامل ترپن‌ها یا ترپنوئیدها می‌شود، از جمله مهم‌ترین ترکیبات فنول‌ها، ترکیبات پلی فنولی را می‌توان نام برد، بیشتر از ۶۵۰۰ فلاوئید تا به امروز گزارش شده است که اهمیت ویژه‌ای در حفاظت و نمو گیاهان در مقابل گیاه‌خواران و پاتوژن‌های گیاهی و اشعه ماورای بنفش دارند (Sangwan et al., 2001). خواص ضد میکروبی، ضد آلرژی، ضد ویروسی، ضد باکتریایی این ترکیبات و هم‌چنین اثرات آنتی‌اکسیدانی قوی را به دلیل تاثیر احیاکنندگی در فنول‌ها دارا می‌باشند (Katalinic et al., 2006).

پدیده شیمی سبز اصطلاحی است در توسعه و طراحی و به کارگیری محصولات و عواملی که برای حذف یا کاهش مواد زیان‌آور برای انسان و محیط‌زیست مورد استفاده قرار می‌گیرد و موجب بهبود کیفیت زندگی بر روی کره خاکی می‌شود. مشکلاتی هم‌چون آلودگی‌های پایین دستی ناشی از فعالیت کشاورزی کنترل نشده، از بین رفتن گونه‌های بیولوژیک در محیط‌زیست جنگلی و آبی، آلودگی آب‌های زیرزمینی و رهاسازی آلاینده‌های آلی و غیرقابل تجزیه در محیط زیست، از بین رفتن لایه ازن، تغییر اقلیم کره‌زمین بر اثر حوادث طبیعی و بسیاری از مشکلات دیگر ما را به استفاده از فناوری‌های سبز که علم شیمی مهترین آن‌هاست وا داشته است (Misono, 2004). اسانس‌ها از دسته متابولیت‌های ثانویه هستند که از ریشه، ساقه، برگ گیاهان حتی میوه‌ها و گل‌ها با استفاده از روش‌هایی به دست می‌آیند.

اسانس‌های گیاهان دارویی و کاربرد آنها در کشاورزی

به طور عمده اسانس‌ها از طریق تقطیر برگ و گل و میوه، ساقه و غیره که شامل بخش‌های مختلف گیاهان معطر می‌باشد از طریق بخارآب به دست می‌آید، در گذشته به عنوان عطرها و طعم دهنده‌های غذا مورد استفاده قرار می‌گرفتند اکنون به عنوان داروهای گیاهی در صنعت داروسازی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Sangwan et al., 2001). اسانس‌ها ترکیبات ترپنوئیدی هستند، این اسانس‌های گیاهی را روغن‌های فرار هم گفته می‌شوند (Katalinic et al., 2006). چگالی اسانس‌ها عمدتا کمتر از آب بوده اما در مواردی مانند اسانس میخک وزن مخصوص اسانس از آب بیشتر می‌شود و معمولا بی‌رنگ می‌باشند با گذشت زمان به دلیل اکسیداسیون رنگ آن‌ها تیره‌تر می‌شود بنابر این برای جلوگیری از این عمل باید آن‌ها را در مکانی خشک و خنک و تاریک داخل ظروف شیشه‌ای تیره نگهداری کرد. از آن‌جا که اسانس‌های گیاهی برای انسان و محیط‌زیست بی‌خطر یا کم‌خطر می‌باشند و هم‌چنین دارای ترکیبات حشره‌کشی و عقیم‌کنندگی و اثرات مرگ بار تدخینی و تنفسی بر روی اکثر حشرات را دارا هستند در علم گیاه‌پزشکی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Mozaffari et al., 2012). بر این اساس استفاده از این ترکیبات می‌تواند جایگزین بسیار مناسبی در کنار سموم شیمیایی مصنوعی برای کاهش مصرف از آن‌ها مورد استفاده قرار گیرند چرا که سموم شیمیایی به دلیل خطرات زیان باری که بر محیط‌زیست و پستانداران ایجاد کرده مانند ایجاد مقاومت در حشرات طغیان مجدد حشرات، بروز انواع بیماری‌های کشنده در پستانداران و انسان، آلودگی آب‌های زیر زمینی و رودخانه‌ها ایجاد کشندگی نسبت به حشرات مفید، محققین درصدد کاهش مصرف سموم شیمیایی توسط اسانس‌های گیاهی می‌باشند. اسانس‌های گیاهی روی طیف گسترده‌ای از موجودات زنده شامل تک سلولی‌ها، کنه‌ها، نماتدها، باکتری‌ها، قارچ‌ها، لاروها و حشرات کامل را می‌توانند تاثیر بگذارند (Misono, 2004). تاریخچه استفاده از اسانس‌های گیاهی در صنعت کشاورزی مربوط به چند صد سال پیش در چین، هند، یونان، و مصر می‌باشد استفاده از این اسانس‌ها در آمریکای شمالی به ۱۵۰ سال پیش برمی‌گردد، به عبارتی قبل از ساخت حشره‌کش‌های شیمیایی در دهه ۱۹۳۰ تا ۱۹۵۰ از این روش برای کنترل آفات استفاده می‌شد اما با تولید حشره‌کش‌های شیمیایی به دلیل اثر گذاری سریع به مرور این روش به فراموشی سپرده شد (Ahmad et al., 2022). در هر اسانسی عواملی نظیر نوع گیاه محیط آن روش

اسانس‌گیری موجب تنوع در ترکیبات شیمیایی اسانس‌ها می‌شود بنابر این روغن‌های فرار به دست آمده از بخش‌های مختلف گیاهان و درختان از نظر خواص شیمیایی و فیزیکی می‌توانند مشابه هم نباشند. عواملی نظیر نور، نوع خاک، میزان درجه حرارت، میزان رطوبت، آفت‌کش‌ها و علفکش‌ها، عوامل میکروبی و بیماری‌زا، موجودات اطراف گیاهان در زمینه کمی وکیفی اسانس‌ها تاثیر گذار هستند (Ahmadi et al., 2018). در ایران باستان از همان ابتدا از گل محمدی گرفتن گلاب مرسوم بود، بسیاری از عرقیات در علم گیاهان دارویی حائز اهمیت بودند مثل عرق نعنا، عرق بیدمشک، عرق رازیانه، عرق کاسنی، و بسیاری دیگر که در صنعت دارویی کاربردهای مفیدی دارند (Miresmaili et al., 2006). اسانس‌ها را به ۳ دسته تقسیم می‌کنند که عبارتند از: اول این که اسانس‌های طبیعی که با روش‌های اسانس‌گیری از بخش‌های مختلف گیاهان که به صورت طبیعی در محیط رشد کرده اند جمع‌آوری می‌شوند. دوم اسانس‌های مصنوعی مواد شیمیایی که به روش‌های استخراج به دست می‌آیند و همانند اسانس‌ها رنگ و بوی مشابه و معطری دارند و سوم اسانس‌های شبه طبیعی از ترکیب مواد خام معطر تشکیل شده و تقریبا شبیه اسانس‌های طبیعی می‌باشند. در کل این روغن‌های فرار قابلیت حلالیت در الکل، اتر و نفت خام را دارند ولی نسبت به آب، آب گریز هستند (Yoon et al., 2018).

پژوهش‌های انجام شده مرتبط با کنه تارتن دو لکه‌ای

در سال‌های اخیر استفاده گسترده از آفت‌کش‌ها و کنه‌کش‌های مرسوم برای کنترل کنه‌های *Tetranychus urticae* عوارض نامطلوبی بر محیط زیست، انسان‌ها و حیوانات ایجاد کرده‌اند. بنابراین در سال‌های اخیر بیشتر پژوهش‌ها در رابطه با روش‌های کنترل جایگزین از جمله استفاده از اثرات کشندگی اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی روی مراحل بالغ و تخم کنه تارتن دولکه‌ای است که از جمله آن‌ها می‌توان بررسی اثرات کنه‌کشی اسانس گیاه سرو (Mozaffari et al. 2012) و اسانس روغنی گندواش را نام برد. همچنین محققین در بررسی‌های مشابه نشان دادند که اسانس‌های گیاهی مانند بومادران خواص آفت‌کش آن را برای مدت طولانی‌تری حفظ کرده و از این تکنیک برای بهبود کارایی اسانس‌ها در کنترل آفات می‌توان استفاده کرد (Ahmadi et al., 2017). در یک تحقیق مشابه دیگر احمدی و همکاران در سال (۲۰۱۷) اثر کنه‌کشی اسانس بومادران بارگزاری شده در نانو کپسول‌های کیتوزان را بر روی کنه تارتن دولکه‌ای مورد بررسی قرار دادند و در نتیجه دریافتند که نانو فرموله کردن اسانس بومادران خاصیت حشره‌کشی آن را تا مدت طولانی‌تری افزایش داد. در مورد اثر بخشی و ماندگاری روغن رزماری به عنوان یک کنه‌کش در برابر کنه تارتن دولکه‌ای روی گوجه‌فرنگی، نتایج نشان داد که روغن رزماری باعث مرگ و میر کامل کنه‌ها در غلظت‌هایی شد که برای گیاه میزبان سمیت گیاهی ندارد (Miresmaili et al., 2006). در بررسی مشابه، سمیت و بازدارندگی اسانس سه گیاه *Ageratum conyzoides* ، *Achillea fragrantissima* و *Tagetes minuta* علیه کنه تارتن دو لکه‌ای مورد تحقیق قرار گرفت نتایج نشان داد که اسانس هر سه گیاه دارای ویژگی بالقوه کنه‌کشی هستند که می‌توان در برنامه‌های مدیریت آفات تحت شرایط گلخانه‌ای برای کنترل این کنه آفت استفاده کرد (Motazedian et al., 2012). اثر کنه کشی دو اسانس گیاهی انیسون و مرزه بختیاری را روی کنه تارتن دولکه‌ای بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که اسانس‌های گیاهی انیسون و مرزه بختیاری می‌توانند برای کنترل تلفیقی آفات به عنوان یک آفت‌کش طبیعی درنظر گرفته شوند (Farahani et al., 2012). بیشتر کارهای انجام شده روی اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی به ویژه در ایران، اثر ترکیب خالص یا حل شده در حلال را روی حشرات و کنه‌های مختلف مورد بررسی قرار داده و نسبت به فرموله کردن این مواد و تبدیل آن به صورت یک فرآورده تجاری اقدامات محدودی انجام شده است

نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر روی فرموله کردن و استفاده تجاری از اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی در دنیا و در کشور ما فعالیت‌هایی صورت گرفته است. خاصیت فرار بودن ماده موثره اسانس‌ها و اکسید شدن سریع آن‌ها باعث شده است تا فناوری‌های جدیدی برای بهبود کارایی سمیت اسانس‌ها با حفظ ماهیت‌شان به کار گرفته شوند. ساخت کنه‌کش‌های ارگانیک و سازگار با محیط زیست امیدبخش بوده و می‌تواند گامی در راستای سلامت و ایمنی محصولات کشاورزی و افزایش صادرات آنها باشد.

منابع

Ahmadi, Z., Saber, M., Bagheri, M., & Mahdavinia, G. R. (2018). Achillea millefolium essential oil and chitosan nanocapsules with enhanced activity against *Tetranychus urticae*. Journal of pest science, 91, 837-848.

Ahmed, S., Mateen, A., Abdullah, S., Bashir, M. H. (2022). Efficacy of green synthesized silver nanoparticles against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 59(4), 320-348.

Bourgaud, F., Gravot, A., Milesi, S., & Gontier, E. (2001). Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. Plant science, 161(5), 839-851.

Farahani, S., Bandani, A. R, Amiri, A. (2020). Toxicity and repellency effects of three essential oilson two populations of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Persian journal of acarology, 15:9(1), 67-81.

Isman, M. B., Miresmailli, S. and Machial, C. (2011). Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. Phytochemistry Reviews, 10(2),197-204

Katalinic, V., Milos, M., Kulisic, T., & Jukic, M. (2006). Screening of 70 medicinal plant extracts for antioxidant capacity and total phenols. Food chemistry, 94(4), 550-557.

Miresmailli, S., Bradbury, R. and Isman, M.B. (2006). Comparative toxicity of Rosmarinus officinalis L. essential oil and blends of its major constituents against *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae) on two different host plants. Pest Management Science, 62(4), 366-371.

Misono, M. (2004). Green Chemical Technology: Core Technology for Sustainability and Competitiveness. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 10(7), 1126-1131.

Motazedian, N., Ravan, S., Bandani, A. R. (2012). Toxicity and repellency effects of three essential oils against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Journal of Agricultural Science and Technology, 14(2), 275–284.

Mozaffari, F., Abbasipour, H., Garjan, A. S., Saboori, A. R., Mahmoudvand, M. (2012). Various effects of ethanolic extract of *Mentha pulegium* on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Tetranychidae). Archives of Phytopathology and Plant Protection, 45(11), 1347-1355.

Sangwan, N. S., Farooqi, A. H. A., Shabih, F., & Sangwan, R. S. (2001). Regulation of essential oil production in plants. Plant growth regulation, 34, 3-21.

Wink, M. (2010). Functions and biotechnology of plant secondary metabolites. (No Title).

Yoon J and Tak J. H. (2018). Toxicity and repellent activity of plant essential oils and their blending effects against two spotted spider mites, *Tetranychus urticae* Koch. Korean journal of Applied Entomology. 57(3): 199-207.

Medicinal plants as alternatives to chemical Acaricide for controlling two-spotted spider mites

Solmaz Azimi[*1], Parisa Lotfollahi[1]
Plant Protection Department, Agriculture Faculty, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
[*]*Corresponding Author: s_azimi2007@yahoo.com*

Abstract

Medicinal plants can defend themselves against environmental stresses and pests due to the presence of various organic compounds such as phenols, terpenoids, carotenoids, etc., which are called secondary metabolites. Secondary metabolites of some plants interfere with pest activity, have killing, repelling, and inhibiting feeding and egg-laying properties for herbivorous arthropods such as insects and mites, and are considered a suitable alternative to chemical pesticides. On the other hand, essential oils and plant extracts have low toxicity to mammals, decompose quickly in nature, and pests become resistant to them later due to their complex compounds. Therefore, these compounds can be a good alternative to chemical pesticides in pest control. Due to the importance of secondary metabolites of medicinal plants in eliminating and repelling pests and also due to the wide variety of aromatic plant species that exist and are cultivated in our country, both native and non-native, this advantage can be used to produce safe and low-risk pesticides. In recent years, plant essential oils have received attention and a number of researchers have investigated the effects of these plant essential oils on various pests.

Keywords: Pest, mite, Chemical Acaricide, medicinal plants.

تنظیم متابولیسم ثانویه گیاهان دارویی توسط RNAهای غیر کدکننده

سارا غفاریان*
گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.
*نویسنده مسئول: s.ghaffarian@azaruniv.ac.ir

چکیده

گیاهان دارویی مخزن عظیمی از متابولیت‌های ثانویه هستند، که بازده کم آنها در گیاهان دارویی همچنان یک چالش است. متابولیت‌های ثانویه از طریق مسیرهای کاملاً هماهنگ و پیچیده تولید می‌شوند. اولین لایه تنظیمی شامل یک شبکه پیچیده از فاکتورهای رونویسی و لایه دوم پیچیدگی در تنظیم متابولیت‌های ثانویه، شامل تغییرات اپی‌ژنتیکی است. در این پژوهش از بین مهمترین تغییرات اپی‌ژنتیکی، ارتباط مکانیسم‌های مبتنی بر RNAهای کوچک با تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی مورد بررسی قرار گرفت. اگرچه فاکتورهای رونویسی، تنظیم‌کننده‌های کلیدی رونویسی متابولیت‌های ثانویه هستند، RNAهای غیرکدکننده گیاهی (ncRNAها) نیز در تولید ترکیبات فعال زیستی نقش دارند. ncRNAها شامل چهار زیرگروه از جمله میکروRNAها (miRNAها)، RNAهای تداخلی کوچک (siRNAها)، RNAهای غیر کدکننده بلند (lncRNAها) و RNAهای حلقوی (circRNAها) هستند، که همگی نقش کلیدی در تعدیل ژن‌های مرتبط با گیاه داشته و مسئول مسیرهای بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه هستند. miRNAها ژن‌هایی را هدف قرار می‌دهند که آلکالوئیدها، فلاونوئیدها و ترپنوئیدها را تولید می‌کنند، که می‌توانند متابولیت‌های ثانویه مهمی باشند. همچنین نقش siRNAها، lncRNAها و circRNA در تنظیم متابولیسم ثانویه مختلف در گیاهان دارویی اثبات شده است. بر این اساس ظرفیت استفاده از تغییرات اپی‌ژنتیکی بر روی RNAهای غیر کد کننده در بهبود تولید و تجمع متابولیت‌های ثانویه اثبات می‌شود.

واژه‌های کلیدی: RNAهای تداخلی کوچک، RNAهای حلقوی، RNAهای غیر کدکننده بلند، متابولیت ثانویه، میکرو RNAها

مقدمه

گیاهان دارویی مخزن عظیمی از متابولیت‌های ثانویه هستند، موادی با پتانسیل دارویی و صنعتی قابل توجه، که بازده و تجمع کم آنها در گیاهان دارویی همچنان یک چالش است. متابولیت‌های ثانویه بطور مستقیم در فرآیندهای اولیه رشد و تولید مثل دخیل نیستند، اما اغلب عملکردهای اکولوژیکی مهمی دارند. متابولیت‌های ثانویه از طریق مسیرهای کاملاً هماهنگ شامل مراحل تنظیم‌شده مکانی-زمانی و محیطی زیادی تولید می‌شود. اولین لایه تنظیمی شامل یک شبکه پیچیده از فاکتورهای رونویسی است. لایه دوم که اخیراً کشف شده است، پیچیدگی در تنظیم متابولیت‌های ثانویه، شامل تغییرات اپی‌ژنتیکی است. به هرگونه اصلاح مولکولی غیرژنتیکی و ارثی ژنوم اپی‌ژنتیک گویند که می‌تواند منجر به تغییر در بیان ژن شود (Meyer et al. 2018). مهمترین تغییرات اپی ژنتیکی شامل متیلاسیونDNA، اصلاح هیستون و مکانیسم‌های مبتنی بر RNAهای کوچک است که می‌توانند به طور مشترک یا

جداگانه با تنظیم بیان ژن، متابولیت‌های ثانویه را تحت تأثیر قرار دهند. در این پژوهش تنظیم اپی‌ژنتیکی متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی بر مبنای RNAهای کوچک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

جستجوی هدفمند با کلیدواژه‌های RNAهای تداخلی کوچک، RNAهای حلقوی، RNAهای غیر کدکننده بلند، متابولیت ثانویه، میکرو RNAها در پایگاه‌های علمی معتبر انجام شد. منابع مرتبط از مقالات، کتاب‌ها استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

تنظیم متابولیسم ثانویه توسط RNAهای غیر کدکننده

اگرچه فاکتورهای رونویسی، تنظیم‌کننده‌های کلیدی رونویسی متابولیت‌های ثانویه هستند، RNAهای غیرکدکننده گیاهی (ncRNAها) نیز در تولید ترکیبات فعال زیستی نقش دارند. ncRNAها شامل چهار زیرگروه از جمله میکروRNAها (miRNAها)، RNAهای تداخلی کوچک (siRNAها)، RNAهای غیر کدکننده بلند (lncRNAها) و RNAهای حلقوی (circRNAها) هستند، که همگی نقش کلیدی در تعدیل ژن‌های مرتبط با گیاه داشته و مسئول مسیرهای بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه هستند. نقش ncRNAهای تنظیمی در گیاهان دارویی، به ویژه miRNAها، در چند سال گذشته توجه تحقیقاتی گسترده‌ای را به خود جلب کرده است. در اینجا، آنچه را که در مورد RNAهای غیر کدکننده در گیاهان دارویی شناخته شده است، خلاصه می‌کنیم و توضیح می‌دهیم که این ژن‌ها چه نقشی در تولید ترکیبات فعال زیستی دارند.

miRNAها

miRNAها مولکول‌های RNA کوچک غیر کدکننده‌ای هستند که از طریق تعامل با توالی‌های مکمل در ناحیه ترجمه نشده ۳ مولکول‌های mRNAهدف (3'UTR)، در تنظیم ژن پس از رونویسی نقش دارند (Agarwal et al. 2015). هنگامی که miRNAها با mRNAهای هدف خود تعامل می‌کنند، می‌توانند mRNA را تجزیه کنند یا ترجمه آن را مهار کنند، در نتیجه بر بیان ژن تأثیر می‌گذارند. در گیاهان دارویی، تنظیم با واسطه miRNA به کنترل سنتز متابولیت‌های ثانویه کمک می‌کند، که شامل کنترل مسیرهای بیوسنتزی و تنظیم‌کننده‌های رونویسی است. علاوه بر این، miRNAها ژن‌هایی را هدف قرار می‌دهند که آلکالوئیدها، فلاونوئیدها و ترپنوئیدها را تولید می‌کنند، که می‌توانند متابولیت‌های ثانویه مهمی باشند. برای مثال، miR13، miR408 و miR2161 به عنوان miRNAهای قوی دخیل در تنظیم بیوسنتز آلکالوئیدها در *Papaver somniferum* ثبت شده‌اند. چندین نویسنده دیگر miRNAهای متعددی را در مسیرهای بیوسنتز آلکالوئیدهای گیاهی در *Vinca minor*، *Rauvolfia serpentina*، *C. roseus* و *Podophyllum hexandrum* گزارش کرده‌اند.

miRNAهای دیگری در مسیر بیوسنتز ترپن شناسایی و اهداف آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. ترپنوئیدها یا ایزوپرنوئیدها دسته‌ای بزرگ و متنوع از ترکیبات آلی فرار هستند. این مواد شیمیایی برای بقا و تکامل گیاهان در طیف وسیعی از مناطق اکولوژیکی بسیار مهم هستند، از مولکول‌ها در برابر تنش‌های زیستی محافظت می‌کنند، دانه‌ها را پخش می‌کنند، تحمل حرارتی را افزایش می‌دهند و گرده افشان‌ها را جذب می‌کنند. ترپنوئیدها همچنین پتانسیل عظیمی در طعم‌ها، عطرها، داروها و سوخت‌های زیستی ارائه می‌دهند.

از آنجایی که این ترکیبات کاربردهای متنوعی دارند، درک عملکردهای متعدد آنها در تنظیم و دستکاری بیوسنتز آنها از طریق مهندسی ژنتیک مفید خواهد بود. گیاه دارویی P. kurroa حاوی آنزیمی به نام ۳-دئوکسی-۷-فسفوهپتولونات سنتاز است که mRNA آن توسط miR-4995 هدف قرار می‌گیرد و در نتیجه سنتز پیکروزید را تنظیم می‌کند. همچنین ۱۱ miRNA دخیل در مسیر بیوسنتز گلیکوزیدهای استویول در گیاه *Stevia rebaudiana* شناسایی شده است. به طور مشابه، miR7539،miR5021 و miR1134 از *X. strumarium* ممکن است با هدف قرار دادن ژن‌های مسیر ترپنوئید بالادستی در تنظیم بیوسنتز ترپنوئید نقش داشته باشند. علاوه بر این، تحقیقات دیگری نیز تأیید کرده‌اند که miRNAها بر بیوسنتز ترپنوئید در *Camellia sinensis* نیز تأثیر می‌گذارند (Zhao et al., 2018).

با استفاده از آنالیز سیلیکونی پنج miRNA شامل miR2919، miR5251، miR838، miR5021 و miR5658 به عنوان miRNAهای مرتبط با مسیر بیوسنتز ترپن در *Ferula gummosa* معرفی شده اند (Najafabadi and Naghavi, 2018). مطالعه‌ای بر روی گیاه دارویی در معرض خطر انقراض *Podophyllum hexandrum Royle* (سیب ماه مه)، نشان داده است که miR1438 و miR1873 مسیرهای متابولیکی مختلف، به ویژه بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه مانند لیگنین و فلاونوئیدها را به ترتیب از طریق ژن‌های کافئوئیل-CoA-O-متیل ترانسفراز و دی هیدروفلاونول ۴-ردوکتاز C تنظیم می‌کنند (Biswas et al., 2016). بیان miRNA گیاهی توسط بسیاری از عوامل محیطی و ژنتیکی، مانند استرس، عفونت پاتوژن و سیگنال‌های هورمونی تعدیل می‌شود. MiRNAها نقش مهمی در تنظیم سنتز متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی دارند که می‌تواند با درک چگونگی تنظیم این فرآیندها، به توسعه استراتژی‌هایی برای افزایش تولید ترکیبات دارویی ارزشمند کمک کند. به طور خلاصه، تنظیم با واسطه miRNA نقش مهمی در تنظیم ژن پس از ترجمه در گیاهان دارویی ایفا می‌کند و به تولید سنتز متابولیت‌های ثانویه کمک می‌کند.

siRNAها

siRNAها که تقریباً ۲۱ تا ۲۴ نوکلئوتید طول دارند، در تنظیم متابولیسم ثانویه گیاهان و پاسخ آنها به تنش‌های غیرزیستی شرکت می‌کنند. siRNAهای درون‌زا در گیاهان را بر اساس منشأ و مسیرهای بیوژنز آنها می‌توان در زیرگروه‌هایی طبقه‌بندی کرد، از جمله siRNAهای تراکنشی (ta-siRNA)، siRNAهای مشتق‌شده از آنتی‌سنس طبیعی (nat-siRNA)، و siRNAهای هتروکروماتیک (hc-siRNA) (Vazquez et al., 2010). در گیاه آرابیدوپسیس، OnSEN، یک رتروترانسپوزون شبه Copia، تحت تنش گرمایی با هدف قرار دادن HSFA1 و HSFA2، جهش‌یافته‌های بیوژنز siRNA را فعال می‌کند . با هدف قرار دادن ژن‌های CHS مانند CHS7 و CHS8 در Glycine max، siRNAهای اولیه می‌توانند تولید شوند که بیان تمام ژن‌های CHS را سرکوب کرده و بیوسنتز فلاونوئیدها را مهار می‌کنند. جالب توجه است که این مکانیسم خاموش‌سازی در G. max منحصر به پوسته بذر است، نه در سایر اندام‌ها/بافت‌ها (Tuteja et al., 2019). در گیاهان دیگر، مانند هیبریدهای پتونیا، سنتز فلاونوئید و آنتوسیانین از طریق siRNA تنظیم می‌شود.

LncRNAها و circRNAها

LncRNAها نقش مهمی در پاسخ گیاه به تنش‌های غیرزیستی دارند. علاوه بر این، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد lncRNAها در تنظیم متابولیسم ثانویه گیاهان دارویی نقش دارند. آنها در گونه‌هایی مانند *P. ginseng*، *S. miltiorrhiza*، *G. sylvestre* و *D. purpurea* شناسایی شده‌اند (Ayachit et al., 2019). علاوه بر این، circRNAها

نقش مهمی در رشد گیاه و پاسخ به عوامل غیرزیستی و زیستی ایفا می‌کنند. به عنوان مثال، بیان بیش از حد یک circRNA (Vv-circATS1) که از گلیسرول-۳ فسفات آسیل ترانسفراز در *Vitus vinifera* سرچشمه گرفته است، تحمل سرما را در *A. thaliana* بهبود بخشید (Gao et al., 2019). علاوه بر این، circRNAها به طور بالقوه در بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه نقش دارند. محققان نقش circRNAها را در تعدیل بیوسنتز متابولیتهای ثانویه در *S. miltiorrhiza* بررسی کرده‌اند و از آن به عنوان ماده دارویی در کشورهای شرق آسیا استفاده می‌کنند (Jiang et al., 2021). در مجموع ۲۴۷۶ circRNA از سه نوع بافت گیاهی در S. miltiorrhiza شناسایی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. بیوسنتز براسینواستروئیدها توسط ژن SMil_00026090 که ۲۲-آلفا هیدروکسیلازرا کد می‌کند، انجام می‌شود. ژنSMIL_00014508، ent-kaurenoic acid hydroxylase را کد می‌کند که در بیوسنتز جیبرلین نقش دارد. علاوه بر این، SmDXS2 همبستگی معنی‌داری با circRNA خود، SMscf2473-46693-46978، نشان داد. افزایش قابل توجهی در بیان ژن SmDXS2 و بیان circRNA آن در ریشه‌ها در مقایسه با برگ‌ها و ساقه‌ها مشاهده شد که با تجمع تانشینون‌ها در *S. miltiorrhiza* مطابقت دارد و نشان می‌دهد که circRNAها ممکن است در بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه‌ها دخیل باشند. با توجه به تعداد محدود مطالعات روی circRNAهای گیاهان دارویی، عملکردهای شرح داده شده در بالا ممکن است منعکس کننده نقش‌های کلی آنها در تنظیم بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه‌ها نباشند.

مطالعات عملکردی آینده برای کشف عملکردهای تنظیمی آنها مفید خواهد بود. تنظیم اپی‌ژنتیکی متابولیسم ثانویه در گیاهان دارویی اپی‌ژنتیک بر رونویسی ژن و انواع فرآیندهای سلولی، مانند تولید SMها، تأثیر می‌گذارد. تحقیقات اخیر در اپی‌ژنتیک، درک ما از فرآیندهای تنظیمی اپی‌ژنتیکی را بهبود بخشیده است. استفاده از دستکاری ژنتیکی برای افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه‌ها کافی نیست، زیرا مکانیسم‌های اپی‌ژنتیکی بیان ژن را به روش‌هایی که هنوز به خوبی درک نشده‌اند، تنظیم می‌کنند (Sanchez-Muñoz et al., 2019). اپی‌ژنتیک می‌تواند برای بهبود استراتژی‌های مهندسی برای کنترل بیان ژن‌های مهم استفاده شود و به طور بالقوه بازده محصول را افزایش دهد. تعریف گسترده اپی‌ژنتیک نشان می‌دهد که طیف گسترده‌ای از مکانیسم‌ها اپی‌ژنتیکی در نظر گرفته می‌شوند. اصلاحات اپی‌ژنتیکی مانند متیلاسیون DNA توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند و اصلاحات هیستون نیز برای تنظیم بیان ژن حیاتی هستند. این تغییرات اپی‌ژنتیکی، شامل متیلاسیون DNA و تغییرات هیستون، بر بیان ژن در بسیاری از یوکاریوت‌ها، از جمله گیاهان، تأثیر می‌گذارند.

نتیجه‌گیری نهایی

پیشرفت‌های بزرگی در شناسایی ژن‌های تنظیمی و ساختاری مؤثر بر متابولوم حاصل شده است. با این وجود، هنوز تا روشن شدن کل شبکه تنظیمی فاصله زیادی وجود دارد. به ویژه برای گیاهان غیر مدل با منابع بسیار کم، حتی مسیرهای برخی از ترکیبات مهم دارویی نیز مشخص نشده است. با این حال، توسعه تکنیک‌های توالی‌یابی کل ژنوم منجر به کاهش هزینه‌های توالی‌یابی شده است. علاوه بر تکنیک‌های توالی‌یابی، سایر رویکردهای مبتنی بر اومیکس مانند متابولومیکس نیز پیشرفت کرده‌اند. بنابراین، مطالعات آینده باید دیدگاه عمیق‌تری از چگونگی کنترل متابولوم توسط ژنتیک به ما ارائه دهند. مطالعات آینده باید دیدگاه عمیق‌تری از چگونگی کنترل متابولوم توسط ژنتیک به ما ارائه دهند. ژنوم‌های با کیفیت بالا برای ارتباط اپی‌ژنتیک با محتوای متابولیک بسیار مهم هستند، زیرا توالی‌های تنظیمی که توسط اپی‌ژنتیک هدف قرار می‌گیرند یا بر آن تأثیر می‌گذارند، می‌توانند در خارج از ژن‌ها قرار داشته باشند، بنابراین توسط ترانسکریپتومیکس قابل شناسایی نیستند. اگرچه در این بررسی عمدتاً تمرکز بر کنترل

اپی‌ژنتیکی متابولوم بود، اما تحقیقات نشان می‌دهد که متابولیسم می‌تواند به نوبه خود اپی‌ژنتیک را تنظیم کند، که نشان‌دهنده تنظیم دو طرفه است. دانش در مورد این شبکه‌های تنظیمی پیچیده احتمالاً برای بیوتکنولوژی پیشرفته در آینده ضروری خواهد بود.

منابع

Ayachit, G., Shaikh, I., Sharma, P., Jani, B., Shukla, L., Sharma, P., Bhairappanavar, S., Joshi, C. and Das, J. (2019). *De novo* transcriptome of *Gymnema sylvestre* identified putative lncRNA and genes regulating terpenoid biosynthesis pathway. *Scientific Reports*, 9, 14876.

Biswas, S., Hazra, S. and Chattopadhyay, S. (2016). Identification of conserved miRNAs and their putative target genes in *Podophyllum hexandrum* (Himalaya Mayapple). *Plant Genetics*, 6, 82-9.

Jiang, M., Chen, H., Du, Q., Wang, L., Liu, X. and Liu, C. (2021). Genome-wide identification of circular RNAs potentially involved in the biosynthesis of secondary metabolites in *Salvia miltiorrhiza*. Frontiers in Genetics, 12, 645115.

Vazquez, F., Legrand, S. and Windels, D. (2010). The biosynthetic pathways and biological scopes of plant small RNAs. *Trends in Plant Science*, 15(6), 337-45.

Zhao, S.Q., Wang, X.W., Yan, X.M., Guo, L.X., Mi, X.Z., Xu, Q.S., Zhu, J.Y., Wu, A.L., Liu, L.L., Wei, C.L. (2018). Revealing of MicroRNA involved regulatory gene networks on terpenoid biosynthesis in *Camellia sinensis* in different growing time points. *Journal of Agricultura Food Chemistry*, 66(47), 12604-16.

Regulation of Medicinal Plants Secondary Metabolism by Non-Coding RNAs

Sara Ghaffarian*
Department of biology, Faculty of basic sciences, Azarbaijan shahid madani university, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: s.ghaffarian@azaruniv.ac.ir

Abstract

Medicinal plants are a vast reservoir of secondary metabolites, yet their low yield in these plants remains a significant challenge. Secondary metabolites are synthesized through highly coordinated and complex pathways. The first regulatory layer involves a complex network of transcription factors, while the second layer of complexity in secondary metabolite regulation includes epigenetic modifications. In this study, among the most important epigenetic changes, the relationship between small RNA-based mechanisms and secondary metabolite production in medicinal plants was investigated. Although transcription factors are key regulators of secondary metabolite gene transcription, plant non-coding RNAs (ncRNAs) also play crucial roles in the biosynthesis of bioactive compounds. Plant ncRNAs comprise four main subgroups: microRNAs (miRNAs), small interfering RNAs (siRNAs), long non-coding RNAs (lncRNAs), and circular RNAs (circRNAs), all of which play key roles in modulating plant-related genes and are responsible for the biosynthetic pathways of secondary metabolites. miRNAs target genes involved in the biosynthesis of alkaloids, flavonoids, and terpenoids, which are important secondary metabolites. Additionally, the regulatory roles of siRNAs, lncRNAs, and circRNAs in various secondary metabolic pathways of medicinal plants have been demonstrated. Therefore, the potential of utilizing epigenetic modifications on small RNAs to enhance the production and accumulation of secondary metabolites is confirmed.

Keywords: Circular RNAs, Long non-coding RNAs, MicroRNAs, Secondary metabolites, Small interfering RNAs

نقش تغییرات هیستونی در تولید متابولیت‌های ثانویه

سارا غفاریان*

گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.

*نویسنده مسئول: s.ghaffarian@azaruniv.ac.ir

چکیده

تعداد کل متابولیت‌های گزارش‌شده موجود در قلمرو گیاهان در مقالات، بیش از ۱،۰۶۰،۰۰۰ مورد تخمین زده می‌شود که متابولیت‌های ثانویه عموما تخصصی گونه‌های گیاهی بوده و در برخی از آنها دارای خواص دارویی هستند. تولید و تجمع کم آنها در بافت گیاهی، باعث شده است که محققین به دنبال روش‌های برای افزایش درصد این متابولیتها در گیاهان باشند. معلوم شده است ژنتیک فاکتور اصلی در تعیین محتوای متابولیت‌های گیاهان دارویی است. اما نقش عوامل اپی ژنتیکی نیز در تنظیم تولید متابولیت‌های ثانویه اثبات شده است. اصلاح یا تغیرات هیستونی از مهمترین انواع تغییرات اپی ژنتیکی هستند. انواع بسیار زیادی از اصلاحات پس از ترجمه روی پروتئین‌های هیستون، یک لایه اضافی از اطلاعات را به کروماتین اضافه می‌کند. در این پژوهش به بررسی رابطه تغییرات هیستونی و متابولیسم متابولیت‌های ثانویه پرداخته شده است. یک تغییر کووالانسی در اسیدهای آمینه هیستون زمانی رخ می‌دهد که هیستون‌ها استیله، متیله، فسفریله و یوبیکوئیتینه شوند. هنگامی که استیلاسیون هیستون رخ می‌دهد،DNA پذیرای فاکتورهای رونویسی می‌شود که ژن‌ها را فعال می‌کنند؛ برعکس، داستیلاسیون هیستون و جایگاه‌های هیستون تا حدی متیله شده محکم به کروماتین متصل می‌شوند و بیان ژن را مهار می‌کنند. علاوه بر هیستون‌های متعارف، انواع هیستون‌ها می‌توانند در نوکلئوزوم گنجانده شوند که با افزایش و کاهش رونویسی ژن‌ها مرتبط هستند.

واژه‌های کلیدی: انواع هیستون، تغییرات بیان ژن، تغییرات هیستونی، متابولیت ثانویه

مقدمه

تعداد کل متابولیت‌های گزارش‌شده موجود در قلمرو گیاهان در مقالات، بیش از ۱،۰۶۰،۰۰۰ مورد تخمین زده می‌شود که بر این اساس به طور متوسط، ۴,۷ متابولیت منحصر به فرد در هر گونه یافت می‌شود. متابولیت‌های دسته طبقه‌بندی می‌شوند: متابولیت‌های متابولیت‌های اولیه و ثانویه. اولیه در بین اکثر گونه‌ها گیاهی عموماً به دو و در واقع در بیشتر سلول‌های هر گونه مشخص رایج هستند و برای حیات گیاه ضروری هستند. از سوی دیگر، متابولیت‌های ثانویه، متابولیت‌هایی هستند که بعداً در تکامل پدیدار شده‌اند و گیاه را با شرایطی که در آن زندگی می‌کنند، سازگارتر می‌کنند. چنین متابولیت‌های ثانویه‌ای شامل ترکیبات زیست‌فعالی هستند که باکتری‌ها، قارچ‌ها و گیاهخواران را دفع می‌کنند و مقاومت در برابر استرس‌های غیرزیستی را افزایش می‌دهند، که برخی از آنها برای اهداف دارویی نیز استفاده می‌شوند (Erb and Kliebenstein, 2000). معلوم شده است علاوه بر عوامل ژنتیکی، عوامل اپی‌ژنتیک به عنوان اجزای تنظیمی مهم در بسیاری از جنبه‌های فیزیولوژی گیاه، از جمله متابولیسم، دخیل هستند. اپی‌ژنتیک عمدتاً در توسعه و پاسخ به محیط در طول یک نسل نقش دارد، اما برخی از نمونه‌ها به ما نشان داده‌اند که اپی‌ژنتیک می‌تواند باعث تفاوت‌های ارثی شود. اگرچه تحقیقات گسترده‌ای در مورد تنظیم ژنتیکی متابولوم انجام شده است، تنظیم اپی‌ژنتیکی

تا حد زیادی دست‌نخورده باقی مانده است. مهمترین انواع تغییرات اپی ژنتیکی شامل شامل متیلاسیون DNA، اصلاح هیستون و RNAهای کوچک هستند. در این پژوهش از بین انواع تغییرات اپی‌ژنتیک به رابطه اصلاح هیستونی و متابولیسم متابولیت‌های ثانویه پرداخته شده است. کنترل اپی‌ژنتیکی متابولیسم می‌تواند هم بین نسلی و هم غیر بین نسلی باشد.

مواد و روش‌ها

جستجوی هدفمند با کلیدواژه‌های تغییرات هیستونی، بیان ژن، استیله شدن، متیله شدن، فسفریله شدن و یوبیکوئیتینه شدن در پایگاه‌های علمی معتبر انجام شد. منابع مرتبط از مقالات، کتاب‌ها استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

تغییرات هیستونی

یک تغییر کووالانسی در اسیدهای آمینه هیستون زمانی رخ می‌دهد که هیستون‌ها استیله، متیله، فسفریله و یوبیکوئیتینه شوند. هنگامی که استیلاسیون هیستون رخ می‌دهد، DNA پذیرای فاکتورهای رونویسی می‌شود که ژن‌ها را فعال می‌کنند؛ برعکس، داستیلاسیون هیستون و جایگاه‌های هیستون تا حدی متیله شده (به عنوان مثال، K9 و K27) محکم به کروماتین متصل می‌شوند و بیان ژن را مهار می‌کنند.

DNA ژنومی یوکاریوتی به دور یک اکتامر هیستون که شامل دو کپی از هر یک از چهار هیستون H2A، H2B، H3 و H4 است پیچیده شده و نوکلئوزوم را تشکیل دهد. انواع بسیار زیادی از اصلاحات پس از ترجمه (PTM) روی پروتئین‌های هیستون، یک لایه اضافی از اطلاعات را به کروماتین اضافه می‌کند. بسیاری از PTMهای هیستون در یوکاریوت‌ها حفاظت شده‌اند، اما PTMهای منحصر به گیاهان نیز یافت میشوند. PTMها از طریق جذب پروتئین‌هایی که به آنها خواننده گفته می‌شود یا با تغییر مستقیم برهمکنش DNA-هیستون عمل می‌کنند. همچنین عملکرد PTMها بین گیاهان و پستانداران می‌تواند متفاوت باشد، همانطور که با تری متیلاسیون روی باقیمانده لیزین ۹ از هیستون H3(H3K9me3) نشان داده شده است. H3K9me3 مشخصه هتروکروماتین ساختاری در پستانداران است. با این حال، مشخص شده است که در گیاهان، H3K9me3 با ژن‌های ناحیه یوکروماتین و رونویسی‌شده مرتبط است.

رایج‌ترین PTMهای مورد تجزیه و تحلیل، متیلاسیون و استیلاسیون روی لیزین هیستون H3 هستند. نشان داده شده است که H3K9me2 و H3K27me3 با سرکوب رونویسی در گیاهان مرتبط هستند. در مقابل، H3K4me3 و H3K9 استیله (H3K9ac) با فعال‌سازی رونویسی مرتبط هستند. H3K9me2 عمدتاً در ترانسپوزون‌های سرکوب‌شده و توالی‌های تکراری یافت می‌شود، توسط متیل ترانسفرازهای KYP،SUVH5 و SUVH6 کاتالیز می‌شود و با متیلاسیون سیتوزین درCHG، یک حلقه تشکیل می‌دهد. گزارش‌های زیادی وجود دارد که نشان می‌دهند متیل ترانسفرازهای هیستون همچنین می‌توانند به سیتوزین متیله‌شده در توالی‌های CG و CHH متصل شوند، که نشان‌دهنده حلقه‌های اضافی است.

یک خواننده H3K9me2 اختصاصی گیاهان ADCP1، که عملکردی معادل HP1 دارد، ناحیه ژنومی نشان دار شده را خاموش می‌کند. با این حال، در حال حاضر مکانیسم القای خاموشی توسط ADCP1 مشخص نیست.نشان داده شده است در میان دمتیلازهایی که در آرابیدوپسیس حاوی دومین Jumonji C هستند، JMJ27،JMJ25/IBM1 و

JMJ29 فعالیت دمتیلازی H3K9 را نشان می‌دهند. H3K27me3 برای سرکوب ژن‌ها در طول رشد مهم است. سه پروتئین حاوی دامنه SET، شامل CURLY LEAF (CLF)، SWINGER (SWN) و MEDEA (MEA)، که زیر واحدهای کمپلکس سرکوبگر Polycomb 2 (PRC2) هستند، نویسندگان اصلی H3K27me3 در آرابیدوپسیس هستند. LHP1 یک زیر واحد PRC1 مختص گیاه است که به H3K27me3 متصل می‌شود تا حالت خاموش ژن را حفظ کند. گزارش شده است که چندین پروتئین دامنه JmjC، از جمله ELF6 (JMJ11)، REF6 (JMJ12)، JMJ30 و JMJ32 که همگی با کنترل زمان گلدهی مرتبط هستندH3K27me3 را دمتیله می‌کنند.H3K4me3 عموماً با فعال‌سازی رونویسی مرتبط است، اما اخیراً با سرکوب نیز مرتبط دانسته شده است.

پنج پروتئین ATX (Arabidopsis TRITHORAX-LIKE (ATX))، شامل ATX1-5 و دو پروتئین مرتبط با ATX (ATXR)،ATXR3/SDG2 وATXR7 دارای فعالیت متیل ترانسفرازی H3K4 هستند. متیلاسیون H3K4 نقش مهمی در شروع رونویسی، طویل شدن و پردازش mRNA ایفا می‌کند. تعدادی از پروتئین‌ها از جمله دو پروتئین خاص گیاهی، شامل یک پروتئین تک دامنه EML1،Tudor و یک پروتئین ترمیم کننده آسیب DNA، MSH6، به عنوان خواننده‌های H3K4me2/3 شناسایی شده‌اند. درArabidopsis، متیلاسیون H3K4 توسط سه همولوگ دمتیلاز اختصاصی لیزین ((LYSINE SPECIFIC DEMTHYLASE (LSD))، شامل FLOWERING LOCUS D (FLD)، SD1-LIKE1 (LDL1) و LSD1-LIKE2 (LDL2) و پنج پروتئین JMJ، شامل JMJ14 الی JMJ18 ، پاک می‌شود (Foroozani et al., 2021) .

استیلاسیون لیزین روی دم هیستون عموماً با فعال‌سازی رونویسی مرتبط است زیرا بار مثبت را خنثی می‌کند و در نتیجه تعامل ضعیف‌تری بین هیستون و DNA ایجاد می‌شود. H3K9 استیله (H3K9ac) به طور مداوم، با بیان بالای ژن مرتبط است. استیلاسیون H3K9 توسط چندین هیستون استیل ترانسفراز (HAT) با اختصاصیت پایین کاتالیز می‌شود که شامل HAC1، HAC5، HAC12، GCN5 و TAF1 می‌شوند. گزارش شده است که هیستون داستیلازها (HDACs)، شامل HDA6، HDA9، HDA15، HDA19 و HD2C مخصوص گیاهان، استرس غیرزیستی را از طریق داستیلاسیون H3K9 تنظیم می کنند (Gan et al., 2021).

انواع هیستون

علاوه بر هیستون‌های متعارف، انواع هیستون‌ها می‌توانند در نوکلئوزوم گنجانده شوند. هیستون‌های متعارف در طول فاز S سنتز شده و روی DNA رسوب می‌کنند، در حالی که انواع دیگر و متفاوت هیستون توسط چاپرون‌های خاص هیستون و بازسازی‌کننده‌های کروماتین در مراحل دیگر چرخه سلولی، گاهی اوقات به روشی خاص بسته به نوع سلول، در نوکلئوزوم گنجانده می‌شوند. چندین نوع هیستون تغییر یافته برای H2A، H2B، H3 و هیستون پیوند دهنده H1 گزارش شده است، اما انواع H4 نادر هستند و فقط هیستون H4.7 در انسان شناسایی شده است . انواع هیستون با تغییر ساختار نوکلئوزوم، جذب پروتئین‌های عملکردی و تغییر محل PTM روی ژنوم عمل می‌کنند، زیرا انواع مختلف هیستون، تمایلات متفاوتی به نویسندگان PTM هیستون دارند. انواع هیستون، مانند H2A.Z، در یوکاریوت‌ها حفظ شده‌اند، اما انواع اختصاصی گیاهی، مانند H2A.W، نیز وجود دارند (Borg و همکاران، ۲۰۲۱).

H2A.Z یک نوع هیستون از H2A است که با افزایش و کاهش رونویسی ژن‌ها مرتبط است. ژن‌های با رونویسی بالا تمایل دارند توسط H2A.Z در TSS غنی شوند و ژن‌های با بیان کم، در بدنه ژن دارای H2A.Z هستند. H2A.Zتوسط یک کمپلکس بازسازی‌کننده کروماتین SWI2/SNF2-RELATED 1 (SWR1) به شکل یک دایمر

H2A.Z-H2B روی نوکلئوزوم رسوب می‌کند. H2A.W اختصاصی گیاهان به عنوان یک علامت هتروکروماتیکی شناخته می‌شود که برای رسوب H3K9me2 و متیلاسیون سیتوزین مورد نیاز است. بازسازی‌کننده کروماتین DDM1، که مدت‌هاست به عنوان فاکتور دخیل در متیلاسیون سیتوزین شناخته می‌شود، اخیراً به عنوان رسوب‌دهنده H2A.W شناسایی شده است. H3.3 یک واریانت H3 است که نواحی ۳' ژن‌های رونویسی‌شده مرتبط با فعالیت رونویسی غنی از آن است، در حالی که H3.1 متعارف در TEها و نواحی هتروکروماتین قرار دارد.

مشخص شده است که کمپلکس تنظیم‌کننده رونویسی هیستون A (HISTONE TRANSCRIPTIONAL REGULATOR A (HIRA) و آلفا تالاسمی-عقب‌ماندگی ذهنی مرتبط با X (-ALPHA THALASSEMIA MENTAL RETARDATION X- (ATRX) H3.3 را در ژنوم آرابیدوپسیس رسوب می‌دهند. یکی دیگر از واریانت‌های مهم cenH3،H3 است که در پستانداران با نام CENPA نیز شناخته می‌شود. CenH3به طور خاص در سانترومر قرار می‌گیرد و برای جداسازی کروموزوم‌ها در آرابیدوپسیس ضروری است. در انسان، پروتئین شناسایی اتصال هالیدی (HJURP) که یک چاپرون هیستونی است، CENP-A را روی سانترومر رسوب می‌دهد. با این حال، در گیاهان، تاکنون چنین چاپرونی یافت نشده است. در مقایسه با گونه‌های H2A و H3، گونه‌های H2B به خوبی شناخته نشده‌اند، اما خانواده H2B نیز در گیاهان دارای تنوع اند (Jiang et al., 2020).

کارکردهای ناشی از انواع هیستونی

استیلاسیون هیستون بیان ژن‌ها، جوانه‌زنی بذر، ریخت‌زایی و پاسخ به استرس در گیاهان را تنظیم می‌کند. نشان داده شده است که تغییرات اپی‌ژنتیکی بر انواع فرآیندهای رشد و نمو گیاه، مانند گلدهی، جوانه‌زنی بذر و پاسخ به استرس‌های زیستی و غیرزیستی تأثیر می‌گذارند (Zhao et al., 2019). از آنجایی که گیاهان غیرمدل چرخه‌های رشد طولانی و جمعیت‌های فراوانی دارند، پیشرفت در مطالعات اپی‌ژنتیک گیاهان غیرمدل نسبتاً کند است. تحقیقات در مورد تنظیم اپی‌ژنتیکی متابولیسم ثانویه در طول دو دهه گذشته به دلیل توسعه روش‌های تحقیق اپی‌ژنتیکی پیشرفت قابل توجهی داشته است. این امر درک ما از تنظیم اپی‌ژنتیکی متابولیسم ثانویه در گیاهان غیرمدل را بهبود بخشیده است. در سال‌های اخیر، مشخص شده است که تغییرات اپی‌ژنتیکی در تنظیم متابولیسم ثانویه در بسیاری از گیاهان نقش دارند. تجمع آنتوسیانین در برگ‌های مالوس تحت شرایط کمبود Pi توسط miR399d و تغییرات اپی‌ژنتیکی تعدیل شد. پیشرفت قابل توجهی در کشف بیوسنتز آنتوسیانین و مکانیسم‌های تنظیمی رخ داده است، اما درک اساسی ما از تنظیم اپی‌ژنتیکی در این مسیر هنوز مشخص نیست. ژن JMJ2 صنوبر به عنوان یک ژن دخیل در بیوسنتز آنتوسیانین شناسایی شده است و نقش آن در بیوسنتز آنتوسیانین با رویکردهای ژنتیکی و بیوشیمیایی مشخص شده است. بیان JMJ25 از طریق متیلاسیون کروماتین و DNA به طور منفی تنظیم می‌شود و در نتیجه سنتز آنتوسیانین را سرکوب می‌کند.

نتیجه‌گیری نهایی

شناسایی مسیرهای بیوسنتزی و ژن‌های کلیدی دخیل در بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه، همچنان بزرگترین چالش برای بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه است. برای درک سطوح سیستمی فرآیندهای زیستی در گیاهان دارویی شاخه‌های مختلف Omics مورد استفاده قرار می‌گیرند که لایه اپی‌ژنوم در آنها بسیار مهم است. در اپی‌ژنومیکس، هدف این است که یاد بگیریم چگونه محیط بر بیان ژن‌ها تأثیر می‌گذارد. در حال حاضر، اپی‌ژنتیک به ابزاری مهم برای

افزایش غلظت ترکیبات زیست‌فعال در گیاهان دارویی تبدیل شده است. با افزایش تقاضا برای داروهای جدید، اصلاح‌کننده‌های اپی‌ژنتیک به عنوان روش‌های مؤثر برای شناسایی محصولات طبیعی با بازده بالا اهمیت بیشتری پیدا کرده‌اند. متابولیت‌های ثانویه (SMs) در کشت سلول‌های گیاهی توسط مکانیسم‌های اپی‌ژنتیکی متنوعی، از جمله انواع تغییرات هیستونی، کنترل می‌شود. اگرچه در این بررسی عمدتاً تمرکز بر کنترل اپی‌ژنتیکی متابولوم بود، اما تحقیقات نشان می‌دهد که متابولیسم می‌تواند به نوبه خود اپی‌ژنتیک را تنظیم کند، که نشان‌دهنده تنظیم دو طرفه است. دانش در مورد این شبکه‌های تنظیمی پیچیده احتمالاً برای بیوتکنولوژی پیشرفته در آینده ضروری خواهد بود.

منابع

Borg, M., Jiang, D., and Berger, F. (2021). Histone variants take center stage in shaping the epigenome. *Current Opinion in Plant Biology*, 61, 101991.

Foroozani, M., Vandal, M. P., and Smith, A. P. (2021). H3K4 trimethylation dynamics impact diverse developmental and environmental responses in plants. Planta, 253(1), 4.

Gan, L., Wei, Z., Yang, Z., Li, F., & Wang, Z. (2021). Updated mechanisms of GCN5-the monkey king of the plant kingdom in plant development and resistance to abiotic stresses. *Cells*, 10(5), 979.

Jiang, D., Borg, M., Lorković, Z. J., Montgomery, S. A., Osakabe, A., Yelagandula, R., Axelsson, E., and Berger, F. (2020). The evolution and functional divergence of the histone H2B family in plants. *Plos Genetics*, 16(7), e1008964.

Zhao, T., Zhan, Z.P., and Jiang, D.H. (2019). Histone modifications and their regulatory roles in plant development and environmental memory. *Journal of Genetics and Genomics*, 46(10), 467–476.

The Role of Histone Modifications in the Production of Secondary Metabolites

Sara Ghaffarian*
Department of biology, Faculty of basic sciences, Azarbaijan shahid madani university, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: s.ghaffarian@azaruniv.ac.ir

Abstract

The total number of reported metabolites in the plant kingdom is estimated to exceed 1,060,000, with secondary metabolites generally being species-specific and some possessing medicinal properties. Their low production and accumulation in plant tissues have prompted researchers to seek methods to increase the content of these metabolites in plants. It has been established that genetics is a primary factor in determining the metabolite content of medicinal plants. However, the role of epigenetic factors in regulating secondary metabolite biosynthesis has also been demonstrated. Histone modifications are among the most important types of epigenetic changes. A wide variety of post-translational modifications on histone proteins add an additional layer of information to chromatin. This study focuses on the relationship between histone modifications and secondary metabolite metabolism. Covalent modifications of histone amino acid residues occur when histones undergo acetylation, methylation, phosphorylation, or ubiquitination. Histone acetylation makes DNA more accessible to transcription factors, thereby activating gene expression. Conversely, histone deacetylation and partially methylated histone sites bind tightly to chromatin and repress gene expression. In addition to canonical histones, histone variants can be incorporated into nucleosomes, which are associated with both upregulation and downregulation of gene transcription. Anthocyanin accumulation in *Malus* leaves is one of the reported examples demonstrating the impact of histone modifications on the production and accumulation of secondary metabolites.

Keywords: Histone modifications, Histone variants, Gene expression regulation, Secondary metabolites

کنترل اپی ژنتیکی متابولیت‌های ثانویه گیاهی از مسیر متیلاسیون DNA

سارا غفاریان*
گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.
*نویسنده مسئول: s.ghaffarian@azaruniv.ac.ir

چکیده

متابولیت‌های ثانویه شامل ترکیبات زیست‌فعالی هستند که مقاومت گیاهان را در برابر استرس‌های غیرزیستی را افزایش داده و برخی از آنها دارای خواص دارویی هستند. به طور متوسط، ۴,۷ متابولیت منحصر به فرد در هر گونه گیاهی یافت می‌شود. در کنار عوامل ژنتیکی، عوامل اپی‌ژنتیک به عنوان اجزای تنظیمی مهم دخیل در کنترل متابولیسم و محتوای متابولیت‌های گیاهان شناخته شده اند. یکی از نشان‌های اپی‌ژنتیکی مهم متیلاسیون DNAاست که به معنی اضافه شدن گروه متیل به موقعیت کربن شماره ۵ یک نوکلئوتید است. در این پژوهش، ارتباط بین ویژگی‌های اپی‌ژنتیکی مبتنی بر متیلاسیون DNAبا تولید متابولیت‌های ثانویه مورد بررسی قرار گرفت. در گیاهان متیلاسیون سیتوزین از طریق مسیری به نام متیلاسیون DNA هدایت‌شده توسط RNA (RdDM) رخ می‌دهد و توسط خانواده‌ای از آنزیم‌ها به نام DNA متیل ترانسفرازها حفظ می‌شود. متیلاسیون DNA اغلب با کاهش بیان ژن همراه است. حذف متیلاسیون سیتوزین می‌تواند به صورت غیرفعال یا فعال رخ دهد.تغییرات DNA بر بیان ژن و سطح متابولیت‌ها تأثیر می‌گذارند. به نظر می‌رسد مسیرهای متابولیکی تنظیم‌شده از نظر رشدی و محیطی در گیاهان بیشتر توسط عوامل اپی‌ژنتیکی کنترل می‌شوند. نقش متیلاسیون DNA در مقادیر تولید رسوراترول، جینسنوزیدها، پلاتیکوزید، ساپونین و ... و همراهی مقادیر آنها با سطوح متیلاسیون DNA تحت شرایط محیطی مختلف در مطالعات مختلف نشان داده شده است. این امر نشان دهنده ظرفیت تغییرات اپی ژنتیک و متیلاسیون DNA در تولید متابولیت‌های ثانویه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات بیان ژن، متابولیسم ثانویه، متیله شدن DNA، تنظیم مسیرهای متابولیکی

مقدمه

متابولیت‌های حاضر در گیاهان در دو دسته متابولیت‌های اولیه و ثانویه طبقه‌بندی می‌شوند. متابولیت‌های اولیه گونه‌های مختلف گیاهی برای حیات آن‌ها ضروری هستند. اما متابولیت‌های ثانویه، اصولا در سازگاری گیاه با شرایطی که در آن زندگی می‌کنند، دخیل هستند. چنین متابولیت‌های ثانویه‌ای شامل ترکیبات زیست‌فعالی هستند که باکتری‌ها، قارچ‌ها و گیاهخواران را دفع می‌کنند. بر اساس داده‌های طبقه بندی شده حاصل از مقالات موجود، به طور متوسط، ۴,۷ متابولیت منحصر به فرد در هر گونه گیاهی یافت می‌شود. مقادیر متابولیت‌های خاص بین و درون گونه‌ها متفاوت است و همچنین با توجه به نوع بافت، مراحل رشد و شرایط استرس متفاوت است. با مرتبط کردن این تفاوت‌ها در محتوای متابولیک با تفاوت‌ها در ژنوم و رونوشت، بسیاری از عوامل ژنتیکی دخیل در کنترل متابولیک شناسایی شده‌اند. محتوای متابولیت یک گیاه، در نهایت، تا حد زیادی توسط ژنوم تعریف می‌شود. در کنار عوامل ژنتیکی، نقش عوامل اپی‌ژنتیک به عنوان اجزای تنظیمی مهم بسیاری از جنبه‌های فیزیولوژی گیاه، از جمله متابولیسم، اثبات شده

است. اپی‌ژنتیک علاوه بر توسعه و پاسخ به محیط در طول یک نسل، می‌تواند باعث تفاوت‌های ارثی شود. هدف این بررسی، ارائه دیدگاهی جامع از کنترل متابولیسم گیاهان با تمرکز بر اپی‌ژنتیک است (Fernie and Tohge, 2017). سلول‌های یوکاریوتی به کنترل بیان ژن از طریق ساختار کروماتین معروف هستند. تغییرات ارثی روی کروماتین که بر ساختار کروماتین و بیان ژن تأثیر می‌گذارند، نشان‌های اپی‌ژنتیکی نامیده می‌شوند . نشان‌های اپی‌ژنتیکی می‌توانند از طریق میتوز یا حتی میوز منتقل شوند و بر صفت فرزندان تأثیر بگذارند. نشان‌های اپی‌ژنتیکی شامل متیلاسیون DNA، اصلاح هیستون و RNAهای کوچک هستند. در این پژوهش، ویژگی‌های اپی‌ژنتیکی مبتنی بر متیلاسیون DNA، مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

جستجوی هدفمند با کلیدواژه‌های متیله شدن DNA، بیان ژن، متابولیت‌های ثانویه، میکرو RNAها در پایگاه‌های علمی معتبر انجام شد. منابع مرتبط از مقالات، کتاب‌ها استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

متیلاسیون DNA

متیلاسیون DNA زمانی رخ می‌دهد که یک گروه متیل به موقعیت کربن شماره ۵ یک نوکلئوتید اضافه شود. هم پروکاریوت‌ها و هم یوکاریوت‌ها تحت این اصلاح اپی‌ژنتیکی قرار می‌گیرند.. متیلاسیون سیتوزین، مکانیسم اپی‌ژنتیکی است که بیشترین مطالعه را در پستانداران و گیاهان دارد. در پستانداران، متیلاسیون سیتوزین فقط در زمینه CG یافت می‌شود، به جز سلول‌های بنیادی جنینی که متیلاسیون غیر CG دارند. برعکس، گیاهان در تمام زمینه‌های توالی دارای متیلاسیون سیتوزین هستند: مثل CG، CHG و CHH که در آن H می‌تواند A، C یا T باشد. متیلاسیون سیتوزین دو نقش دارد: غیرفعال کردن عناصر قابل جابجایی (TE) و تنظیم بیان ژن، اگرچه عملکردهای دیگری مانند تنظیم پردازش RNA و تعاملات کروموزومی نیز گزارش شده است. بسیاری از موجودات زنده مانند گیاهان می‌توانند فقط باقیمانده‌های سیتوزین را متیله کنند، اما سایر نوکلئوتیدها نیز می‌توانند تحت شرایط خاصی متیله شوند (Kumar and Mohapatra, 2021).

متیلاسیون سیتوزین منجر به تحرک ترانسپوزون‌ها می‌شود که پایداری ژنوم را تهدید می‌کند. متیلاسیون سیتوزین در پروموتر یک ژن اغلب با کاهش بیان مرتبط است، اما می‌تواند بیان را نیز افزایش دهد، مانند سرکوبگر خاموشی ۱(ROS1)، در ژن‌های سرکوب‌شده در اثر رسیدن در گوجه‌فرنگی. دو مکانیسم مرتبط، سرعت رونویسی را هنگام وقوع متیلاسیون در داخل پروموتر ژن کاهش می‌دهند. اولاً، گروه‌های متیل اضافی از شناسایی و اتصال فاکتورهای رونویسی خاص به DNA جلوگیری می‌کنند. علاوه بر این، متیلاسیون DNA عوامل دیگری را که به طور خاص به DNA متیله شده متصل می‌شوند، جذب کرده و اتصال فاکتورهای رونویسی را مسدود می‌کند.

متیلاسیون DNA در گیاهان

در گیاهان متیلاسیون سیتوزین از طریق مسیری به نام متیلاسیون DNA هدایت‌شده توسط RNA (RdDM) رخ می‌دهد که مختص گیاهان است. دو دستگاه سیستم رونویسی اختصاصی گیاهی Pol IV و Pol V که در این مسیر دخیل هستند، آن را منحصر به فرد می‌کنند. RdDM با رونویسی توسط Pol IV و تبدیل رونوشت به RNA دو

رشته‌ای (dsRNA) توسط RNA پلیمراز وابسته به RNA۲ (RDR2) آغاز می‌شود. سپس dsRNA توسط DICER-LIKE 3 (DCL3) به sRNAهای ۲۴ نوکلئوتیدی پردازش می‌شود. یکی از رشته‌هایsRNA بر روی پروتئین‌های ARGONAUTE (AGO)، عمدتاً AGO4 وAGO6، بارگذاری می‌شود که سپس به RNAهای داربست مکمل رونویسی شده توسط Pol V هدف قرار می‌گیرند. پروتئین AGO با DOMAINS REARANGED METHYLTRANSFERASE 2 (DRM2) تعامل دارد که سیتوزین را در محل متیله می‌کند. علاوه بر مسیر متعارف که به طور خلاصه توضیح داده شد، RdDM غیر متعارف نیز گزارش و بررسی شده است (Matzke and Mosher, 2014).

متیلاسیون سیتوزین توسط خانواده‌ای از آنزیم‌ها به نام DNA متیل ترانسفرازها حفظ می‌شود. متیل ترانسفراز ۱ (MET1)، که همولوگ DNMT1 پستانداران است، متیلاسیون CG را در طول تکثیر DNA حفظ می‌کند. متیلاسیون CHG توسط کرومومتیلاز ۳ (CMT3) و تا حدودی توسط CMT2 حفظ می‌شود و با اصلاح هیستون یک حلقه تقویتی تشکیل می‌دهد. متیلاسیون CHH توسط CMT2 و DRM2 که از طریق RdDM به توالی هدف هدایت می‌شوند، کاتالیز می‌شود. علاوه بر متیل ترانسفرازهای DNA، یک تغییر دهنده کروماتین به نام "کاهش متیلاسیون DNA 1" (DDM1) برای حفظ متیلاسیون سیتوزین روی نوکلئوزوم در هر دو زمینه CG و غیرCG، به ویژه در مناطق هتروکروماتین، مهم شناخته شده است (Kumar and Mohapatra, 2021) .

متیلاسیون DNA همچنین می‌تواند در موقعیت‌های N1 و N6 آدنین رخ دهد، و متیلاسیون N6 (6-mA) به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته است (6-mA). از سوی دیگر، یوکاریوت‌ها در مقایسه با پروکاریوت‌ها، که مقادیر کمتری متیلاسیون سیتوزین دارند. اطلاعات در مورد متیلاسیون آدنین کافی نیست و مطالعات بیشتری برای درک نقش mA۶- در گیاهان عالی مورد نیاز است. در گیاهان، متیلاسیون به دو نوع دیگر تقسیم می‌شود: متیلاسیون de novo و متیلاسیون maintenance. گیاهان برای خاموش کردن فعالیت رونویسی از طریق متیلاسیون de novo به متیل ترانسفرازهای DRM وابسته هستند. متیلاسیون DNA به دلیل استحکام مسیر متیلاسیون maintenance، در طول نسل‌های مختلف موجودات زنده قابل توارث است.

رشد و فیزیولوژی گیاه توسط تغییرات اپی‌ژنتیکی شکل گرفته و تنظیم می‌شود. بیان ژن، فعالیت ترانسپوزون و تعاملات کروموزومی همگی تحت تأثیر متیلاسیون DNA در موقعیت‌های سیتوزین قرار دارند. در گیاهان، متیلاسیون DNA بر رشد و پاسخ به نشانه‌های محیطی تأثیر می‌گذارد. الگوهای متیلاسیون DNA احتمالاً از طریق RNAهای کوچک با بیان ژن در A. thaliana مرتبط بوده‌اند. علاوه بر این، تغییرات DNA بر بیان ژن و سطح متابولیت‌ها تأثیر می‌گذارند. به نظر می‌رسد مسیرهای متابولیکی تنظیم‌شده از نظر رشدی و محیطی در گیاهان بیشتر توسط عوامل اپی‌ژنتیکی کنترل می‌شوند. به عنوان مثال، رنگ پوست سیب از آنتوسیانین‌هایی ناشی می‌شود که بیوسنتز آنها توسط ژن‌هایی کنترل می‌شود که به طور متفاوتی در بازهای سیتوزین متیله می‌شوند. تولید متابولیت‌های تخصصی را می‌توان در شرایط آزمایشگاهی توسط متیلاسیون سیتوزین DNA در گیاهان غیر مدل کنترل کرد. به عنوان مثال، پروفایل‌های متیلاسیون بین جینسینگ وحشی و کشت‌شده متفاوت بود و با تجمع متفاوت متابولیت‌های تخصصی ارتباط نشان داد. علاوه بر این، مهارکننده‌های متیلاسیون DNA قادر به افزایش بیوسنتز محصولات فنلی در کشت ریشه‌های مویین S. miltiorrhiza (Bunge) هستند (Yang et al., 2018). حذف متیلاسیون سیتوزین می‌تواند به صورت غیرفعال یا فعال رخ دهد. دمتیلاسیون غیرفعال در نتیجه عدم فعالیت متیلاز در طول تکثیر DNA رخ می‌دهد. دمتیلاسیون فعال توسط DNA گلیکوزیلازها کاتالیز می‌شود. آرابیدوپسیس چهار DNA گلیکوزیلاز دارد که شامل REPRESSOR OF SILENCEING 1 (ROS1)، DEMETER (DME)، DEMETERLIKE 2 (DML2)، و DML3

می‌شوند و می‌توانند سیتوزین متیله شده را مستقیماً از طریق ترمیم برش باز در تمام زمینه‌های توالی حذف کنند (Parrilla-Doblas et al., 2019). در مقابل، پستانداران فقط می‌توانند سیتوزین متیله شده را پس از اکسیداسیون گروه متیل توسط دی‌اکسیژناز TET حذف کنند.

تنظیم مسیرهای متابولیکی تخصصی گیاهان دارویی از طریق متیلاسیون DNA

برای تعیین اینکه متیلاسیون DNA چگونه مسیرهای تخصصی گیاهان دارویی را کنترل می‌کند، تجزیه و تحلیل یکپارچه‌ای از داده‌های چند اُمیکس نیاز است. گیاهان و حیوانات سطوح مختلفی از متیلاسیون DNA را نشان می‌دهند که یک پدیده بیولوژیکی رایج است. همچنین گیاهان انواع مختلفی از متیلاسیون DNA را نشان می‌دهند که ممکن است در هر زمینه توالی سیتوزین رخ دهد. تغییرات در سطوح متیلاسیون DNA بین گونه‌های گیاهی قابل توجه است. متیلاسیون CG در بیوسنتز ساپونین تری‌ترپنوئیدی نقش اپی‌ژنتیکی ایفا می‌کند، که نشان می‌دهد تغییرات اپی‌ژنتیکی بر سنتز پلاتیکوزید تأثیر می‌گذارد. یک تجزیه و تحلیل جامع از متیلاسیون DNA، نقش متیلاسیون DNA را در کنترل تخصصی متابولیسم C. roseus نشان داد (Dugé de Bernonville et al., 2020).

با بهره‌گیری از هماهنگی بالقوه بین اپی‌ژنتیک و کنترل هورمونی، می‌توان تولید متابولیت‌های ثانویه گیاهی را برای کاربردهای دارویی بهبود بخشید. علاوه بر این، علائم مختلفی از متیلاسیون DNA در پروموترهای ژن‌های دخیل در متابولیسم ثانویه و فتوسنتز مشاهده شده است. مطالعات نشان داده‌اند که کشت‌هایی که برای مدت طولانی در کشت سوسپانسیون نگهداری می‌شوند، اغلب حاوی ژن‌های متیله شده بیشتری در مسیرهای متابولیت ثانویه هستند. در حال حاضر، این یک مانع مهم برای تولید متابولیت‌های ثانویه گیاهی در مقیاس بزرگ است. در P. ginseng، متیلاسیون DNA در فرآیند اهلی‌سازی و کنترل کیفیت آن نقش دارد. تجزیه و تحلیل عملکردی نشان داد که متیلاسیون DNA با ژن‌های مختلفی مرتبط است، که نشان می‌دهد متیلاسیون DNA به اهلی‌سازی کمک می‌کند. تجمع جینسنوزیدها کیفیت P. quinquefolium را تعیین می‌کند و شرایط سرما نقش حیاتی در این فرآیند دارد. دمتیلاسیون DNA در برگ‌های نازک در اوایل بهار می‌تواند با قرار گرفتن در معرض سرمای کافی زمستان آغاز شود که ارتباط نزدیکی با تجمع جینسنوزید در ریشه‌ها دارد. در گیاهان، متیل ترانسفرازهای DNA سیتوزین-۵ مسئول حفظ تغییرات اپی‌ژنتیکی در DNA سیتوزین هستند. تجزیه و تحلیل‌های ژنومی، هشت SmC5-MTase فرضی را در S. miltiorrhiza شناسایی کرد. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل فراوانی رونوشت‌ها نشان داد که SmC5-MTaseها از نظر عملکردی برای پاسخ به استرس و متابولیسم ثانویه در S. miltiorrhiza مهم هستند.

یافته‌های یک مطالعه قبلی اطلاعات مفیدی را برای تعیین نقش متیلاسیون DNA در توسعه و بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی ارائه داده اند. *Pinellia ternata* (Thunb.) Breit. (Araceae; Pinelliae Rhizoma) یک داروی گیاهی معمولی چینی است و کاشت آن در سایه می‌تواند به طور مؤثر عملکرد آن را افزایش دهد و به طور گسترده در بازار چین مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقایسه‌ای در P. ternata که در زیر نور طبیعی و سایه رشد کرده است، انجام شد و نشان داد که سایه باعث ۳۲,۵۱٪ متیلاسیون DNA و ۱۶,۲۵٪ دمتیلاسیون می‌شود، که نشان می‌دهد تغییرات در متیلاسیون DNA ممکن است در افزایش تولید P. ternata در شرایط سایه نقش داشته باشد. نتیجه دیگری نشان داد که تیمار کشت سلولی V. amurensis با ۵-azacytidine، که متیلاسیون DNA را مهار می‌کند، تولید رسوراترول را دو برابر افزایش داد (Kiselev et al., 2011).

نتیجه‌گیری نهایی

اپی‌ژنتیک در تعدادی از پدیده‌های فیزیولوژیکی گیاه دخیل است و متابولیسم تحت این پدیده‌ها به صورت پویا تغییر می‌کند. بنابراین، مکانیسم‌های اپی‌ژنتیک در کنترل اکثریت قریب به اتفاق متابولیت‌ها دخیل هستند. با این حال، در بیشتر موارد، عوامل ژنتیکی مانند فاکتورهای رونویسی و موتیف‌های اتصال DNA آنها، آنزیم‌های اصلاح‌کننده هیستون و بازآرایی‌کننده‌های کروماتین در بالادست برای رسوب علائم اپی‌ژنتیک عمل می‌کنند. اخیراً، ویرایش اپی‌ژنوم پیشرفت کرده و چندین نمونه موفق در گیاهان گزارش شده است، به ویژه، ویرایش هدایت‌شده توسط CRISPRCas SunTag، کارایی ویرایش اپی‌ژنوم هدفمند را افزایش داده است. در آرابیدوپسیس، از یک سیتوزین متیل‌ترانسفراز باکتریایی برای متیلاسیون هدفمند سیتوزین استفاده شد و نشان داده شد که متیلاسیون CG ایجاد شده توسط این سیستم ارثی است. تکثیر کلونال گیاهان امکان اصلاح نژاد محصولات زراعی را با استفاده از علائم اپی‌ژنتیکی مختلف فراهم می‌کند. اپی‌آلل‌ها از این جهت که در کشاورزی به روشی مشابه آلل‌های ژنتیکی قابل استفاده هستند، از ارزش بالایی برخوردارند.

منابع

Fernie, A. R. and Tohge, T. (2017). The genetics of plant metabolism. *Annual Review of Genetics*, 51, 287-310.

Kumar, S. and Mohapatra, T. (2021). Dynamics of DNA methylation and its functions in plant growth and development. *Frontiers in Plant Science*, 12, 596236.

Matzke, M. A., and Mosher, R. A. (2014). RNA-directed DNA methylation: An epigenetic pathway of increasing complexity. Nature Reviews Genetics, 15(6), 394–408. https://doi.org/10.1038/nrg3683

Parrilla-Doblas, J.T., Roldan-Arjona, T., Ariza, R.R., and CordobaCanero, D. (2019). Active DNA demethylation in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(19), 4683.

Yang, D.F., Huang, Z.C., Jin, W.B., Xia, P.G., Jia, Q.J., Yang, Z.Q., Hou, Z.N., Zhang, H.H., Ji, W., and Han, R.L. (2018). DNA methylation: A new regulator of phenolic acids biosynthesis in Salvia miltiorrhiza. *Industrial Crop Production*, 124, 402–11.

Epigenetic Regulation of Plant Secondary Metabolites via DNA Methylation

Sara Ghaffarian*
Department of biology, Faculty of basic sciences, Azarbaijan shahid madani university, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: s.ghaffarian@azaruniv.ac.ir

Abstract

Secondary metabolites include bioactive compounds that enhance plant resistance to abiotic stresses, and some possess medicinal properties. On average, 4.7 unique metabolites are found per plant species. Alongside genetic factors, epigenetic factors are recognized as important regulatory components involved in controlling metabolism and consequently the metabolite content of plants. One key epigenetic mark is DNA methylation, which refers to the addition of a methyl group to the 5th carbon position of a nucleotide. In this study, the relationship between DNA methylation-based epigenetic features and secondary metabolite production was investigated. In plants, cytosine methylation occurs via a pathway known as RNA-directed DNA methylation (RdDM) and is maintained by a family of enzymes called DNA methyltransferases. DNA methylation is often associated with gene repression. Cytosine demethylation can occur passively or actively. Changes in DNA methylation influence gene expression and metabolite levels. It appears that metabolite pathways regulated developmentally and environmentally in plants are largely controlled by epigenetic factors. The role of DNA methylation in the production levels of resveratrol, ginsenosides, platycodin, saponins, and others, as well as the correlation of their levels with DNA methylation under various environmental conditions, has been demonstrated in multiple studies. This indicates the potential of epigenetic modifications and DNA methylation in regulating secondary metabolite biosynthesis.

Keywords: Secondary metabolism, DNA methylation, Gene expression regulation

ارزیابی اثربخشی مواد موثره مشتق شده از اسانس مخروط‌ها و برگ‌های درخت سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) در غنی‌سازی صابون گیاهی و بهبود مشکلات پوستی

ویدا قاسمی چلان*[1]، حنیفه سید حاجی‌زاده[1]
۱- گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
*نویسنده مسئول: vida.ghasem@gmail.com

چکیده

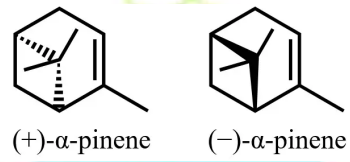
سرو نقره‌ای یکی از درختان معطر و زیبا است که کاربردهای دارویی متعددی دارد. این درخت همچنین به دلیل کاهش افسردگی، اضطراب و خستگی شناخته شده است و به دلیل داشتن فعالیت‌های بیولوژیکی مهم مرتبط با سلامت انسان، به طور گسترده در طب سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین، با توجه به خواص ضد میکروبی و آنتی باکتریال اسانس سرو نقره‌ای، این مطالعه با هدف تعیین ترکیبات اسانس استخراج شده از برگ‌ها و مخروط‌ها به منظور استفاده در تولید صابون گیاهی بر پایه اسانس سرو نقره‌ای در درمان برخی مشکلات پوستی از جمله آکنه، جوش‌های چرکی و بسته شدن منافذ پوستی در دانشگاه مراغه انجام شد. برای این منظور، مخروط‌ها و برگ‌های درخت سرو نقره‌ای رشد کرده در محوطه دانشگاه مراغه، جمع‌آوری شدند و در مجموع، تجزیه و تحلیل GC-MS به ترتیب ۸ و ۲۹ ترکیب را در مخروط‌ها و برگ‌ها نشان داد. به دلیل غلظت بالاتر آلفا-پینن مشتق شده از مخروط‌ها در مقایسه با برگ‌ها، اسانس مخروط‌های C. arizonica می‌تواند به عنوان یک مهارکننده میکروبی خوب در جلوگیری از تشکیل آکنه و جوش‌های چرکین عمل کند. در کل، اسانس C. arizonica با بستن منافذ باز پوست به دلیل خاصیت منقبض کنندگی مشتق شده از ترکیبات موثر آن و همچنین معطر بودن آن می‌تواند به عنوان یک گزینه خوب در تولید و غنی‌سازی صابون سنتی مراغه عمل کند.

واژه‌های کلیدی: آنتی باکتریال، ترکیب آروماتیک، صابون گیاهی، درخت دارویی

مقدمه

تیره سرو از سوزنی برگان و درختانی همیشه سبز هستند. سی جنس و یکصد و سی وچهار گونه در این خانواده شناسایی شده است (Schulz and Stützel, 2005). گونه های مختلفی از سرو به عنوان گیاهان دارویی شناخته شده‌اند و به صورت عمده در طب سنتی استفاده می‌شوند. سرو سیمین یا سرو نقره‌ای یا سرو آریزونا با نام علمی *Cupressus arizonica Greene* بومی ایالت آریزونا و کالیفرنیاست، برگ‌های فلسی به رنگ سبز-آبی یا خاکستری داردکه دارای خواص دارویی فراوان می‌باشند. سرو نقره‌ای درختی همیشه سبز و از مقاوم ترین گونه های سوزنی برگ جهان است که واریته غالب آن در ایران آریزونیکا می باشد (Emami, 2004). چندین هزاره، تمدن‌های مختلف در جهان از گیاهان دارویی و معطر به عنوان منبع دارو برای درمان بیماری‌های مختلف استفاده کرده‌اند (Shahat et al., 2018). گیاهان معطر و دارویی و عصاره‌های آنها همیشه جایگاه قابل توجهی در پزشکی، آشپزی، لوازم آرایشی یا صنایع غذایی

داشته‌اند (Mussarat et al., 2018). طبق گفته سازمان بهداشت جهانی، علاقه روزافزون به طب سنتی بازگشت به گذشته نیست، بلکه دیدگاهی نوآورانه از مراقبت کلی بیمار است. علاوه بر این، طب سنتی نیازهای اولیه مراقبت‌های بهداشتی ۸۰٪ از ساکنان کره زمین، به ویژه در برخی از کشورهای آسیایی و آفریقایی را پوشش می‌دهد (Mussarat et al., 2021). آلفا پینن، ترکیبی طبیعی است که در بسیاری از گیاهان یافت می‌شود و می‌تواند برای سلامت پوست مفید باشد. خصوصا، آلفا پینن به بهبود گردش خون در پوست کمک کرده و بازسازی و ترمیم پوست را تسریع می‌کند. همچنین، این ماده خاصیت ضد التهابی و ضد میکروبی دارد که می‌تواند در درمان برخی مشکلات پوستی مانند سوختگی، اگزما و التهابات موثر باشد.گیاه سرو نقره‌ای دارای خواص بیولوژیکی مهمی از جمله اثرات ضد باکتری، آنتی‌اکسیدانی، ضد دیابت و ضد سرطان می‌باشد. تجزیه و تحلیل فیتوشیمیایی، همبستگی بین ترکیبات فعال زیستی (متابولیت‌های ثانویه) و خواص بیولوژیکی نشان داده شده را نشان داد (Mrabti et al., 2022). اخیراً، فلامینی و همکاران (۲۰۰۳) ترکیب روغن به دست آمده از شاخه‌ها و مخروط‌های ماده را مطالعه کرده‌اند و دریافته‌اند که آلفا-پینن جزء اصلی روغن تولید شده از *C. arizonica* کشت شده در ایتالیا است (به ترتیب ۷۴/۶٪ و ۷۲٪). یک مطالعه در سال ۲۰۱۴ نشان داد که اسانس سرو دارای خواص ضد میکروبی است که رشد باکتری‌های آزمایش شده را مهار می‌کند. این مطالعه خاطر نشان کرد که روغن سرو به دلیل توانایی‌اش در از بین بردن باکتری‌های روی پوست، می‌تواند به عنوان یک ماده آرایشی در صابون‌سازی استفاده شود. روغن سرو منجر به انقباض رگ‌های خونی می‌شود که جریان خون را تحریک کرده و انقباض پوست، عضلات، فولیکول‌های مو و لثه‌ها را تقویت می‌کند. خواص قابض آن به روغن سرو اجازه می‌دهد تا بافت‌های شما را سفت کند، فولیکول‌های مو را تقویت کند و احتمال ریزش آنها را کاهش دهد. از طرفی باعث بسته شدن منافذ پوست و در نتیجه لیفت صورت خواهد شد و این امر به ما کمک می‌کند تا از اسانس سرو نقره ای به عنوان یک ترکیب طلایی در تولید صابون استفاده نماییم. در شکل ۱ ساختار فضایی دو ماده آلفا پینن منفی و مثبت نشان داده شده است.



شکل ۱. ساختار فضایی دو ماده آلفا پینن منفی و مثبت

هدف از این مطالعه، بررسی کمیت و کیفیت اسانس استخراج شده از برگ‌ها و مخروط‌های سرو نقره‌ای و تعیین ترکیبات فیتوشیمیایی موجود در اسانس برگ و مخروط سرو نقره‌ای به منظور استفاده بهینه در تولید صابون گیاهی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای این منظور مخروط‌ها و برگ سرو نقره‌ای از محوطه‌ی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه مراغه جمع‌آوری شده و پس از شستشو با استفاده از دستگاه کلونجر بر اساس تقطیر با بخار آب و مقدار۱۰۰ گرم از هر نمونه با استفاده از دستگاه کلونجر صورت گرفت و اسانس حاصل از هر دو نمونه جداگانه استخراج و جمع‌آوری شدند. اسانس‌های حاصل در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه توسط دستگاه GC/MS تجزیه و تحلیل شدند. سپس پس از رقیق‌سازی با غلظت ۰/۵٪

(نیم درصد) به پایه صابون که از مواد اولیه گیاهی از جمله روغن نارگیل، روغن کرچک و روغن‌های مفید دیگر که برای سلامت پوست و مو بسیار مفید می‌باشند اضافه گردید. پس از آن فرایند قلیایی شدن و تولید صابون به رو ش سرد در کارگاه انجام گرفت. مراحل کار به صورت زیر انجام گرفت:

استخراج اسانس

برای تهیه اسانس از روش تقطیر با آب (Hydrodistillation) و از دستگاه کلونجر استفاده شد که در این روش ابتدا ۱۵۰ گرم از نمونه برگ و مخروط سرو نقره‌ای در بالن ته‌گرد یک لیتری با آب مقطر کاملا مخلوط گردید. بالن حاوی ۵۰۰ سی‌سی آب مقطر و نمونه‌ها روی گرم کن قرار گرفت و به دستگاه اسانس‌گیری متصل گردید. سپس جریان آب کافی برای سرد کردن خنک کننده فراهم گردید. زمانی که مخلوط شروع به جوشیدن کرد دمای گرم کن تا ۱۵۰ درجه‌سانتی‌گراد پایین آورده شد تا مخلوط به آرامی بجوشد. در این مرحله اولین قطرات مایع در انتهای مبرد ظاهر شد و این عمل به مدت ۳ ساعت ادامه یافت. سپس گرم‌کن خاموش گردید و بعد از پنج دقیقه اسانس حاصل در قسمت مدرج لوله قابل اندازه‌گیری بود. محتویات لوله رابط را به استوانه مدرج ۱۱ میلی‌لیتری انتقال داده و حجم اسانس بر حسب میلی‌لیتر تعیین گردید. با توجه به سبکی اسانس و قرار گرفتن آن روی آب، اسانس به وسیله پیپت پاستور از سطح آب جدا شده و در شیشه‌های درب‌دار کوچک و با فویل آلومینیومی پوشانده شد. اسانس جهت تعیین ترکیبات متشکله با استفاده از سرنگ مخصوص دو میکرولیتر به دستگاه تزریق شد. سپس برای نمونه بعدی سرنگ ابتدا با استون شسته شده و سپس با ان-هگزان و نمونه بعدی به دستگاه GC-MS تزریق شد (بتولی و قمی، ۱۳۹۰).

شناسایی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس

برای شناسایی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس، از دستگاه‌های گاز کروماتوگرافی (GC) و گاز کروماتوگرافی متصل شده به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. شناسایی طیف‌ها به کمک محاسبه شاخص‌های بازداری کواتس (RI) کد با تزریق هیدروکربن‌های نرمال (C7– C25) تحت شرایط یکسان با تزریق اسانس‌ها صورت گرفت و با مقادیری که‌در منابع مختلف منتشر شده بود، مقایسه شد .بررسی طیف‌های جرمی نیز جهت شناسایی ترکیب‌ها انجام گرفت و شناسایی‌های صورت گرفته، با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیب‌های استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه‌های مختلف تأیید شد. درصد نسبی هرکدام از ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس‌ها با توجه به سطح زیر منحنی آن در طیف کروماتوگرام به دست آمد و با مقادیری که در منابع مختلف با در نظر گرفتن اندیس کواتس منتشر شده، مقایسه شد (Davis, 1990).

نتایج و بحث

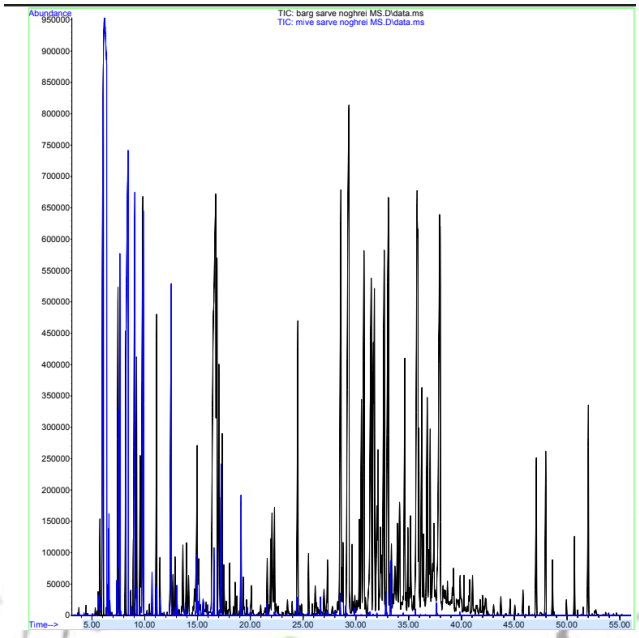
در شکل ۲ خلاصه‌ای از مراحل اسانس‌گیری و نمونه صابون تولید شده به صورت شماتیک نشان داده شده است. لازم به ذکر است که اسانس مورد استفاده برای اولین بار در کشور تولید گردیده و محصول نمونه داخلی نداشته است.

نتایج حاصل از تجزیه ترکیبات فیتوشیمیایی حاصل از اسانس میوه و برگ‌های درخت سرو این نتایج را برای ما نشان داد که مقدار آلفا پینن موجود در مخروط‌های سرو بیشتر از برگ‌ها بوده و در مجموع، آنالیز GC-MS به ترتیب ۸ و ۲۹ ترکیب را در مخروط‌ها و برگ‌ها نشان داد که در شکل ۳ نشان داده شده است، که نشان می‌دهد اسانس‌ها نه تنها در داخل یک گونه، بلکه در قسمت‌های مختلف یک درخت نیز تنوع دارند. به عنوان مثال، ترکیبات کلیدی مانند

α–پینن (۴۴/۴٪)، β–پینن (۲۰/۱٪)، لیمونن (۸/۱۵٪)، ۳–کارن (۷/۷۶٪) و ۴–کارن (۵/۰۲٪) فراوان‌ترین ترکیبات در مخروط‌ها بودند، در حالی که اجزای اصلی اسانس برگ‌ها Thujen (۸/۲٪)، Murolla (۶/۲٪)، α–Cedren (۵/۲۶٪) و – α پینن (۴/۲۲٪) بودند. لذا به نظر می‌رسد به دلیل غلظت بالاتر آلفا–پینن مشتق شده از مخروط‌ها در مقایسه با برگ‌ها، روغن اسانس مخروط‌های *C. arizonica* می‌تواند به عنوان یک مهارکننده میکروبی خوب و همچنین به عنوان عامل معطر در تولید صابون‌های سنتی غنی‌کننده عمل کند. مطابق با نتایج ما، یافته‌های مطالعات امامی و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان داد که تمام عصاره‌های متانولی برگ‌ها و میوه‌های شش گونه مختلف مخروطیان رایج ایرانی دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی هستند. نتایج مشابه دیگری مبنی بر اینکه آلفا–پینن یکی از اجزای اصلی روغن به‌دست‌آمده از برگ‌های *C. arizonica* کشت‌شده در ایران است (۱۹/۲٪) نیز به دست آمد (افشاری‌پور و توکلی، ۲۰۰۵).

شکل ۲. مراحل اسانس‌گیری و نمونه صابون تولید شده

امروزه، آلفا–پینن که یکی از اجزای اصلی روغن ضروری *C. arizonica* است، نقش مهمی در مراقبت از پوست و همچنین در به تأخیر انداختن روند پیری پوست ایفا می‌کند (اسفاو و همکاران، ۲۰۲۲). اخیراً، (فلامینی و همکاران، ۲۰۰۳) ترکیب روغن به‌دست‌آمده از شاخه‌ها و مخروط‌های ماده را مطالعه کرده‌اند و دریافته‌اند که آلفا–پینن اجزای اصلی روغن تولید شده از *C. arizonica* است (به ترتیب۷۴/۶٪ و ۷۲٪).



شکل ۳. کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی اسانس برگ‌های *C. arizonica* (خط سیاه) و مخروط‌ها (خط آبی) برگ‌ها

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع تعداد ۸ و ۲۹ ترکیب به ترتیب در مخروط‌ها و برگ‌های سرو نقره‌ای شناسایی شد. با توجه به غلظت بیشتر آلفا-پینن استخراج شده از مخروط‌ها در مقایسه با برگ‌ها، اسانس مخروط‌های *C. arizonica* می‌تواند به عنوان یک مهارکننده میکروبی خوب در جلوگیری از تشکیل آکنه و جوش‌های چرکین عمل کرده و استفاده از آن در ساختار صابون دارای صرفه اقتصادی بالاتری است. در کل، اسانس *C. arizonica* با بستن منافذ باز پوست به دلیل خاصیت منقبض کنندگی مشتق شده از ترکیبات موثر آن و همچنین معطر بودن آن می‌تواند به عنوان یک گزینه خوب در تولید و غنی‌سازی صابون سنتی مراغه عمل کند. همچنین از این تحقیق بینش‌های ارزشمندی در مورد ترکیب شیمیایی پیچیده روغن‌های اساسی *C. arizonica* با توجه به برگ‌ها و مخروط‌ها ارائه می‌دهد و راه را برای اکتشافات بیشتر و استفاده از آن‌ها در کاربردهای مختلف مانند رایحه‌درمانی و لوازم آرایشی، علاوه بر غنی‌سازی صابون سنتی مراغه، از نظر دارویی، هموار می‌کند.

منابع

بتولی، حسین. و صفایی‌قمی، جواد. (۱۳۹۰). مقایسه ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس گل‌های سه ژنوتیپ گل محمدی منطقه کاشان. *فصلنامه گیاهان دارویی*، ۱۱(۲)، ۱۵۷-۱۶۶

Afsharypuor, S., & Tavakoli, P. (2005). Essential oil constituents of leaves and fruits of *Cupressus arizonica* Greene. *Journal of essential oil research*, *17*(2), 225-226.

Davis, N.W. (1990). Gas Chromatographic Retention indices of Monoterpenes and Sesquiterpenes on Methyl Silicone and Carbowax 20M phases. *Journal of Chromatography*, 503, 1-24.

Emami, S. A., Hasanzadeh, K. M., Rahimizadeh, M., Fazli, B. B., & Assili, J. (2005). Chemical constituents of Cupressus sempervirens L. cv. Cereiformis Rehd. essential oils.

Emami, S. A., Shahani, A., & Khayyat, M. H. (2013). Antioxidant activity of leaves and fruits of cultivated conifers in Iran. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, *8*(3), 113.

Flamini, G., Cioni, P. L., Morelli, I., Bighelli, A., Castola, V., & Casanova, J. (2003). GC/MS and 13C-NMR integrated analyses of the essential oils from leaves, branches and female cones of Cupressus arizonica from Italy. *Journal of Essential Oil Research*, *15*(5), 302-304.

Mozaffarian, V. (2012). Identification of medicinal and aromatic plants of Iran. Farhang Moaser Publishers.

Mrabti, H. N., Doudach, L., Mekkaoui, M., Khalil, Z., Harraqui, K., Fozia, F., ... & Bouyahya, A. (2022). Profile of medicinal plants traditionally used for the treatment of skin burns. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, *2022*(1), 3436665.

Mussarat, S., Ali, R., Ali, S., Mothana, R. A., Ullah, R., & Adnan, M. (2021). Medicinal animals and plants as alternative and complementary medicine in southern regions of Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Frontiers in Pharmacology*, *12*, 649046.

Mussarat, S., Amber, R., Tariq, A., Adnan, M., AbdElsalam, N. M., Ullah, R., & Bibi, R. (2014). Ethnopharmacological assessment of medicinal plants used against livestock infections by the people living around Indus river. *BioMed Research International*, *2014*(1), 616858.

Schulz, C., Knopf, P., & Stützel, T. H. (2005). Identification key to the Cypress family (Cupressaceae). *Feddes Repertorium: Zeitschrift für botanische Taxonomie und Geobotanik*, *116*(1:2), 96-146.

Evaluation of the effectiveness of active ingredients derived from the essential oils of silver cypress (*Cupressus arizonica*) cones and leaves in enriching herbal soap and improving skin problems

Vida Ghassemi Chelan[*1], Hanifeh Seyed Hajizadeh[1]
1. Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
[*]*Corresponding Author: vida.ghasem@gmail.com*

Abstract

Silver cypress is one of the fragrant and beautiful trees that have numerous medicinal uses. This tree is also known for reducing depression, anxiety, and fatigue, and is widely used in traditional medicine due to its important biological activities related to human health. Therefore, considering the antimicrobial and antibacterial properties of silver cypress essential oil, this study was conducted at Maragheh University with the aim of determining the essential oil compounds extracted from the leaves and cones for use in the production of herbal soap based on silver cypress essential oil in the treatment of some skin problems including acne, pustules, and clogged pores, etc. For this reason, the cones and leaves of the silver cypress tree that grew at Maragheh University were collected, and in total, GC-MS analysis showed 8 and 29 compounds in the cones and leaves, respectively. Due to the higher concentration of α-pinene derived from cones compared to leaves, the essential oil of cones *C. arizonica* can act as a good microbial inhibitor in preventing the formation of acne and pustules, and by closing open skin pores due to the astringent properties derived from its effective compounds, as well as its aromatic nature, it can act as a good option in the production and enrichment of traditional Maragheh soap.

Keywords: Antibacterial, Aromatic Composition, Herbal Soap, Medicinal tree

تولید بذر مرغوب گیاهان داروئی راهبرد توسعه کارآفرینی و تجاری‌سازی تولید محصولات داروئی در کشور

آیدین حمیدی*[۱]، محمدباقر رضائی[۲]، پروین صالحی[۳]

۱- دانشیار پژوهش سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی- مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال-کرج-ایران

۲- استاد پژوهش و دانشیار پژوهش مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور-تهران- ایران و

۳- دانشیار پژوهش مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور-تهران- ایران

*نویسنده مسئول: a.hamidi@areeo.ac.ir

چکیده

بذر به‌عنوان اندام اصلی تکثیر و بقای گیاهان زراعی و مهم‌ترین نهاده تولید محصولات زراعی به‌شمار می‌رود. گیاهان دارویی گیاهانی هستند که بخشی یا تمام اندام‌های آن شامل گل، میوه، بذر، ساقه، برگ و ریشه دارای خواص دارویی می‌باشد و همچنین کاشت، داشت و برداشت این گیاهان به‌منظور استفاده از ماده مؤثره آنها انجام می‌شود حدود ۸۰۰۰ گونه گیاهی در ایران وجود دارند که ۲۳۰۰ گونه جزء گیاهان معطر و دارویی هستند در واقع اکثر ۲۳۰۰ گونه گیاه داروئی و معطره شناخته شده ایران اصلاح نشده و به‌صورت توده‌های بومی و محلی و اکوتیپ وجود دارند و از این رو بذر گواهی شده ارقام اصلاح شده آنها برای کشت و کار و تولید محصول آنها دردسترس نیست. بنابراین تأمین بذر مرغوب (با کیفیت) گیاهان داروئی بومی کشور به‌ویژه گونه‌های مهم که مورد کشت و کار قرار می‌گیرند و کشت آنها برای صنایع داروئی کشور از اهمیت برخوردار هستند می‌تواند راهبرد توسعه کارآفرینی و تجاری‌سازی تولید محصولات داروئی در کشور باشد. در این مقاله باتوجه به عدم امکان تأمین بذر گواهی شده ارقام اصلاح شده بسیاری از گونه‌های بومی گیاهان داروئی در کشور درحال حاضر راهکارهای تأمین و تولید بذر مرغوب گیاهان داروئی بومی کشور ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: ثبت رقم، نظام بذری،گواهی بذر، فرآوری بذر.

مقدمه

کارآفرینی[۱] عبارت است از ایجاد یا استخراج ارزش اقتصادی به روش‌هایی که عموماً فراتر از حداقل میزان ریسک بوده و به‌طور بالقوه شامل ارزش‌هایی علاوه‌بر ارزش‌های تنها اقتصادی باشد (Modaresi and Davodi, 2015). در فرایند کارآفرینی، یک کسب و کار راه‌اندازی می‌شود و با استفاده از ایده‌های خلاقانه و نوآورانه، مدل‌های کسب و کاری نوین ایجاد می‌شود. تجاری‌سازی[۲]، فرآیند معرفی یک محصول یا روش تولید جدید به بازرگانی و عرضه آن به بازار است (Ghaffari and Zand Hesami, 2017). گیاهان دارویی گیاهانی هستند که بخشی یا تمام اندام‌های آن شامل گل، میوه، بذر، ساقه، برگ و ریشه دارای خواص دارویی می‌باشد و کاشت، داشت و برداشت آنها برای استفاده از ماده مؤثره آنها است (Karamipour Esfahani and Abedi, 2016). حدود ۸۰۰۰ گونه گیاهی در ایران وجود دارند که ۲۳۰۰ گونه جزء گیاهان معطر و دارویی هستند (Sefidkon, 2018). بذر به‌عنوان اندام اصلی تکثیر و بقای گیاهان زراعی و

1. Entrepreneurship
2. Commercialization

مهم‌ترین نهاده تولید محصولات زراعی به‌شمار می‌رود. بذر گیاه نتیجه پژوهش‌های به‌نژادی و به‌زراعی است و عامل دستیابی به پتانسیل واقعی عملکرد کمی و کیفی یک ژنوتیپ گیاهی محسوب می‌شود (Hamidi, 2016). تولید و گواهی و مصرف بذرهای گواهی شده نقشی اساسی در افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی داشته و یکی از جنبه‌های مهم علوم کشاورزی محسوب می‌شود. دستیابی به بذر کیفیت مطلوب و استاندارد، هدف اصلی یک برنامه کنترل و گواهی بذر[1] موفق است. کنترل و گواهی بذر از دیدگاه علمی فرایندی سازمان یافته و طراحی شده برای تکثیر و تأمین بذر اصلاح شده ارقام برتر گیاهان زراعی مورد نیاز کشاورزان است. از دیدگاه قانونی، کنترل و گواهی بذر، نظامی منطبق با قانون بذر[2] هر کشور است که برای کنترل کیفیت تولید و تکثیر بذر[3] وضع شده است. هدف برنامه تکثیر و کنترل و گواهی بذر تأمین مقدار کافی بذر دارای کیفیت مطلوب یک رقم اصلاح شده می‌باشد (Hamidi, 2022). با وجود این که پیشینه بهنژادی و اصلاح ارقام جدید گیاهی و کنترل و گواهی بذر در ایران به اوایل قرن پیشین خورشیدی باز می‌گردد و عرضه بذر گواهی شده ارقام اصلاح شده داخلی و خارجی محصولات اساسی همچون گندم و جو و پنبه از سال‌های ۱۳۲۰ خورشیدی آغاز گردید تا سال ۱۳۸۲ که قانون ثبت ارقام گیاهی و کنترل و گواهی بذر و نهال[4] در مجلس شورای اسلامی مصوب شد کشور از قانون بذر برخوردار نبود (Hamidi, 2016). رقم[5] گروهی از گیاهان است که در پائین‌ترین رده شناخته شده گیاه‌شناسی بوده و دارای یکنواختی[6] کافی، پایداری[7] صفات و متمایز[8] از گروه‌های مشابه دیگر باشند (SPCRI, 2019). رقم اصلاح‌شده[9] گروهی از گیاهان است که براساس خصوصیات ظاهری، فیزیولوژیکی، سیتولوژیکی، و شیمیایی از دیگر گروه‌ها متمایز و دارای یکنواختی کافی است و طی روند تکثیر خصوصیات آن پایدار می‌ماند. ارقام جدید اصلاح شده گیاهی ارزشمندترین دستاورد دانش بهنژادی بوده و کشت این ارقام عامل بهبود تولید محصولات زراعی و باغی است و باتوجه به ارزش بالای ارقام گیاهی ثبت[10] آنها براساس موازین بین‌المللی صورت می‌گیرد (Mozafari *et al.*, 2010). قوانین و مقررات مرتبط با ثبت ارقام و کنترل و گواهی بذر گیاهان داروئی، قانون الحاق دولت جمهوری اسلامی ایران به معاهده بین‌المللی ذخایر ژنتیکی گیاهی برای غذا و کشاورزی قانون حفاظت و بهره‌برداری از منابع ژنتیکی کشور آئین‌نامه اجرایی شرایط دسترسی و نحوه بهره‌برداری ژنتیکی و قانون ثبت ارقام گیاهی و کنترل و گواهی بذر و نهال می‌باشند. طبق مفاد آئین‌نامه اجرائی[11] قانون ثبت ارقام گیاهی و کنترل و گواهی بذر و نهال، ثبت رقم گیاهی تأیید حق مالکیت معنوی و اعطای امتیاز انحصاری بهره‌برداری اقتصادی به اصلاح‌کننده رقم است. همچنین طبق تبصره یک ماده سه این قانون ذخایر ژنتیک گیاهی اصلاح نشده و وحشی به‌عنوان ذخایر ملی تلقی گردیده و ثبت آنها تحت نام بخش‌های غیردولتی مجاز نمی‌باشد و ثبت این گونه ذخایر ژنتیکی گیاهی براساس تقاضای دستگاه‌های دولتی تحت نام دولت جمهوری اسلامی ایران انجام خواهد شد. ماده دو آیین‌نامه ثبت ذخایر ژنتیکی گیاهی و ارقام بومی و محلی کشور نیز بیان می‌دارد که درخواست

1. Seed control and certification
2. Seed law
3. Seed production and reproduction
4. Act of Plant Varieties Registration, Control And Certification of Seeds and Plant Materials of Islamic Republic of Iran
5. Variety(Cultivar)
6. Uniformity
7. Stability
8. Distinct
9. Improved
10. Registration
11. Executive by-law

ثبت ذخائر ژنتیکی گیاهی و ارقـام بومی و محلی کشور فقط توسط بانک‌های ژن گیاهی ملی ایران انجام می‌گیرد (SPCRI, 2019). ازاین‌رو و با استناد به مفاد این قانون و مقررات مربوطه، برای ثبت و تجاری‌سازی و تکثیر و تولید بذر گواهی شده گیاهان داروئی ضروری است ارقام جدید این گیاهان اصلاح و معرفی گردند تا ثبت و تجاری‌سازی و تکثیر و تولید تجاری بذور این گیاهان امکان‌پذیر گردد. باوجود این که ارقام جدید بسیاری از گیاهان زراعی و باغی در کشور انجام شده و فهرست ملی ارقام گیاهی کشور متشکل از تعداد قابل‌توجهی ارقام اصلاح شده تجاری داخلی و خارجی است ولی ارقام اصلاح و ثبت شده گیاهان داروئی در فهرست ملی ارقام گیاهی ایران منحصر به شش رقم، دو رقم عناب: ۱- سیوجان و ۲- ماژان، یک رقم خارجی رازیانه به نام بوئلی[1] و سه رقم خار مریم: ۱-مارینا، ۲- مالیکا و ۳- سلینا می‌باشند (www.spcri.ir). در واقع اکثر ۲۳۰۰ گونه گیاه داروئی و معطره شناخته شده ایران اصلاح نشده و به صورت توده‌های بومی و محلی و اکوتیپ وجود دارند و از این رو بذر گواهی شده ارقام اصلاح شده آنها برای کشت و کار و تولید محصول آنها دردسترس نیست. بنابراین تأمین بذر مرغوب(با کیفیت)[2] گیاهان داروئی بومی کشور به‌ویژه گونه‌های مهم که مورد کشت و کار قرار می‌گیرند و کشت آنها برای صنایع داروئی کشور از اهمیت برخوردار هستند می‌تواند راهبرد توسعه کارآفرینی و تجاری‌سازی تولید محصولات داروئی در کشور باشد. در این مقاله باتوجه به عدم امکان تأمین بذر گواهی شده ارقام اصلاح شده بسیاری از گونه‌های بومی گیاهان داروئی در کشور درحال حاضر راهکارهای تأمین و تولید بذر مرغوب گیاهان داروئی بومی کشور ارائه شده است.

مواد و روش‌ها

با توجه به عدم امکان تأمین بذر گواهی شده ارقام اصلاح شده بسیاری از گونه‌های بومی گیاهان داروئی در کشور درحال‌حاضر فعالیت‌های اصلی برنامه فناوری و فرآوری بذر گیاهان داروئی مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال برای تأمین و تولید بذر مرغوب گیاهان داروئی بومی کشور فعالیت‌های اصلی طرح درخصوص گیاهان دارای اولویت در سه محور: ۱- ثبت ذخایر ژنتیکی گیاهی و ارقام بومی و محلی گیاهان دارویی، ۲- تهیه استانداردهای مزرعه و بذر، نهال و نهالستان گیاهان داروئی و ۳- تهیه دستورالعمل‌های کنترل و گواهی بذر و نهال گیاهان داروئی انجام شدند. به‌منظور تعیین شاخص‌های مناسب برای اعمال کنترل و نظارت کارشناسی در فرآیند تولید بذر و نهال گیاهان دارویی و ارزیابی و انطباق اقدامات اجرایی در فرآیند مذکور با شاخص‌های یادشده، تدوین استانداردهای موردنیاز در زمینه گیاهان دارویی ضرورت تام دارد. لذا در جلسات کارشناسی کارگروه تدوین استاندارد گیاهان دارویی تعداد۲۴ گونه (توده) گیاهان داروئی به‌شرح ذیل به‌عنوان گیاهان داروئی دارای اولویت انتخاب شده‌اند: ۱- گل محمدی، ۲-کدو کاغذی، ۳-انواع آویشن، ۴- بابونه، ۵- انواع مرزه، ۶- نعناع، ۷- انواع زیره، ۸- گشنیز، ۹-ترخون فرانسوی، ۱۰-گل-راعی، ۱۱- سنبل‌الطیب، ۱۲- رزماری، ۱۳- سرخارگل، ۱۴- زوفا، ۱۵- ماریتیغال(خار مریم)، ۱۶- بادرنجبویه، ۱۷-گل ساعتی، ۱۸- مرزنجوش، ۱۹- زعفران، ۲۰- مریم‌گلی، ۲۱-آلوئه‌ورا، ۲۲-رازیانه، ۲۳-گل همیشه‌بهار و ۲۴- چای‌ترش.

نتایج و بحث

به‌موجب ماده۱ قانون ثبت ارقام گیاهی و کنترل و گواهی بذر و نهال مصوب ۱۳۸۲/۲/۳۰ مجلس شورای اسلامی وزارت جهادکشاورزی موظف است به‌منظور حفاظت از منافع ملی، ساماندهی امر کنترل و گواهی بذر و نهال و حفظ

1. Boelli
2. Quality seed

حقوق مالکیت معنوی به نژادگران، نسبت به شناسایی و ثبت ارقام جدید گیاهی و کنترل و نظارت بر امور بذر و نهال کشور اقدام نماید. طبق مفاد ماده۲ برای اجرای مفاد این قانون، موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال در سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی برای شناسایی، ثبت ارقام گیاهی و کنترل و گواهی بذر و نهال در کشور تأسیس شده و این امور منحصراً توسط این موسسه انجام خواهد شد. همچنین براساس مفاد بخش اول آیین‌نامه اجرایی قانون ثبت ارقام گیاهی و کنترل و گواهی بذر و نهال، تعریف گواهی تأیید مطابقت کیفیت و سلامت بذر، نهال یا مواد رویشی قابل تکثیر با استانداردهای ملی توسط مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال است (SPCRI, 2019). همچنین فرآیند گواهی این بذرها مستلزم ایجاد استانداردهای بین‌المللی یا ملی آزمون استاندارد و استانداردهای ملی مزرعه و آزمایشگاهی گواهی بذور گیاهان داروئی است‌که استانداردهای بین‌المللی آزمون‌های استاندارد گواهی بذور برخی از گیاهان داروئی بومی ایران وجود ندارد و تنها برای تعدادی از گیاهان داروئی مهم کشور استانداردهای ملی مزرعه و آزمایشگاهی گواهی بذر تدوین شده‌اند. لذا، اصلاح و معرفی ارقام جدید گیاهان داروئی و نیز تدوین استانداردهای بین‌المللی آزمون‌های استاندارد گواهی و استانداردهای ملی مزرعه و آزمایشگاهی گواهی بذر برای بذور این گیاهان از مهم‌ترین چالش‌های رویاروی تولید بذر گواهی شده گیاهان داروئی در ایران محسوب می‌گردند. از این رو نظام بذر گواهی محدود[1] در کشور برای گواهی بذرهای توده‌های بومی و ارقام محلی[2] و اکوتیپ‌های گیاهانی که هنوز از ارقام اصلاح شده برخوردار نیستند ازجمله گیاهان داروئی و حتی گیاهان زراعی مانند یونجه که ارقام بومی آن به‌صورت اکوتیپ می‌باشند و امکان گواهی خلوص ژنتیکی[3] و اصالت رقم[4] آنها وجود ندارد. بذر محصولات مختلف تحت نظام‌های بذری تولید می‌شوند و بنابر تعریف نظام بذر، شبکه‌ای از ذینفعان است که در تهیه، مدیریت، جایگزینی و توزیع بذر یک محصول خاص در یک منطقه خاص مشارکت دارند. تعریف نظام بذر گواهی محدود نظام بذر گواهی محدود یک نظام جدید منطقه‌ای است که به‌منظور ساماندهی کیفی و تامین بذر توده‌های بومی و ارقام محلی ایرانی درحال کشت غلات، گیاهان علوفه‌ای، حبوبات، سبزی و صیفی، گیاهان دارویی و مرتعی برنامه‌ریزی و اجرا می‌شود (Rahmany *et al.*, 2021). نظام بذر گواهی محدود نظام گواهی بذر متناظر با نظام بذر خوداظهاری (QDS)[5] سازمان خواروبار FAOجهانی است. طبق مقاد ماده ۸ سند ملی بذر طبق مقررات حاکم بر گواهی بذر و نهال کشور شامل بذر و نهال خود مصرفی کشاورزان نمی‌باشد، اما در راستای افزایش بهبود کیفیت بذر و نهال خود مصرفی[6] تولیدی کشاورزان، حمایت‌های لازم به‌عمل می‌آید (SPCRI, 2019). گونه‌های گیاهان داروئی مهم در کشور ازنظر وزارت جهاد کشاورزی عبارت هستند از: ۱- آلوئه‌ورا، ۲- آنغوزه، ۳- آویشن، ۴- آویشن شیرازی، ۵- اپونتیا، ۶- اسطوخودوس، ۷- استویا، ۸- انیسون، ۹- بابونه، ۱۰- بادرشبویه، ۱۱- بادرنجبویه، ۱۲- باریجه، ۱۳- بالنگوی‌شهری، ۱۴- بزرک، ۱۵- بنفشه معطر، ۱۶- بومادران، ۱۷- به‌لیمو، ۱۸- بیدمشک، ۱۹- پنیرک، ۲۰- تخم‌شربتی، ۲۱- ترخون، ۲۲- ثعلب، ۲۳- چای‌ترش، ۲۴- خاکشیر، ۲۵- ختمی، ۲۶- خرفه، ۲۷- حنا، ۲۸- رازک، ۲۹- رازیانه، ۳۰- رزماری، ۳۱- روناس، ۳۲- زیره‌ها (زیره‌سبز و زیره‌سیاه)، ۳۳- زرشک، ۳۴- زرین گیاه، ۳۵- زعفران، ۳۶- زنیان، ۳۷- سماق، ۳۸- سنبل‌الطیب، ۲۹- سیاه‌دانه، ۳۰- شاهسپرم، ۳۱- شیرین‌بیان، ۳۲- علف لیمو، ۳۳- فلفل سیاه، ۳۴- فلفل قرمز، ۳۵- قدومه، ۳۶- کاسنی، ۳۷- کتان

1. Partially Certified Seed System
2. Land races
3. Genetically purity
4. Variety geniuses
5. Quality Declared Seed System(QDS)
6. Farm saved

سرخ، ۳۸- کدو تخم کاغذی، ۳۹- کلوس، ۴۰-کنگر، ۴۱- کور، ۴۲- گشنیز، ۴۳- گل راعی، ۴۴- گل‌گاوزبان، ۴۵- گل‌محمدی، ۴۵- گلنار فارسی، ۴۷- گوار، ۴۸- ماریتیغال(خارمریم)، ۴۹- مورد معطر، ۵۰- موسیر، ۵۱- مرزنگوش، ۵۲- نسترن، ۵۳- نعناها، ۵۴- نیل (وسمه)، ۵۵- همیشه‌بهار. گونه‌های گیاهان داروئی دارای استانداردهای ملی تولید بذر در ایران عبارتند از: ۱-آویشن، ۲- بابونه، ۳- گشنیز، ۴- مرزه، ۵-رازیانه، ۶- زیره سبز، ۷- ریحان و ۸- سیاهدانه. همچنین گونه‌های گیاهان داروئی مهم کشور طبق نظر ستاد گیاهان داروئی معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری عبارت‌اند از: خارشتر، موسیر، ترخون فرانسوی، زیره ایرانی، کبر، خاکشیر، بادرنجبویه، آنغوزه، باریجه، شیرین‌بیان، کنگر وحشی، گل‌راعی، چای‌ترش، وسمه، کرفس‌کوهی، حنا، مرزنجوش، گل‌ساعتی، خار مریم، آویشن شیرازی و عناب می‌باشند. این گونه‌های گیاهان داروئی فاقد دستورالعمل‌ها و استانداردهای آزمون‌های آزمایشگاهی بین‌المللی یا ملی گواهی بذر و دستورالعمل‌ها و استانداردهای بین‌المللی و ملی کنترل و گواهی مزارع بذری می‌باشند. بنابراین تدوین این دستورالعمل‌ها و استانداردهای بین‌المللی و ملی ضروی می‌باشند. با این وجود این فرآیند مستلزم صرف زمان و اجرای آزمایش و تحقیقات می‌باشد. از این رو با به‌کارگیری نظام گواهی محدود و بوجاری و فرآوری و بسته‌بندی مناسب بذرهای این گونه‌ها مانند تجهیزات بوجاری و فراوری بذر کوچک (شکل ۱) تولید بذر مرغوب گیاهان داروئی را به‌عنوان راهبرد توسعه کارآفرینی و تجاری‌سازی تولید محصولات داروئی در کشور فراهم می‌سازد.

شکل ۱. دستگاه‌های بوجاری و فرآوری بذر آزمایشگاهی قابل استفاده در بوجاری و فرآوری کوچک مناسب برای تولید بذر مرغوب گیاهان داروئی از راست به چپ: دستگاه خوشه کوب آزمایشگاهی، دستگاه بوجاری آزمایشگاهی، جدا کننده طولی آزمایشگاهی، بوجاری وزنی آزمایشگاهی و دستگاه پوشش‌دهی بذر آزمایشگاهی

نتیجه‌گیری

پیشنهاد می‌گردد با تشکیل یک کمیته اجرائی ملی بذر گیاهان داروئی در کشور به‌منظور تجمیع علاقمندان به جمع‌آوری و تکثیر و تولید بذر گیاهان داروئی در قالب شرکت‌های دانش بنیان و سایر شرکت‌ها، این اشخاص حقیقی و حقوقی در چارچوب برنامه‌ای مشابه نسبت به جمع‌آوری، تکثیر، تولید، فرآوری و توزیع بذور گیاهان داروئی فعالیت نمایند تا درصورت تحقق اصلاح گیاهان داروئی و ثبت و معرفی و تجاری‌سازی ارقام اصلاح شده آنها در قالب نظام ملی ثبت ارقام گیاهی و تولید بذر این ارقام درچارچوب نظام رسمی تولید بذر آنها امکان پذیر گردد.

منابع

Ghaffari, B. and Zand Hesami, H. (2017) Identification and extract success factors influencing the commercialization of technology development projects. *Journal of Science and Technology Policy Letter*, 7(2-19): 17-28.

Karamipour Esfahani, M. and Abedi, M. (2016) Standardization of Medicinal Plants and their Herbal Products and Functional Foods. *Innovative Food Technologies*, 3(2): 65-76.

Hamidi A. (2016) Seed technology principles and methods (First vol.). Iran University Press.

Hamidi A. (2022) Seed technology principles and methods (Second vol.). Iran University Press.

Modaresi, Z. and Davodi, A. 2015. An Evaluation of Global Entrepreneurship Monitor Indicators in Iran (2008-2012). *Quarterly Journal of Fiscal and Economic Policies*, 2(8): 125-146.

Mozafari, J., Sadeghian, S.Y., Mobasser, S., Hkademi, H. and Mohammadi, S.A. (2010) Principles of plant variety protection. Ministry of Jihad-e-Agriculture Agricultural Research Education and Extensions Organization (AREEO), Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI).

Rahmany, M, Mobasser, S. and Rezvani, E. (2021) Partially certified seed system principals and regulations. Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI).

Sefidkon, F. 2018. A look at the status of herbal medicines in Iran. *Journal of Iran Nature*, 2(6-7): 6-10.

SPCRI, 2019. Act of plant varieties registration, control and certification of seed and plant material of Islamic Republic of Iran. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI).

Medicinal plants quality seed production strategy for medicinal products entrepreneurship and commercialization development in Iran

Aidin Hamidi*[1], Mohammad Bagher Rezaei[2] and Parvin Salehi[3]
1. Associate Professor of Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Seed and Plant Certification and Registration Institute, Karaj, Iran,
2. Professor of Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Research Institute of Forests Tehran, Iran,
3. Associate Professor of Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Research Institute of Forests Tehran, Iran,
**Corresponding Author: a.hamidi@areeo.ac..ir*

Abstract

Seed is the main organ of reproduction and survival of crop plants and is considered the most important input for crop production. Medicinal plants are plants whose parts or all of their organs, including flowers, fruits, seeds, stems, leaves and roots, have medicinal properties, and these plants are also planted, kept and harvested in order to use their active ingredients. There are about 8,000 plant species in Iran, of which 2,300 species are aromatic and medicinal plants. In fact, most of the 2,300 known medicinal and aromatic plant species in Iran are not modified and exist as native, local populations and ecotypes, and therefore certified seeds of their modified varieties are not available for cultivation and production. Therefore, providing high-quality seeds of indigenous medicinal plants in the country, especially important species that are cultivated and cultivated and their cultivation is important for the country's pharmaceutical industries, can be a strategy for developing entrepreneurship and commercializing the production of pharmaceutical products in the country. In this article, considering the inability to provide certified seeds of improved varieties of many native medicinal plant species in the country, solutions for providing and producing high-quality seeds of native medicinal plants in the country are presented.

Keywords: Variety registration, seed system, seed certification, seed processing.

بررسی اثرات برهم‌کنش شوری و کادمیوم بر برخی ویژگی‌های رشدی و ریختی گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.)

زهرا طاهرخانی[۱]، زهره طغرانگار[۱*]، ستاره امانی‌فر[۲]، الهه وطن‌خواه[۱]

۱- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان

۲- گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

[*]نویسنده مسئول: ztoghranegar@znu.ac.ir

چکیده

در تحقیق حاضر، تغییرات رشدی و ریختی کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.)، گونه‌ای مقاوم به شرایط شور و نامساعد، در مواجهه هم‌زمان با تنش‌های شوری و کادمیوم بررسی شد. تیمارها شامل سطوح کادمیوم (شاهد بدون کادمیوم و ۱۳ میلی‌گرم برکیلوگرم خاک) و سطوح شوری (شاهد بدون شوری، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) بودند. نتایج نشان دادند که شوری در سطوح ملایم موجب افزایش شاخص‌های رشدی نظیر وزن‌های تر و خشک ساقه، سطح برگ، وزن خشک کل گیاه، محتوای نسبی آب برگ (در سطوح ۵ و ۱۰)، وزن‌های تر و خشک ریشه، طول ساقه و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه (در سطح ۵) گردید. درمقابل، در سطح شوری بالاتر (۱۵)، تمامی صفات مذکور کاهش یافتند. درحالی‌که ترکیب تنش‌های شوری و کادمیوم، تغییرات معنی‌داری را در شاخص‌های رشدی طی سطوح مختلف شوری ایجاد نکرد. اگرچه میزان شاخص‌های رشدی به جز طول ریشه در سطوح ۵ و ۱۰ به‌طور معنی‌داری کمتر از گیاهانی بود که تنها در معرض تنش شوری بودند، اما اختلاف شاخص‌های رشدی در سطح ۱۵ بین گیاهان تحت تنش‌های همزمان شوری و کادمیوم و گیاهانی که تنها تحت تنش شوری بودند، معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد درگیاهانی که پیش‌تر در معرض کادمیوم قرار گرفته‌اند، افزایش شوری به‌تنهایی لزوماً تغییرات شدیدی ایجاد نکرده است. این مسئله می‌تواند نشانه‌ای از فعال‌شدن بخشی از سازوکارهای تحمل متقاطع یا اشباع پاسخ‌های دفاعی گیاه در برابر تنش‌های هم‌زمان شوری و کادمیوم باشد. بنابراین کشت گیاهان مقاوم به شوری می‌تواند نقش موثری در گیاه‌پالایی فلزات سنگین در مناطق شور و آلوده ایفا کند.

واژه‌های کلیدی: تحمل مشترک، شوری، کادمیوم، کینوا، ویژگی‌های رشدی و ریخت‌شناسی

مقدمه

تنش شوری، یکی از مهم‌ترین مشکلات زیستی است که رشد گیاهان را محدود کرده و موجب استرس‌های اسمزی، یونی و اکسیداتیو می‌شود. گیاهان با واکنش‌هایی مانند تنظیم روزنه‌ها، کنترل ورود یون سدیم، نگهداری بهتر پتاسیم، تجمع اسمولیت‌ها، فعال‌سازی مسیرهای آنتی‌اکسیدان و کاهش رادیکال‌های آزاد، در مقابل این تنش مقاومت می‌کنند (Tanveer et al., 2018). علاوه بر شوری آلودگی فلزات سنگین نیز از مشکلات زیست محیطی است که دارای اثرات زیانباری برای گیاهان، دام‌ها و انسان‌ها می‌باشد. کادمیوم، از عناصر سنگین غیرضروری برای گیاهان است که به راحتی در آب حل می‌شود و از طریق ریشه به قسمت‌های هوایی انتقال می‌یابد و تجمع آن در زنجیره غذایی ممکن است باعث مشکلات متابولیکی در گیاهان شود. افزایش سطح کادمیوم در سلول‌های گیاهی منجر به اکسیداسیون

لیپیدها، تولید رادیکال‌های آزاد، تخریب غشاهای سلولی، تجزیه کلروفیل، غیرفعال کردن آنزیم‌های درگیر در تثبیت CO_2 و کاهش فتوسنتز، اختلال در تنفس، جذب و انتقال عناصر غذایی و متابولیسم کربوهیدرات‌ها، نیتروژن و سولفات می‌گردد(Zhao et al., 2021) . گیاهان برای مقابله با اثرات عنصر سمی، سازوکارهایی مانند ذخیره‌سازی آن در واکوئل‌ها، افزایش کرک‌های برگ، تقویت اتصالات دیواره سلولی و تشکیل کمپلکس‌های کلاته با فیتوکلاتین‌ها را به‌کار می‌گیرند (Tanveer *et al*., 2018).

گیاهان شورپسند متحمل به شوری هستند به‌طوری که می‌توانند در بیابان‌های شور، دریاها و مرداب‌های شور رشد نمایند و ادامه حیات دهند. کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* Willd. گیاهی یک‌ساله و متعلق به خانواده تاج‌خروسیان (Amaranthaceae) است که از آمریکای لاتین منشأ گرفته است و به دلیل دارا بودن مواد معدنی، فیبر، پروتئین و خواص آنتی‌اکسیدانی، منبع غذایی ارزشمندی است. این گیاه شورزی اختیاری در زمین‌هایی با حاصل‌خیزی کم و یا خاک‌های شور به‌خوبی قابل کشت بوده و محصول مناسب تولید می‌کند و مقاومت زیادی در برابر طیف گسترده‌ای از تنش‌های غیرزیستی مانند سرما، شوری و خشکی از خود نشان می‌دهد (Sezgin and Sanlier, 2019) و می‌تواند گزینه مناسبی برای تولید غذا در شرایط نامطلوب باشد. در مواجهه با تنش زیستی واحد، گیاهان واکنش نشان می‌دهند که این پاسخ موجب تسهیل تحمل تنش‌های دیگر می‌گردد که به آن تحمل متقاطع (cross-tolerance) گفته می‌شود. بنابراین، احتمال می‌رود گیاهان مقاوم به شوری در مقابل فلزات سنگین نیز مقاومت نشان دهند، زیرا سازوکارهای پاسخ‌دهی به این تنش‌ها تا حدی مشابه است و این پدیده می‌تواند در گیاه‌پالایی فلزات سنگین نقش مهمی ایفا نماید که این ظرفیت توسط گونه‌های متحمل به شوری از خانواده‌های مختلف در برخی مطالعات گزارش شده است (García Caparrós et al., 2022). در این تحقیق، خصوصیات ریختی و رشدی گیاه مقاوم به شوری (کینوا) در مواجهه با حضور و یا عدم حضور کادمیوم و در غلظت‌های مختلف کلریدسدیم در خاک بررسی می‌شود. هدف از این مطالعه، بررسی اثرات تنش‌های هم‌زمان فلز سنگین و شوری بر خصوصیات رشدی و ریختی گیاه و همچنین ارزیابی امکان بهبود تحمل این تنش‌ها در گیاهان مقاوم است. نتایج این تحقیق می‌تواند در توسعه راهکارهای کارآمدتر گیاه‌پالایی و بهبود پرورش گیاهان مقاوم برای کشت در خاک‌های آلوده و شور کمک نماید.

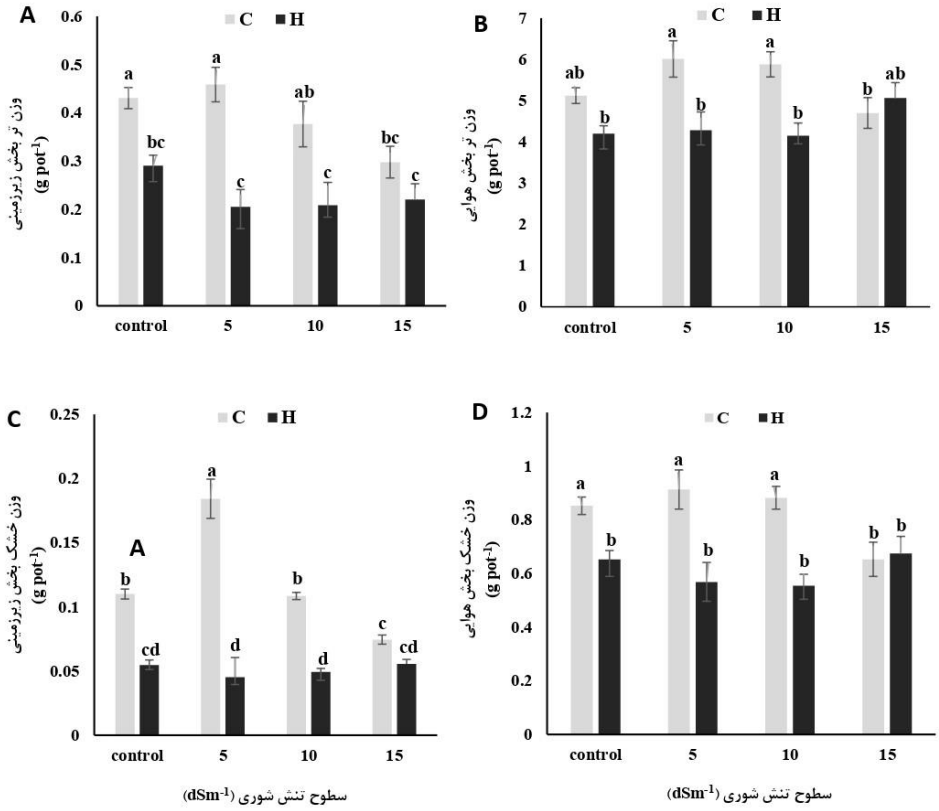
مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عامل اول شامل چهار سطح کلریدسدیم (شاهد (عدم تنش شوری)، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) و عامل دوم شامل دو سطح کادمیوم (شاهد بدون کادمیوم و ۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) بود. ابتدا خاک از اراضی دانشگاه زنجان جمع‌آوری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد. دو سطح فلز سنگین کادمیوم با استفاده از منبع سولفات‌کادمیوم به خاک افزوده شد و دو ماه تحت دوره‌های خشک و تر شدن متوالی قرار گرفت و تهیه گردید. پس از آماده‌سازی، خاک‌های فاقد کادمیوم و آلوده به کادمیوم به گلدان‌ها منتقل و در آن‌ها بذر گیاه کینوا کاشته شد. گیاهان برای هشت هفته با آب مقطر و در حد رطوبت ظرفیت زراعی آبیاری شدند. سپس، سطوح مختلف نمک به‌تدریج به آب آبیاری اضافه و در طول این دوره اعمال شد. پس از پایان آزمایش، گیاهان برداشت و شاخص‌های ریختی و رشدی ازجمله وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه، طول بخش هوایی و ریشه، نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی، وزن خشک کل گیاه، سطح برگ، میزان آب نسبی برگ (RWC) اندازه‌گیری شد. سپس تحلیل واریانس و مقایسه میانگین‌ها آن‌ها با استفاده از آزمون دانکن در

سطح احتمال آماری ۵ درصد با استفاده نـرم افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام شد. همچنین رسم نمودارها با نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۶ انجام گردید.

نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر برهمکنش شوری و کادمیوم بر وزن تر و خشک بخش هوایی ($p\leq0.05$) و وزن خشک ریشه ($p\leq0.01$) گیاه کینوا معنی‌دار بود. در حالی‌که بر وزن تر ریشه اثر معنی‌داری نشان نداد. همچنین اثرات اصلی شوری و کادمیوم به‌ترتیب تنها بر وزن تر بخش هوایی و وزن خشک بخش هوایی معنی‌دار نبود (شکل ۱).

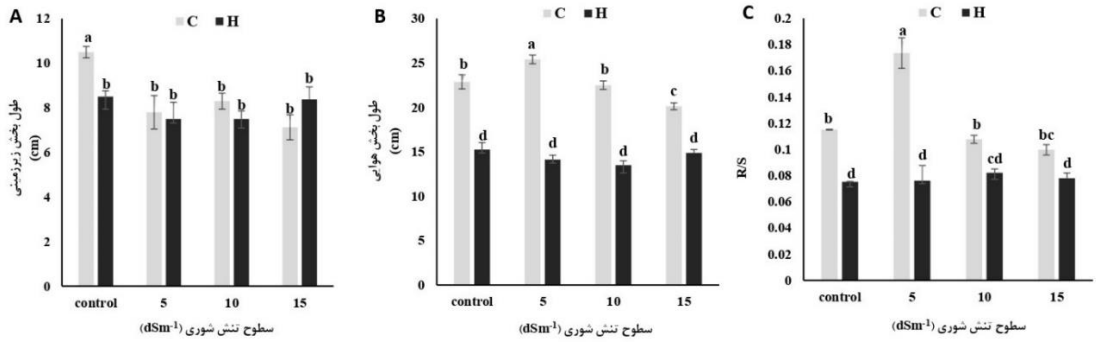


شکل ۱. اثر سطوح مختلف شوری بر وزن‌های تر ریشه (A) و بخش هوایی (B) و وزن‌های خشک ریشه (C) و بخش هوایی (D) در حضور و عدم حضور کادمیوم. C و H به ترتیب نشان‌دهنده سطوح بدون کادمیوم و ۱۳ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

وزن تر و خشک ریشه در گیاهان بدون آلودگی تنها در سطح شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد بدون شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ولی هر دو شاخص در سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به سطح شاهد بدون شوری افزایش نشان دادند که این افزایش تنها برای شاخص وزن خشک ریشه از نظر آماری معنی‌دار بود. تحت تیمار کادمیوم وزن تر و خشک ریشه در سطوح ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر کاهش و در سطح ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافتند ولی این تغییرات نسبت به شاهد بدون شوری از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۱-A و C). در

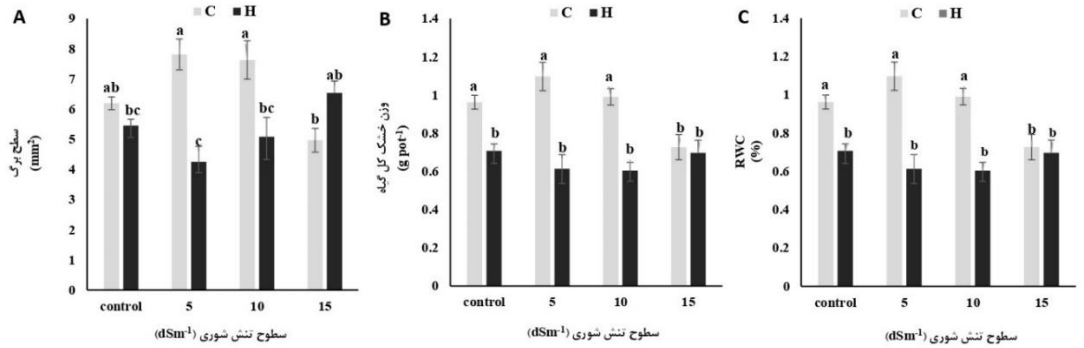
گیاهان بدون حضور کادمیوم وزن تر و خشک بخش زیرزمینی در تمام سطوح شوری به جز سطح شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر از تیمارهای دارای کادمیوم بود ولی در بالاترین سطح شوری (۱۵) بین تیمارهای بدون کادمیوم و دارای کادمیوم تفاوت معنی‌داری از نظر وزن تر و خشک ریشه مشاهده نشد (شکل ۱-A وC). همچنین وزن تر و خشک بخش هوایی در گیاهان بدون آلودگی در سطوح شوری ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد بدون شوری افزایش و در سطح ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافتند این تغییرات تنها برای شاخص وزن خشک بخش هوایی در سطح ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر از نظر آماری معنی‌دار بود. وزن تر و خشک بخش هوایی تحت تیمار کادمیوم تفاوت معنی‌داری با تیمار بدون کادمیوم در سطح شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر نشان نداد (شکل ۱-B وD). تحت سطوح مختلف شوری تفاوت مشاهده شده بین تیمار بدون کادمیوم و دارای کادمیوم به‌جز سطح ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار بود و تیمارهای دارای کادمیوم مقادیر کمتری را نشان دادند، در حالی‌که در سطح ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در گیاهان رشد یافته در حضور تیمار کادمیوم وزن تر و خشک بخش هوایی نسبت به تیمارهای بدون کادمیوم بیشتر بود، اگرچه تفاوت‌های مشاهده شده بین این دو گروه از نظر آماری معنی دار نبود (شکل ۱-B وD).

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر اصلی شوری بر طول ریشه و بخش هوایی، R/S، RWC و وزن خشک کل گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر اصلی کادمیوم نیز بر طول بخش هوایی، R/S و سطح برگ ($p\leq0.01$) معنی‌دار بود. همچنین اثر برهمکنش شوری و کادمیوم بر طول ریشه ($p\leq0.05$)، طول بخش هوایی، سطح برگ، R/S، وزن خشک کل گیاه و RWC ($p\leq0.01$) گیاه کینوا معنی‌دار بود (شکل ۲ و۳).



شکل ۲. اثر سطوح مختلف شوری بر طول ریشه (A)، طول بخش هوایی (B) و نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی (C) در حضور و عدم حضور کادمیوم. توضیح علائم شکل همانند شکل ۱ می‌باشد.

در گیاهان بدون تیمار کادمیوم و دارای کادمیوم با افزایش سطح شوری طول ریشه روندی کاهشی نشان داد و مقدار این شاخص در تیمارهای دارای کادمیوم کمتر از بدون کادمیوم بود ولی تفاوت مشاهده شده معنی‌دار نبود. تنها در سطح شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر طول ریشه در تیمار دارای کادمیوم بیشتر از بدون کادمیوم بود ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۲-A). همچنین در گیاهان فاقد کادمیوم شاخص‌های طول بخش هوایی و R/S در سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر افزایش معنی‌دار و در سطح ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت که این کاهش تنها برای شاخص طول بخش هوایی معنی‌دار بود (شکل ۲- BوC). همچنین در تیمار دارای کادمیوم با افزایش سطوح شوری در طول بخش هوایی روند کاهشی و در شاخص R/S روند افزایشی مشاهده شد البته تغییرات این شاخص‌ها میان سطوح مختلف شوری از نظر آماری معنی‌دار نبود.



شکل ۳. اثر سطوح مختلف شوری بر سطح برگ (A)، وزن خشک کل گیاه (B) و محتوای نسبی آب برگ (C) در حضور و عدم حضور کادمیوم. توضیح علائم شکل همانند شکل ۱ می‌باشد.

اگر چه در تمامی سطوح شوری طول بخش هوایی و نسبت R/S بین دو گروه دارای کادمیوم و بدون کادمیوم تفاوت معنی‌داری را نشان داد و در گیاهان تحت تیمار بدون کادمیوم بیشتر از تیمار دارای کادمیوم بود (شکل ۲- BوC).

در گیاهان بدون تیمارکادمیوم در سطوح شوری ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر شاخص‌های سطح برگ، وزن خشک کل گیاه و RWC افزایش یافت ولی تغییرات نسبت به سطح شاهد شوری معنی‌دار نبود، درحالی‌که این شاخص‌ها در سطح ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد شوری کاهش نشان دادند که تنها برای سطح برگ این کاهش معنی‌دار نبود (شکل ۳-A، B و C). همچنین در گیاهان رشد یافته در حضور تیمار کادمیوم سطح برگ، وزن خشک کل گیاه و RWCدر سطوح شوری ملایم کاهش و در سطح شوری بالا افزایش نشان داد ولی این تغییرات در سطوح مختلف شوری معنی‌دار نبود. اگر چه مقایسه بین دو گروه گیاهان تیمار شده با کادمیوم و بدون کادمیوم نشان داد که شاخص‌های سطح برگ، وزن خشک کل گیاه و RWC در سطوح شوری ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در تیمارهای دارای کادمیوم کمتر از فاقد کادمیوم بود ولی در سطح شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر، این شاخص‌ها درگیاهان دارای کادمیوم نسبت به بدون کادمیوم تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (شکل ۳-A، B و C).

در این مطالعه مواجهه همزمان گیاه کینوا با کادمیوم و شوری الگوی دوگانه‌ای از پاسخ فیزیولوژیکی را نشان داد که بسته به نوع مقایسه و رویکرد تحلیلی، متفاوت تفسیر می‌شود.

براساس نتایج به‌دست آمده که بر پایه مقایسه تیمارهای فاقد کادمیوم و دارای کادمیوم انجام شد، کاهش معنی‌دار در بسیاری از شاخص‌های رشد از جمله زیست‌توده ریشه و بخش هوایی، سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ را نشان داد. این یافته‌ها با مطالعات پیشین همخوانی دارد که نشان داده‌اند ترکیب شوری و فلزات سنگین مانند کادمیوم می‌تواند به‌دلیل افزایش تنش اکسیداتیو، اختلال در تعادل یونی، تخریب ساختار غشاها و مهار جذب عناصر غذایی، اثر تخریبی قابل توجهی بر گیاه بگذارد (Wiszniewska et al., 2020). با این حال، هنگامی‌که سطوح شوری در گیاهانی که پیش‌تر تحت تیمار کادمیوم قرار گرفته بودند، افزایش یافت، تغییرات ایجاد شده در برخی شاخص‌های کلیدی رشدی اندک و از نظر آماری غیرمعنی‌دار بود. این موضوع می‌تواند به این دلیل باشد که قرارگیری اولیه در معرض کادمیوم منجر به فعال‌سازی مسیرهای دفاعی عمومی مانند سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی و سنتز اسمولایت‌ها شده است که به‌صورت غیرمستقیم از گیاه در برابر شوری محافظت کرده‌اند؛ که می‌تواند نشان‌دهنده پدیده تحمل متقاطع باشد (Pandey & Gautam, 2020). همچنین احتمال دارد برخی از سازوکارهای پاسخ به کادمیوم مانند تجمع

یونی در واکوئل‌ها یا کاهش انتقال کادمیوم به اندام هوایی به‌طور همزمان اثر محافظتی در برابر شوری نیز داشته باشند (Wiszniewska et al., 2020). به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد حضور دو تنش هم‌زمان باعث کاهش معنی‌دار رشد شده است که بیانگر اثر مخرب مشترک می‌باشد؛ اما از دیدگاه مکانیسمی، ثبات برخی شاخص‌ها در برابر تنش دوم (شوری)، در گیاهان تحت تیمار کادمیوم، می‌تواند حاکی از فعال شدن مکانیسم دفاع عمومی و ایجاد تحمل نسبی به تنش دوم باشد. این امر در مطالعات تنش‌های ترکیبی امری رایج است و به عواملی مانند ترتیب و زمان اعمال تنش‌ها، شدت تنش‌ها و ظرفیت فیزیولوژیکی و ژنتیکی گیاه بستگی دارد (Dangi et al., 2018). در مجموع، گیاهان مقاوم به شوری ممکن است نسبت به فلزات سنگین نیز مقاوم باشند، زیرا واکنش‌های دفاعی آن‌ها در برابر این تنش‌ها تا حدی مشترک است. این هم‌پوشانی می‌تواند در به‌کارگیری آن‌ها برای گیاه‌پالایی فلزات سنگین مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که بروز هم‌زمان تنش‌های شوری و فلزات سنگین، اثرات کاهشی چشمگیری بر رشد و ویژگی‌های ریخت‌شناسی گیاه کینوا دارد، با این حال در گیاهان تحت تیمار کادمیوم، افزایش شوری تغییرات معنی‌داری در این ویژگی‌ها ایجاد نکرده است. فعال‌شدن سازوکارهای تحمل متقاطع و القاء مسیرهای محافظتی می‌تواند نقش مهمی در کاهش پیامدهای منفی این تنش‌ها ایفا کند. این نتایج بیانگر آن است که استفاده از گیاهان مقاوم، نه‌تنها می‌تواند به بهبود تحمل در برابر شرایط نامساعد محیطی کمک کند، بلکه امکان استفاده کارآمدتر از ظرفیت گیاه‌پالایی برای حذف فلزات سنگین از خاک‌های آلوده و شور را نیز فراهم می‌سازد. بنابراین، توسعه و به‌کارگیری راهکارهای مبتنی بر انتخاب یا اصلاح گیاهان مقاوم، می‌تواند رویکردی پایدار برای مدیریت و احیای اراضی آلوده و شور باشد.

منابع

Dangi, A. K., Sharma, B., Khangwal, I., and Shukla, P. (2018). Combinatorial interactions of biotic and abiotic stresses in plants and their molecular mechanisms: systems biology approach. *Molecular biotechnology*, 60(8), 636-650.

García Caparrós, P., Ozturk, M., Gul, A., Sharf Batool, T., Pirasteh-Anosheh, H., Turkyilmaz, U.B., Altay, V. and Toderich, N.K. (2022). Halophytes have potential as heavy metal phytoremediators: a comprehensive review. *Environ Exp Bot*, 193:104666.

Pandey, A.K., and Gautam, A. (2020). Stress responsive gene regulation in plants under abiotic stress. *Physiologia Plantarum*, 168(1), 28–45.

Sezgin, S. A. and Sanlier N. (2019). New generation plant for the conventional cuisine: quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Trends in Food Science and Technology*, 86: 51-58.

Tanveer, M., Shahzad, B., Sharma, A., Biju, S. and Bhardwaj, R. (2018). 24-Epibrassinolide; an active brassinolide and its role in salt stress tolerance in plants: a review. *Plant Physiology and Biochemistry, 130*: 69-79.

Wiszniewska, A., Kamińska, I., Hanus-Fajerska, E., Sliwinska, E., and Koźmińska, A. (2020). Distinct co-tolerance responses to combined salinity and cadmium exposure in metallicolous and non-metallicolous ecotypes of *Silene* vulgaris. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 201, 110823.

Zhao, H., Guan, J., Liang, Q., Zhang, X., Hu, H. and Zhang, J. (2021). Effects of cadmium stress on growth and physiological characteristics of *sassafras* seedlings. *Sci Rep.*, 11: 9913.

Investigation of the interactive effects of salinity and cadmium on some growth and morphological parameters of quinoa (*chenopodium quinoa* willd.)

Zahra Taherkhani [1], Zohreh Toghranegar[2,*], Setareh Amanifar[3], Elahe Vatankhah[2]
1. MSc student of soil sciences, Faculty of Sciences, University of Zanjan
2. Faculty of Sciences, University of Zanjan
3. Faculty of Agriculture, University of Zanjan
[*]*Corresponding Author: ztoghranegar@znu.ac.ir*

Abstract

In the present study, growth and morphological characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), a species tolerant to saline and adverse conditions, were evaluated under simultaneous exposure to salinity and cadmium stresses. The treatments included two cadmium levels (control without cadmium, and 13 mg kg^{-1} soil) and four salinity levels (control without salinity, 5, 10, and 15 dS m^{-1}). The results revealed that mild salinity levels promoted growth parameters such as shoot fresh and dry weights, leaf area, total plant dry weight, relative leaf water content (at 5 and 10 dS m^{-1}), root fresh and dry weights, shoot length, and root-to-shoot dry weight ratio (at 5 dS m^{-1}). In contrast, at the higher salinity level (15 dS m^{-1}), all these parameters declined markedly. While, the combination of salinity and cadmium stresses did not significantly affect growth parameters under different salinity levels. However, at 5 and 10 dS m^{-1}, all growth parameters, except root length, were significantly lower than in plants exposed to salinity alone. At 15 dS m^{-1}, no significant differences were observed between plants subjected to combined salinity-cadmium stress and those under salinity stress alone. These findings suggest that increased salinity alone did not elicit severe changes in cadmium-pretreated plants. This phenomenon may reflect the activation of certain cross-tolerance mechanisms or the saturation of plant defense responses against the simultaneous stresses of salinity and cadmium. Therefore, cultivation of salt-tolerant plants could provide an effective strategy for phytoremediation of heavy metals in saline and contaminated areas.

Keywords: Cadmium, cross-tolerance, growth and morphological parameters, quinoa, salinity

بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف محیط کشت MS و B5 بر القای ریشه‌های مویین در گیاه پروانش

زهره واحدی[۱]، ناصر زارع*[۲]، پریسا شیخ‌زاده[۲]

۱- دانشجوی دکتری بیوتکنولوژی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- هیئت علمی گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

*نویسنده مسئول: zarenasser@gmail.com; nzare@uma.ac.ir

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر نوع محیط کشت و غلظت محیط کشت بر القای ریشه‌های موئین در گیاه دارویی پروانش (*Catharanthus roseus*) انجام شد. این گیاه به دلیل دارا بودن ترکیبات ضدسرطان مانند وین‌بلاستین و وین‌کریستین از اهمیت بالایی در داروسازی برخوردار است. طراحی آزمایش به‌صورت فاکتوریل دوعاملی شامل سه سطح غلظت تنظیمی (1/4، 1/2 و full) و دو نوع محیط کشت پایه (MS و B5) انجام گرفت. ریزنمونه‌های گیاه پس از ضدعفونی سطحی، در محیط‌های کشت ذکرشده تحت شرایط استریل کشت داده شدند و با سویه A4 از باکتری *Agrobacterium rhizogenes* تلقیح گردیدند. فرآیند القای ریشه‌های موئین در شرایط کنترل‌شده دمای۲۵درجه سانتی‌گراد و در شرایط نوری به مدت ۱۶ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی پیگیری شد. داده‌های حاصل به‌وسیله نرم‌افزار SPSS و با استفاده از آزمون تحلیل واریانس دوعاملی (ANOVA) و آزمون‌های مقایسه میانگین (Post Hoc) تجزیه و تحلیل شدند. نتایج نشان داد که هم نوع محیط کشت و هم غلظت ماده مؤثر به‌صورت مستقل و در تعامل با یکدیگر تأثیر معنی‌داری در القای ریشه‌های موئین داشتند ($P < 0/05$). بالاترین درصد القا در ترکیب محیط B5 با غلظت ۱/۴ مشاهده شد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت. یافته‌ها نشان می‌دهند که بهینه‌سازی هم‌زمان نوع محیط کشت و غلظت آن می‌تواند بهبود قابل‌توجهی در القای ریشه‌های موئین ایجاد کند و بستر مناسبی برای تولید صنعتی ترکیبات دارویی فراهم آورد.

واژه‌های کلیدی: ریشه مویین، محیط کشت، پروانش، آزمایش فاکتوریل

مقدمه

گیاهان دارویی به‌عنوان منابع غنی از ترکیبات فعال زیستی، نقش مهمی در توسعه داروسازی مدرن و بیوتکنولوژی گیاهی ایفا می‌کنند. در سال‌های اخیر، با افزایش تقاضا برای تولید ترکیبات دارویی، پژوهش‌ها به‌سمت بهینه‌سازی شرایط کشت و مهندسی مسیرهای متابولیکی در گیاهان دارویی سوق یافته‌اند. یکی از گیاهان پرکاربرد در این زمینه، پروانش (*Catharanthus roseus*) است که به‌دلیل تولید آلکالوئیدهای ضدسرطان مانند وین‌بلاستین و وین‌کریستین، جایگاه ویژه‌ای در تحقیقات دارویی و زیست‌فناوری دارد (Khan et al., 2024; Pham et al., 2020). روش‌های معمول کشت در شرایط آزمایشگاهی، محدودیت‌هایی در تولید انبوه متابولیت‌های ثانویه دارند. در این میان، استفاده از ریشه‌های موئین القاشده توسط سویه A4 از باکتری *Agrobacterium rhizogenes* به‌عنوان یکی از مؤثرترین

راهکارها مطرح شده است. این سیستم، ضمن حفظ ثبات ژنتیکی و توانایی رشد بالا، امکان تولید ترکیبات دارویی در شرایط کنترل‌شده را فراهم می‌سازد و می‌تواند به‌عنوان زیرساختی برای تولید نیمه‌صنعتی متابولیت‌های ثانویه به‌کار رود (Veena & Taylor, 2007; Liu et al., 2025).

با وجود پیشرفت‌های حاصل‌شده، میزان موفقیت در القای ریشه‌های موئین وابسته به عوامل متعددی است که مهم‌ترین آن‌ها شامل نوع محیط کشت و غلظت ماده مؤثر در تنظیم رشد سلولی می‌باشد. مطالعات پیشین عمدتاً به بررسی اثرات مستقل این فاکتورها پرداخته‌اند و کمتر به تحلیل اثرات تعاملی آن‌ها توجه شده است (Cheng et al., 2021). شناسایی ترکیب بهینه‌ای از محیط و غلظت می‌تواند تأثیر چشم‌گیری در بهبود فرآیند القا و تولید نهایی متابولیت‌ها داشته باشد. بر همین اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر مستقل و تعاملی نوع محیط کشت (MS و B5) و سه سطح غلظت تنظیمی (۱/۴، ۱/۲ و Full) بر القای ریشه‌های موئین در گیاه *Catharanthus roseus* طراحی و اجرا شده است. نتایج این مطالعه می‌تواند مسیر توسعه فرآیندهای نیمه‌صنعتی در تولید ترکیبات دارویی را هموار سازد و در طراحی سیستم‌های پیشرفته زیست‌فناوری نقش مؤثری ایفا نماید.

مواد و روش‌ها

۱. موادگیاهی

در این پژوهش، ابتدا بذرهای گیاه دارویی پروانش (Catharanthus roseus) از منبع معتبر(اسپندکو) تهیه و به‌منظور استریل‌سازی سطحی، به‌مدت ۳۰ ثانیه در محلول الکل ۷۰٪ و سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه در هیپوکلریت سدیم ۵٪ غوطه‌ور شدند. پس از سه بار شست‌وشو با آب مقطر استریل، بذرها در محیط کشت MS (Murashige and Skoog) جامد حاوی۳٪ ساکارز و ۸٪ آگار، با PH تنظیم شده در ۵/۸، تحت شرایط استریل کشت داده شدند. گیاهچه‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و در شرایط نوری کنترل شده در اتاقک رشد با ۱۶ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند، برای انجام تلقیح از گیاهچه‌های ۴۵روزه الی ۳ ماهه، جهت تهیه ریزنمونه‌های برگی مورد استفاده قرار گرفتند.

۲. آماده‌سازی محیط کشت و شرایط تلقیح

در این مطالعه، از دو نوع محیط کشت پایه MS (Murashige and Skoog) و B5 (Gamborg's B5) با سه سطح غلظت شامل غلظت کامل (Full Strength)، ۱/۲ برابر، و ۱/۴ برابر استفاده شد. محیط‌های کشت با افزودن ۳٪ ساکارز و ۰/۸٪ آگار تهیه گردیدند و pH آن‌ها پیش از اتوکلاو در ۵/۸ تنظیم شد. تمامی محیط‌ها در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شدند. برای انجام تلقیح، نمونه‌های گیاهی در پتری‌دیش‌های استریل حاوی محیط‌های کشت مذکور قرار داده شدند. تلقیح با استفاده از سویه‌ی A4 از Agrobacterium rhizogenes انجام گرفت و پس از آن، پتری‌دیش‌ها در شرایط تاریکی مطلق و دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. به منظور جلوگیری از آلودگی و حفظ رطوبت، درب پتری‌دیش‌ها با پارافیلم به‌طور کامل درزگیری شد. پس از القای موفق ریشه‌های مویین، نمونه‌ها همچنان در شرایط تاریکی نگهداری شدند تا رشد ریشه‌ها تثبیت شده و برای مراحل بعدی آزمایش آماده گردند. اولین نشانه‌های القای ریشه‌های مویین پس از گذشت ۶ روز در محیط کشت B5 ¼ مشاهده گردید. روند القای ریشه‌های مویین به‌طور پیوسته تا ۲۸ روز ادامه داشت و در این مدت، نمونه‌ها در همان شرایط تاریکی مطلق باقی ماندند تا رشد ریشه‌ها تثبیت شده و برای مراحل بعدی آماده‌سازی شوند.

۳. شرایط کشت پس از تلقیح

Top of Form
Bottom of Form
Top of Form
Bottom of Form

تلقیح ریزنمونه‌ها با سویه A4 از Agrobacterium rhizogenes انجام شد. برای این منظور، دو روش تلقیح به‌کار گرفته شد: (۱) تزریق مستقیم محلول باکتریایی در سطح برگ با استفاده از سرنگ انسولین استریل؛ و (۲) غوطه‌وری کامل ریزنمونه‌ها در محلول باکتریایی به‌مدت ۱۵دقیقه در شرایط تاریکی. پس از تلقیح، نمونه‌ها به مدت یک‌ماه در تاریکی مطلق و در دمای ±۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. محیط‌های کشت مورد استفاده شامل دو نوع MS و B5 بودند که در سه سطح غلظت تنظیمی (۱/۴، ۱/۲ و full) تهیه شدند.

۴. طرح آزمایشی و تجزیه و تحلیل داده‌ها

طراحی آزمایش به‌صورت فاکتوریل دوعاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار برای هر تیمار انجام شد. در پایان دوره القا، نمونه‌ها از نظر القای ریشه‌های موئین مورد بررسی قرار گرفتند و درصد ریشه‌دهی به‌عنوان متغیر وابسته اندازه‌گیری شد. نتایج این پژوهش نشان داد که نوع محیط کشت و غلظت آن تأثیر قابل‌توجهی بر القای ریشه‌های مویین در گیاه کاتارانتوس رزوئوس دارد. محیط کشت B5 ¼ با غلظت کاهش‌یافته، در مقایسه با سایر تیمارها، عملکرد بهتری در القای اولیه ریشه‌ها نشان داد و نخستین ریشه‌های مویین در روز ششم پس از تلقیح ظاهر شدند. همچنین، ادامه‌ی روند القای تا ۲۸ روز نشان‌دهنده‌ی پایداری و اثربخشی شرایط کشت انتخاب‌شده بود. استفاده از کشت in vitro و کنترل دقیق شرایط محیطی، امکان بررسی دقیق‌تر پاسخ‌های گیاه به تیمارهای مختلف را فراهم ساخت. این یافته‌ها می‌توانند به‌عنوان پایه‌ای برای بهینه‌سازی تولید ترکیبات دارویی ثانویه در گیاهان دارویی از طریق ریشه‌های مویین مورد استفاده قرار گیرند و در توسعه‌ی فناوری‌های زیست‌فناوری گیاهی نقش مؤثری ایفا کنند.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس دوعاملی (Factorial ANOVA) نشان داد که هر دو عامل نوع محیط کشت و سطح غلظت ماده مؤثر تأثیر معنی‌داری بر درصد القای ریشه‌های موئین در گیاه *Catharanthus roseus* داشتند ($P < 0.01$). همچنین، اثر تعاملی این دو عامل نیز از نظر آماری معنی‌دار بود، که نشان‌دهنده‌ی وابستگی پاسخ گیاه به ترکیب خاصی از محیط و غلظت می‌باشد. بر اساس نتایج آزمون مقایسه میانگین Tukey، تیمار B5 با غلظت ۱/۴ (T4) بالاترین میانگین درصد القا را نشان داد (44.6٪ ± 1.9)، که به‌طور معنی‌داری از سایر تیمارها بیشتر بود. در مقابل، تیمار MS با غلظت کامل (T3) کمترین درصد القا را داشت (24.3٪ ± 2.5).

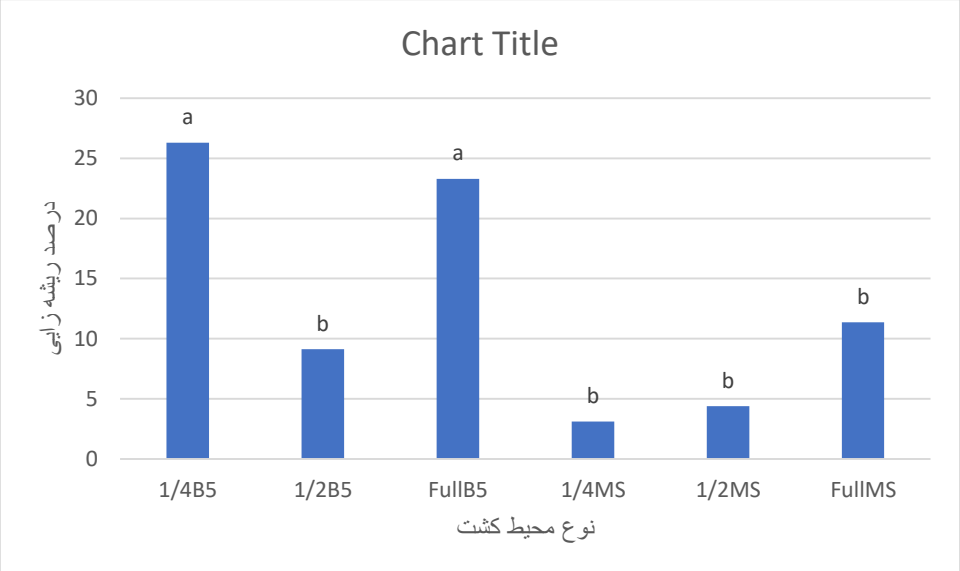
جدول ۱ نتایج آزمون تحلیل واریانس دوطرفه (Two-way ANOVA) را نشان می‌دهد که برای بررسی تأثیر مستقل و تعاملی دو عامل «نوع محیط کشت» و «سطح غلظت ماده تنظیم‌کننده رشد» بر درصد القای ریشه‌های موئین در گیاه *Catharanthus roseus* اجرا شد. طبق خروجی‌های SPSS، هر سه منبع تغییرات شامل اثر اصلی محیط کشت، اثر اصلی غلظت، و تعامل بین این دو، از لحاظ آماری تأثیر معنی‌داری بر متغیر وابسته داشتند؛ به‌طوری‌که مقدار P برای محیط کشت (0.001)، برای غلظت (0.005) و برای تعامل دو عامل (0.008) همگی کمتر از 0.01 بودند و نشان‌دهنده‌ی سطح معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشد.

جدول تجزیه واریانس ۱. نتایج آزمون تحلیل واریانس دوطرفه برای بررسی اثر نوع محیط کشت، سطح غلظت و تعامل آن‌ها بر درصد القای ریشه‌های موئین در *Catharanthus roseus*

منبع تغییرات	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات
نوع محیط کشت(A)	۱	۵۰۹/۳۳۷**
غلظت محیط(B)	۱	۲۸۹/۹۵۵**
A×B	۱	۱۸۴/۵۲۷**
خطا	۱۲	۱۲/۲۷۵

تحلیل واریانس دوعاملی نشان داد که هر دو عامل «نوع محیط کشت» و «سطح غلظت محیط کشت»، به‌همراه اثرمتقابل بین آن‌ها، تأثیر معنی‌داری بر درصد القای ریشه‌های موئین در *Catharanthus roseus* داشتند ($P < 0.01$). این یافته‌ها بیانگر آن‌اند که واکنش القای ریشه، نه‌تنها تحت‌تأثیر مستقیم هر عامل قرار دارد، بلکه از ترکیب خاص آن‌ها نیز متأثر می‌شود (جدول ۱).

نتایج این پژوهش به‌روشنی نشان داد که ترکیب محیط کشت B5 با غلظت پایین‌تر محیط کشت (۱/۴) شرایط بهینه‌ای برای القای ریشه‌های موئین فراهم می‌کند. نمودار فوق میانگین درصد القای ریشه‌های موئین را در پاسخ به ترکیب‌های مختلفی از نوع محیط کشت (MS و B5) و سطوح غلظت ماده مؤثر نشان می‌دهد. تفاوت‌ها بر اساس آزمون مقایسه میانگین قابل‌توجه هستند. (شکل ۱)



شکل ۱. مقایسه میانگین درصد القای ریشه‌های موئین در تیمارهای مختلف محیط کشت و سطح غلظت در *Catharanthus roseus*

یافته‌های حاضر با مطالعات قبلی هم‌خوانی دارند، از جمله گزارش (Khan et al., 2024) که نشان داد محیط‌های با غلظت‌های تغذیه‌ای کمتر می‌توانند محرک القای مسیرهای متابولیکی خاص باشند. همچنین(Pham et al., 2020) تأکید کرده‌اند که کاهش غلظت نمک‌ها در محیط کشت منجر به فعال‌سازی مسیرهای دفاعی و افزایش بیان ژن‌های

مرتبط با القای ریشه می‌شود. از سوی دیگر، کاهش درصد القا در غلظت‌های بالاتر ممکن است ناشی از اثرات اسمزی یا سمیت نسبی ترکیبات محیط باشد، که مانع از رشد مناسب ریزنمونه‌ها و القای ریشه می‌شود. این موضوع نیز در مطالعاتی چون (Cheng et al., 2020) تأیید شده که نشان دادند غلظت بیش از حد نمک می‌تواند بر تثبیت ترانسفورمیشن و رشد ریشه‌های موئین اثر منفی داشته باشد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که نوع محیط کشت و غلظت آن نقش تعیین‌کننده‌ای در القای ریشه‌های مویین در گیاه پروانش دارد. در میان تیمارهای مورد بررسی، محیط کشت B5 با غلظت ۱/۴ برابر، بیشترین میزان القای ریشه‌های مویین را نشان داد و از نظر تعداد ریشه‌ها، طول آن‌ها و درصد نمونه‌های ریشه‌دار، عملکرد بهتری نسبت به سایر تیمارها داشت. این یافته با نتایج مطالعه‌ی (Kumar et al., 2021) نیز هم‌راستا است که نشان دادند محیط‌های غنی‌شده با عناصر غذایی خاص می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی القای ریشه‌های مویین را در گیاهان دارویی افزایش دهند.

تفاوت عملکرد بین محیط‌های MS و B5 نیز قابل توجه بود. محیط B5 با نسبت پایین‌تر آمونیوم به نیترات و غلظت کمتر نمک‌های معدنی، شرایط فیزیولوژیکی مطلوب‌تری برای ریزنمونه‌ها فراهم کرده که منجر به افزایش القای ریشه‌های موئین گردید. این یافته با مطالعه (Veena & Taylor, 2007) نیز هم‌راستا است که نشان داد محیط‌سازی بهینه می‌تواند کارایی ترانسفورماسیون توسط *Agrobacterium rhizogenes* را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد. در مجموع، ترکیب محیط B5 با غلظت ۱/۴ به‌عنوان بهترین تیمار در این پژوهش معرفی می‌شود، که می‌تواند در مراحل بعدی برای تولید ریشه‌های موئین و استخراج متابولیت‌های دارویی مورد استفاده قرار گیرد. این تیمار نه‌تنها از نظر آماری برتر بود، بلکه از نظر کاربردی نیز قابلیت توسعه در مقیاس نیمه‌صنعتی را داراست.(Liu et al., 2025) این پژوهش دارای محدودیت‌هایی است، یکی از مهم‌ترین محدودیت‌ها، استفاده از محیط کشت جامد در شرایط آزمایشگاهی است که امکان بررسی دقیق‌تر رشد دینامیک ریشه‌ها و تولید متابولیت‌ها را محدود می‌سازد. به همین دلیل، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده از سیستم‌های بیوراکتوری مانند بیوراکتورهای غوطه‌ور یا هوادهی‌شده استفاده گردد تا شرایط فیزیکی و شیمیایی محیط کشت بهینه‌سازی شده و تولید ترکیبات ثانویه افزایش یابد.

منابع

Cheng, Y., Wang, X., Cao, L., Ji, J., Liu, T., & Duane, K. (2021). Highly efficient Agrobacterium rhizogenic-mediated hairy root transformation for gene functional and gene editing analysis in soybean. Plant Methods, 17, Article 73.

Khan, A., Maparu, K., & Aran, K. R. (2024). Catharanthus roseus: A Comprehensive Review of Its Phytochemicals, Therapeutic Potential, and Mechanisms of Action

Kumar, H. S., Mohan, S. N., & Preetha, T. S. (2021). In vitro flowering for the production of bioactive alkamides in Acmella ciliata (Kunth) Cass.: A promising herb in pharmaceuticals. Journal of Advanced Scientific Research, 12(1 Suppl 2), 159–165

Liu, C., Ahmad, N., Tao, Y., Hussain, H., Chang, Y., Umar, A. W., & Liu, X. (2025). Reprogramming hairy root cultures: A synthetic biology framework for precision metabolite biosynthesis. Plants, 14(13), 1928

Pham, H. N. T., Vuong, Q. V., Bowyer, M. C., & Scarlett, C. J. (2020). Phytochemicals derived from Catharanthus roseus and their health benefits. Technologies, 8(4), 80.

Vena, V., & Taylor, C. G. (2007). Agrobacterium rhizogenic: Recent developments and promising applications. In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant, 43, 383–403.

Investigating the Effect Culture Media on the Induction of Hairy Roots in *Catharanthus roseus*

Zohre Vahedi[1], Nasser Zare [2]*, Parisa sheikhzadeh [2]
1. PhD Student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
*Corresponding Author: zarenasser@gmail.com; nzare@uma.ac.ir

Abstract

This study aimed to investigate the effect of basal medium type and elicitor concentration on the induction of hairy roots in the medicinal plant *Catharanthus roseus*. This plant contains significant high-valuable pharmaceutical compounds such as vinblastine and vincristine. A factorial experiment was conducted using two factors: three levels of elicitor concentration (¼, ½, and full strength) and two types of basal media (MS and B5). Following surface sterilization, plant explants were cultured under sterile conditions and inoculated with *Agrobacterium rhizogenes* strain A4. The hairy root induction process was done under controlled temperature and light conditions. Data were analyzed using SPSS software through two-way ANOVA and post hoc mean comparison tests. Results indicated that both medium type and elicitor concentration, independently and interactively, had a significant effect on hairy root induction ($P < 0.05$). The highest induction rate was observed with B5 medium combined with ¼ strength elicitor, which showed a significant difference from other treatments. These findings suggest that simultaneous optimization of basal medium can significantly enhance hairy root induction, providing a promising platform for the industrial production of valuable pharmaceutical compounds.

Keywords: *Catharanthus roseus*, Culture medium, Hairy root, B5, MS

بررسی اثر سویه‌های مختلف *Agrobacterium rhizogenes* بر القای ریشه‌های مویین در گیاه دارویی *Catharanthus roseus* (پروانش)

زهره واحدی[۱]، ناصر زارع[۲*]، پریسا شیخ‌زاده[۲]

۱- دانشجوی دکتری گروه بیوتکنولوژی و به نژادی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- هیئت علمی گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

*نویسنده مسئول: zarenasser@gmail.com; nzare@uma.ac.ir

چکیده

با هدف ارزیابی اثر سویه‌های مختلف *Agrobacterium rhizogenes* در القای ریشه‌های مویین گیاه دارویی پروانش، این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار سویه شامل ۱۵۸۳۴، A4، R1000 و A13، همراه با سه تکرار مستقل برای هر تیمار طراحی شد. داده‌های مربوط به درصد القای ریشه‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تحلیل آماری قرار گرفتند. ابتدا آزمون توصیفی و Levene's test برای بررسی هم‌واریانس بودن داده‌ها اجرا شد که فرض برابری واریانس‌ها را رد کرد ($P = 0.019$). با وجود این، به دلیل تعداد مساوی نمونه‌ها در گروه‌ها، تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) برای بررسی تفاوت کلی بین سویه‌ها اعمال شد که اختلاف آماری معنی‌داری را نشان داد. ($P = 0.028$) جهت مقایسه زوجی میانگین‌ها از آزمون‌های Tukey's HSD و Bonferroni استفاده شد؛ با وجود آنکه تفاوت‌های آماری بین هیچ‌یک از زوج‌ها تأیید نشدند ($P > 0.05$)، نمودار میانگین‌ها نشان داد که سویه R1000 با میانگین ۱۶/۷۹٪ بالاترین میزان القا را داراست. همچنین نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که سویه باکتریایی A4 در محیط کشت B5۴/۱ عملکرد قابل توجهی از خود نشان داده و به‌عنوان یکی از مؤثرترین سویه‌ها در القای ریشه‌های مویین قابل معرفی است. یافته‌های این مطالعه ضمن ارائه‌ی دیدگاه آماری و مقایسه‌ای، مسیر انتخاب سویه‌ی برتر برای تولید ریشه‌های مویین در سامانه‌های نیمه‌صنعتی و استخراج ترکیبات دارویی را هموار می‌سازند. این نتایج می‌توانند در توسعه‌ی راهکارهای زیست‌فناورانه جهت ارتقاء بازده تولید در پروژه‌های کاربردی و دارویی آینده مورد بهره‌برداری قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: آگروباکتریوم رایزوژنز، پروانش، ریشه مویین، محیط کشت

مقدمه

ریشه‌های مویین حاصل از تراریختی باکتری *Agrobacterium rhizogenes* به‌عنوان یکی از روش‌های متداول در زیست‌فناوری گیاهی، نقش مهمی در تولید ترکیبات دارویی گیاهان ایفا می‌کنند. این ریشه‌ها به‌دلیل رشد سریع، پایداری ژنتیکی، و توانایی بالا در سنتز متابولیت‌های ثانویه، به‌عنوان جایگزینی مؤثر برای کشت‌های سلولی و کالوس مطرح شده‌اند (Scragg, 2024). ویژگی‌های منحصر به فرد این سیستم، از جمله عدم نیاز به هورمون‌های رشد و قابلیت کشت در محیط‌های فاقد تنظیم‌کننده‌های رشد، آن را به ابزاری کارآمد برای تولید ترکیبات زیست‌فعال تبدیل کرده است (Faraz et al., 2020). با این حال، موفقیت در القای ریشه‌های مویین به‌شدت وابسته به نوع سویه‌ی باکتری مورد استفاده است. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که سویه‌های مختلف *A. rhizogenes* از نظر میزان تراریختی، سرعت

رشد، و ظرفیت تولید متابولیت‌های ثانویه تفاوت قابل‌توجهی دارند (*Sathasivam et al., 2022*). به‌عنوان مثال، سویه‌های R1000، A4 و ATCC 15834 در گونه‌های مختلف گیاهان دارویی عملکردهای متفاوتی از خود نشان داده‌اند؛ به‌طوری‌که برخی از آن‌ها منجر به افزایش چشمگیر در تولید ترکیباتی مانند رزمارینیک اسید، بتولین، و فلاونوئیدها شده‌اند (Park et al., 2017). در سال‌های اخیر، تمرکز پژوهش‌ها بر انتخاب سویه‌ی مناسب برای هر گونه گیاهی افزایش یافته است، چرا که انتخاب صحیح سویه می‌تواند منجر به افزایش بازده تولید، کاهش زمان کشت، و بهبود کیفیت ترکیبات دارویی شود .(Tariverdizadeh et al., 2019) همچنین، استفاده از آزمون‌های آماری دقیق مانند One-Way ANOVA و آزمون‌های مقایسه‌ای زوجی مانند Tukey's HSD وBonferroni، امکان ارزیابی علمی و قابل استناد تفاوت عملکرد سویه‌ها را فراهم می‌سازد (Guillon et al., 2025). با توجه به اهمیت انتخاب سویه‌ی مؤثر در سامانه‌های تولید ریشه‌های مویین، پژوهش حاضر با هدف بررسی و مقایسه‌ی چهار سویه‌ی *A. rhizogenes* شامل 15834، A4، R1000 و A13 طراحی شد. نتایج حاصل می‌توانند به‌عنوان مبنایی علمی برای انتخاب سویه‌ی برتر در سامانه‌های نیمه‌صنعتی تولید ریشه‌های مویین و استخراج ترکیبات دارویی ارزشمند مورد استفاده قرار گیرند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بررسی و مقایسه‌ی کارایی سویه‌های مختلف باکتری Agrobacterium rhizogenes در القای ریشه‌های مویین گیاه دارویی پروانش (Catharanthus roseus) انجام شد. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار سویه‌ای (15834، A4، R1000 و A13) و سه تکرار مستقل برای هر تیمار طراحی گردیدند. واحدهای آزمایشی شامل ریزنمونه‌هایی از ساقه‌ی نوسال گیاه بودند که در شرایط استریل تلقیح شدند.

آماده‌سازی سویه‌های باکتری

سویه‌های باکتری A. rhizogenes از منابع معتبر تحقیقاتی تهیه شده و ابتدا روی محیط کشت جامد LB فعال‌سازی شدند. سپس کلونی‌ها به محیط مایع انتقال یافتند و در فلاسک‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری حاوی محیط کشت LB مایع کشت داده شدند. شرایط انکوباسیون شامل دمای ثابت ۲۸ درجه‌ی سانتی‌گراد، سرعت شیکر ۱۰۰ دور در دقیقه (rpm)، و pH برابر با ۷ بود. رشد باکتری تا رسیدن به فاز لگاریتمی (که بین ۱۶ تا ۲۲ ساعت طول کشید) و تراکم نوری مناسب (OD600) حدود ۰/۶—۱/۰ ادامه یافت، سپس سوسپانسیون باکتریایی برای تلقیح آماده شد.

تلقیح ریزنمونه‌ها

ریزنمونه‌های گیاه پروانش، از بخش‌های نوسال ساقه و برگ تهیه شده و تحت شرایط لامینار با هر یک از سویه‌های ذکرشده تلقیح شدند. به‌منظور استانداردسازی، حجم تلقیح (۳۰ سی سی)، زمان تماس (۱۵ دقیقه) و مسیر ورود سوسپانسیون باکتریایی برای تمامی نمونه‌ها یکسان در نظر گرفته شد. پس از تلقیح، نمونه‌ها در محیط کشت جامد MS (Murashige and Skoog) و B5(Gamborg's B5) حاوی ۳٪ ساکارز و ۰/۸٪ آگار قرار گرفتند. تنظیم pH محیط روی ۵/۸ انجام شد و نمونه‌ها در دمای ۲۵±۲ درجه، تاریکی مطلق به مدت یک ماه نگهداری شدند.

مشاهده و ثبت داده‌ها

پس از گذشت دو هفته از تلقیح، نمونه‌ها از نظر وجود ریشه‌های مویین مشاهده و ثبت شدند. برای هر واحد آزمایشی، تعداد نمونه‌های دارای ریشه القاشده محاسبه گردید و به‌صورت درصد نسبت به کل تکرار ثبت شد. این مقدار

به‌عنوان متغیر وابسته (induction) تعریف شد. متغیر سویه باکتری (Strain) به‌صورت رشته‌ای (String) و در سطح Nominal در نرم‌افزار SPSS ذخیره گردید. هر تیمار شامل سه تکرار مستقل با شماره‌گذاری در ستون Repetition وارد شد.

تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۶ تحلیل شدند. پس از بررسی توصیفی اولیه، آزمون Levene's test برای ارزیابی همگنی واریانس‌ها انجام شد که فرض برابری واریانس‌ها را رد کرد ($P = 0.019$) در ادامه، تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) به‌منظور بررسی وجود تفاوت کلی بین گروه‌ها اجرا گردید ($P = 0.028$) برای بررسی دقیق‌تر تفاوت‌های بین زوج‌های تیماری، از آزمون‌های مقایسه‌ای Tukey's HSD و Bonferroni استفاده شد. نمودار میانگین‌ها و جدول همگنی گروه‌ها برای تحلیل بصری الگوها نیز استخراج و بررسی شدند.

اعتبار پژوهش و تکرارپذیری

طراحی تصادفی، رعایت شرایط استریل، یکنواختی محیط رشد، و اجرای سه تکرار مستقل برای هر تیمار، باعث افزایش اعتبار علمی و آماری نتایج شد. همچنین، تطبیق شرایط تلقیح با استانداردهای بیوتکنولوژی گیاهی، امکان تعمیم یافته‌ها برای کاربرد در سامانه‌های نیمه‌صنعتی فراهم نمود. ریشه‌های مویین حاصل از چهار سویه مختلف *Agrobacterium rhizogenes* از طریق فرآیند تلقیح دقیق بر روی ریزنمونه‌های منتخب گیاه پروانش، در محیط کشت‌های استاندارد MS و B5 با غلظت‌های بهینه تهیه شدند. داده‌های مربوط به میزان القا در هر تیمار، براساس متغیرهای مورد بررسی (نوع ریزنمونه، شرایط محیط کشت، و سویه باکتریایی)، به‌صورت منظم وارد نرم‌افزار Excel گردید و میانگین درصد ریشه‌زایی برای هر سویه با دقت محاسبه شد. این روند امکان مقایسه‌ی دقیق عملکرد سویه‌ها را فراهم ساخت و مسیر تحلیل آماری و انتخاب زیستی در مراحل بعدی پژوهش را هموار نمود. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel مورد تجزیه‌وتحلیل توصیفی قرار گرفتند و نتایج به‌صورت جدول ارائه شد.

نتایج و بحث

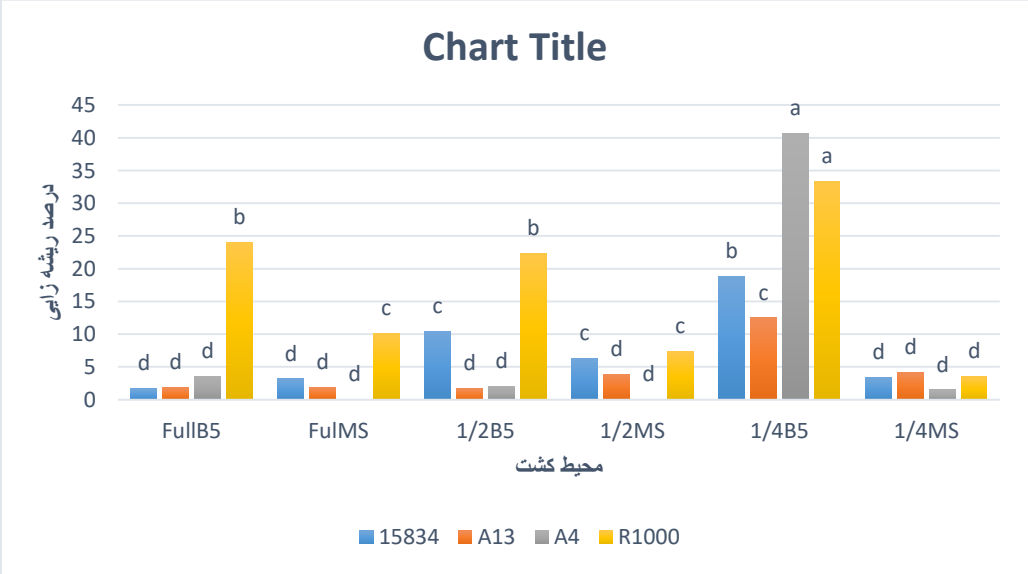
در این پژوهش، اثر چهار سویه‌ی مختلف *Agrobacterium rhizogenes* شامل 15834، A4، R1000 و A13 بر درصد القای ریشه‌های مویین در گیاه دارویی پروانش (*Catharanthus roseus*) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمون توصیفی نشان داد که میانگین درصد القا در سویه‌های مختلف تفاوت قابل‌توجهی دارد؛ به‌طوری‌که سویه R1000 با میانگین ۱۶/۷۹٪ بالاترین میزان القا را نشان داد، در حالی‌که سویه A13 کمترین میانگین را دارا بود.

همچنین این نتایج نشان داد که با وجود ناهمگنی واریانس‌ها(Levene's test)، آزمون ANOVA اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های تیماری از نظر درصد القا گزارش کرد($p>0.028$)، هرچند آزمون‌های زوجی Tukey و Bonferroni تفاوت آماری میان زوج‌های خاص را تأیید نکردند ($P > 0.05$). با این حال، داده‌های میانگین‌ها بیانگر آن بودند که سویه R1000 با میانگین ۱۶/۷۹٪ بالاترین درصد القا را داشته و از نظر زیستی عملکرد بهتری نسبت به سایر سویه‌ها ارائه داده است. تجزیه واریانس نشان داد که اثر سویه‌های مختلف A. rhizogenes بر القای ریشه‌های مویین در سطح معنی‌داری ۵٪ قابل توجه بوده است ($P = 0.028$*). این اختلاف آماری بیانگر تفاوت در کارایی زیستی سویه‌ها در فرآیند ریشه‌زایی می‌باشد. مقدار $F = 3.230$ نشان‌دهنده تأثیر تیمارها نسبت به واریانس درون‌گروهی بوده و زمینه را برای تحلیل‌های چنددامنه‌ای فراهم می‌سازد (جدول ۱).

جدول۱. تحلیل واریانس اثر تیمارهای باکتریایی بر درصد ریشه‌زایی گیاه مورد مطالعه

منبع تغییرات	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات
بین گروه‌ها(A)	۳	۵۱۹/۵۳۱**
درون گروه‌ها(B)	۶۸	۱۶۰/۰۳۸**
کل	۷۱	

در شکل ۱، میانگین درصد القای ریشه‌های مویین در تیمارهای مختلف باکتریایی به‌تصویر کشیده شده است. این یافته‌ها نشان می‌دهند که سویه A4 در محیط کشت 1/4B5 می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ی اول در توسعه‌ی سامانه‌های نیمه‌صنعتی برای تولید ریشه‌های مویین در گونه‌ی پروانش مورد استفاده قرار گیرد، و به‌واسطه‌ی آن، تولید ترکیبات دارویی ارزشمند با بازده بیشتر و زمان کوتاه‌تر محقق شود. با این حال، نتایج حاصل از میانگین‌گیری داده‌های مربوط به محیط‌های کشت مختلف نشان داد که سویه R1000 نیز در محیط کشت B5 عملکرد قابل توجهی داشته است؛ به‌گونه‌ای که می‌توان این سویه را در کنار سایر سویه‌های منتخب، به‌عنوان یکی از گزینه‌های برتر در فرآیند القای ریشه‌های مویین معرفی نمود.



نمودار ۱. مقایسه میانگین درصد القای ریشه‌های مویین در چهار سویه مختلف *Agrobacterium rhizogenes* در گیاه دارویی پروانش (*Catharanthus roseus*).

از آنجا که ریشه‌های مویین بستر مناسبی برای سنتز متابولیت‌های ثانویه هستند، به‌کارگیری سویه‌های مؤثر می‌تواند نقش راهبردی در آینده‌ی تولید داروهای گیاهی، بیوتکنولوژی دارویی، و حتی مهندسی ژنتیک ایفا کند. علاوه بر این، روش اجرای آزمایش، استفاده از طراحی تصادفی، کنترل شرایط کشت و تلقیح، و تحلیل آماری دقیق در این پژوهش، اعتبار نتایج حاصل را تضمین می‌کند. رویکرد مقایسه‌ای سویه‌ها در این مطالعه می‌تواند الگویی برای سایر پژوهش‌ها در گونه‌های دارویی دیگر باشد و به محققان کمک کند تا فرایند انتخاب سویه باکتریایی را با استناد علمی انجام دهند. در نهایت، این تحقیق نه‌تنها گامی مؤثر در شناخت بهتر تعامل سویه‌های *A. rhizogenes* با گونه‌ی *C. roseus*

بوده، بلکه می‌تواند مبنایی برای پژوهش‌های کاربردی‌تر در حوزه‌ی زیست‌فناوری گیاهان دارویی فراهم آورد؛ پژوهش‌هایی که در آینده در قالب پروژه‌های صنعتی، تولید فراورده‌های دارویی، یا بهره‌برداری از بیوراکتورهای گیاهی می‌توانند به تحقق برسند.

نتیجه‌گیری

این پژوهش در مقایسه با پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که سویه R1000 در گونه‌های دیگر نیز عملکرد بالایی در القای ریشه‌های مویین داشته است (Park et al., 2017)، که با یافته‌های این مطالعه هم‌راستا است. همچنین، نتایج این پژوهش با مطالعاتی که تأثیر سویه‌های مختلف *A. rhizogenes* را بر تولید متابولیت‌های ثانویه بررسی کرده‌اند، همخوانی دارد (Tariverdizadeh et al., 2019). در مجموع، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند که انتخاب سویه‌ی مناسب می‌تواند نقش کلیدی در بهینه‌سازی سامانه‌های نیمه‌صنعتی تولید ریشه‌های مویین ایفا کند. سویه R1000 با عملکرد بالاتر، گزینه‌ای مناسب برای توسعه‌ی زیست‌فناوری دارویی در گیاه پروانش محسوب می‌شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را از جناب آقای دکتر ناصر زارع، استاد راهنمای محترم، به‌پاس راهنمایی‌های علمی ارزشمند ایشان در طول انجام این پژوهش اعلام می‌دارم. همچنین از همکاری‌ها و حمایت‌های فنی آزمایشگاه بیوتکنولوژی دانشگاه محقق اردبیلی صمیمانه تشکر می‌شود. شایان ذکر است که این مقاله بخشی از رساله دکتری نگارنده در رشته بیوتکنولوژی کشاورزی است.

منابع

Faraz, A., Muhammad, A., & Hussain, S. (2020). Comparative evaluation of rhizobacterial strains for growth enhancement and root induction in Catharanthus roseus. Biotechnology Reports, 28, e00562.

Guillon, S., Gantet, P., Thiersault, M., Rideau, M., & Trémouillaux-Guiller, J. (2023). Hairy roots of Catharanthus roseus: Efficient routes to monomeric indole alkaloid production. In J. M. Mérillon & K. G. Ramawat (Eds.), Bioactive Molecules and Medicinal Plants (pp. 285–295). Springer.

Park, H. J., Kim, S. H., Lee, S. W., & Cho, J. Y. (2017). Effect of Agrobacterium rhizogenes strain R1000 on hairy root induction and biomass accumulation in medicinal plants. Journal of Plant Biology, 60(3), 231–238.

Sathasivam, R., Saravanan, A., & Kim, J. H. (2022). Influence of strain-specific Agrobacterium rhizogenes on hairy root development and biomass yield in medicinal plants. Scientific Reports, 12, 14781.

Scragg, A. H. (2024). Alkaloid accumulation in Catharanthus roseus suspension cultures. In R. N. Trigiano & D. J. Gray (Eds.), Plant Cell Culture Protocols (pp. 393–402). Humana Press.

Tariverdiazadeh, M., Vahabi, M., Ghanati, F., & Dehestani-Ardakani, M. (2019). Optimization of secondary metabolite production using different strains of Agrobacterium rhizogenes in Catharanthus roseus hairy roots. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 137, 205–217

Investigating the effect of different Agrobacterium rhizogenes strains on hairy root induction in the medicinal plant Catharanthus roseus

Zohre Vahedi[1], Nasser Zare[2]*, Paresa sheykhzade [2]
1. PhD Student in Biotechnology and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2 Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
*Corresponding Author: zarenasser@gmail.com; nzare@uma.ac.ir

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of different strains of Agrobacterium rhizogenes on the induction of hairy roots in the medicinal plant Catharanthus roseus. A completely randomized design was employed, involving four bacterial strains (15834, A4, R1000, and A13), with three independent replications per treatment. Root induction percentages were statistically analyzed using SPSS software. Descriptive statistics and Levene's test were initially applied to assess homogeneity of variances, which was rejected (P = 0.019). Nevertheless, due to equal sample sizes across groups, one-way ANOVA was performed to examine overall differences among strains, revealing statistically significant variation (P = 0.028). Pairwise comparisons using Tukey's HSD and Bonferroni tests did not confirm significant differences between individual strain pairs (P > 0.05); however, the mean comparison chart indicated that strain R1000 exhibited the highest induction rate (79.16%). Additionally, data analysis revealed that strain A4 demonstrated notable performance in the 1/4B5 culture medium, suggesting its potential as one of the most effective strains for hairy root induction. These findings provide a comparative and statistical perspective that facilitates the selection of superior strains for semi-industrial hairy root production systems and the extraction of valuable phytochemicals. The results may contribute to the development of biotechnological strategies aimed at enhancing production efficiency in future applied and pharmaceutical projects.

Keywords: Agrobacterium rhizogenes, Catharanthus roseus, Culture medium, Hairy root

ویرایش ژن در گیاهان دارویی با فناوری CRISPR-Cas: از مفاهیم پایه تا کاربردهای پیشرفته

زهرا موسوی*[۱]، اکبر کرمی[۱] و علی‌اکبر قاسمی[۲]

۱- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

۲- پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، ایران.

*نویسنده مسئول: Zahramousavi995@gmail.com

چکیده

فناوری ویرایش ژن CRISPR-Cas به دلیل سهولت استفاده و بازدهی بالای خود، تحولی بنیادین را در مطالعه و مهندسی ژنوم به وجود آورده است. تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی تاکنون با استفاده از این فناوری به‌صورت هدفمند ویرایش شده‌اند. بااین‌حال، به‌رغم اهمیت بالای گیاهان دارویی به‌عنوان منابع غنی از متابولیت‌های ثانویه با کاربردهای درمانی و دارویی، استفاده از فناوری CRISPR-Cas در این گیاهان هنوز در مراحل ابتدایی قرار دارد. در این مقاله، تاریخچه تحقیقات، ویژگی‌های ساختاری و مکانیزم عملکرد این فناوری مرور شده و کاربرد آن‌ها در گیاهان دارویی بررسی شده است. علاوه بر این، مسیرهای نوآورانه‌ای برای پیشرفت فناوری CRISPR در ویرایش ژن گیاهان دارویی پیشنهاد شده است. هدف این مطالعه ارائه مرجعی برای استفاده از این فناوری در مطالعات عملکرد ژنوم، زیست‌شناسی ترکیبی، بهبود ژنتیکی و نوآوری در منابع ژنتیکی گیاهان دارویی است. انتظار می‌رود فناوری CRISPR-Cas به‌زودی تحولی بزرگ در زیست‌فناوری گیاهان دارویی ایجاد کند.

واژه‌های کلیدی: CRISPR-Cas، گیاهان دارویی، متابولیت‌های ثانویه، مهندسی متابولیک، ویرایش ژن

مقدمه

گیاهان دارویی، به دلیل دارابودن متابولیت‌های ثانویه، هزاران سال است که نقش مهمی در حفظ سلامت انسان‌ها دارند. این ترکیبات علاوه بر صنایع دارویی و غذایی، در صنایع عطرسازی، کشاورزی و آرایشی - بهداشتی نیز دارای ارزش و اهمیت بالایی هستند. متابولیت‌های ثانویه، برخلاف متابولیت‌های اولیه که برای رشد و نمو گیاه ضروری هستند، نقش‌محوری در تسهیل مبارزه گیاهان با تنش‌های نامطلوب محیطی و فیزیولوژیکی ایفا می‌کنند. میزان و نوع تولید این متابولیت‌ها تحت‌تأثیر ژنتیک گیاه، شرایط محیطی، مرحله رشدی و غیره تغییر می‌کند؛ بنابراین ما به ابزارهایی نیاز داریم تا بتوانیم این تغییرات را باتوجه‌به نیازهای خود تغییر دهیم. یکی از این فناوری‌های مهم، ویرایش ژن با استفاده از CRISPR-Cas است که بسیاری از نقص‌های ویرایش ژن به روش سنتی را اصلاح کرد (Guo et al., 2022). سیستم CRISPR-Cas به دلیل مزایای زیاد خود، فوراً به یک فناوری مهم موردتوجه در حوزه زیست‌شناسی مولکولی تبدیل شد و با موفقیت در ویرایش هدفمند ژن در بسیاری از گیاهان و محصولات مدل به کار گرفته شد. بااین‌حال، کاربرد این فناوری در گیاهان دارویی به دلیل پیشینه ژنتیکی پیچیده، سیستم تبدیل ژنتیکی ناکارآمد و سیستم باززایی آنها به طور گسترده موردبررسی قرار نگرفته است (Das et al., 2024). در این مقاله ما به طور خلاصه

تاریخچه تحقیقات، ویژگی‌های ساختاری و مکانیسم‌های عملکردی آنها را معرفی می‌کنیم و نحوه استفاده از آنها را در ویرایش ژن گیاهان دارویی موردبحث قرار می‌دهیم. در نهایت، پتانسیل فناوری CRISPR را به‌عنوان ابزاری برای ویرایش ژن گیاهان دارویی به پایان می‌رسانیم.

تاریخچه

سیستم CRISPR-Cas از سیستم ایمنی طبیعی که توسط باکتری‌ها و آرکی‌ها در طول تکامل طولانی‌مدت تشکیل شده، مشتق شده است. در سال ۱۹۸۷، یک گروه ژاپنی یک توالی DNA خاص را در ناحیه غیرکدکننده ژن آلکالین فسفاتاز *Escherichia coli* کشف کرد. این توالی از چندین قطعه DNA تکراری پشت‌سرهم تشکیل شده است. در سال ۲۰۰۲، این توالی DNA به‌عنوان تکرارهای کوتاه باقاصله منظم نام‌گذاری شد و بعداً این نام به تکرارهای پالیندروم باقاصله منظم خوشه‌ای تغییر یافت. در سال ۲۰۰۵، مشخص شد که توالی‌های فاصله‌دهنده CRISPR با توالی‌های DNA ویروس‌ها یا پلاسمیدهای خارجی بسیار همولوگ هستند که نشان می‌دهد CRISPR ممکن است عملکردی خاص در برابر عفونت توسط یک ماده ژنتیکی خارجی داشته باشد. از طریق آزمایش‌ها، مشخص شد که سیستم CRISPR-Cas به طور خاص قطعات ژنی برون‌زا را که "حافظه ایمنی" را تشکیل می‌دهند، شناسایی و به دست می‌آورد. هنگامی که باکتری‌ها دوباره با همان فاژ آلوده می‌شوند، سیستم CRISPR-Cas ژن‌های برون‌زا را از بین می‌برد و باکتری‌ها را قادر می‌سازد تا در برابر این فاژ مقاومت کسب کنند (Guo et al., 2022). در سال ۲۰۱۲، Jinek و همکارانش دریافتند که یک RNA راهنما در سیستم CRISPR-Cas قادر به هدف قراردادن قطعات DNA خاص است و پیشنهاد کردند که این سیستم می‌تواند در ویرایش ژن مورداستفاده قرار گیرد. در سال ۲۰۱۳، Cong و همکارانش با موفقیت از سیستم CRISPR-Cas در ویرایش ژن هدفمند ژنوم حیوانات استفاده کردند. از آن زمان، فناوری ویرایش ژن نسل سوم CRISPR-Cas معرفی شد و به دلیل مزایای فنی آن، به طور گسترده در زمینه‌های مختلف زیست‌شناسی مولکولی مورداستفاده قرار گرفته است.

ساختار CRISPR-Cas

سیستم CRISPR-Cas شامل پروتئین‌های خانواده ژن Cas و آرایه CRISPR شامل تکرارها، فاصله‌دهنده‌ها و توالی رهبر است. توالی رهبر در بالادست آرایه CRISPR قرار دارد و مسئول آغاز فرایند رونویسی است. تکرارها، توالی‌های تکراری کوتاه به طول ۲۱ تا ۴۸ نوکلئوتید هستند که می‌توانند ساختار حلقه سنجاق سری تشکیل دهند. تعداد تکرارها بسته به گونه از چند تا چند صد عدد متفاوت است. فاصله‌دهنده‌ها، تقریباً ۲۶ تا ۷۲ نوکلئوتید هستند و بین دو تکرار قرار دارند. توالی کدکننده ژن‌های Cas معمولاً در ناحیه بالادست آرایه CRISPR قرار دارد و قادر به کد کردن پروتئین‌های Cas با ویژگی‌های بسیار حفاظت شده در ارتباط با اسیدهای نوکلئیک است. این پروتئین‌ها دارای فعالیت‌هایی از جمله نوکلئاز، هلیکاز و نیکاز و سایر عملکردها هستند و می‌توانند به طور خاص توالی‌های DNA را برش دهد (Shabir, 2021).

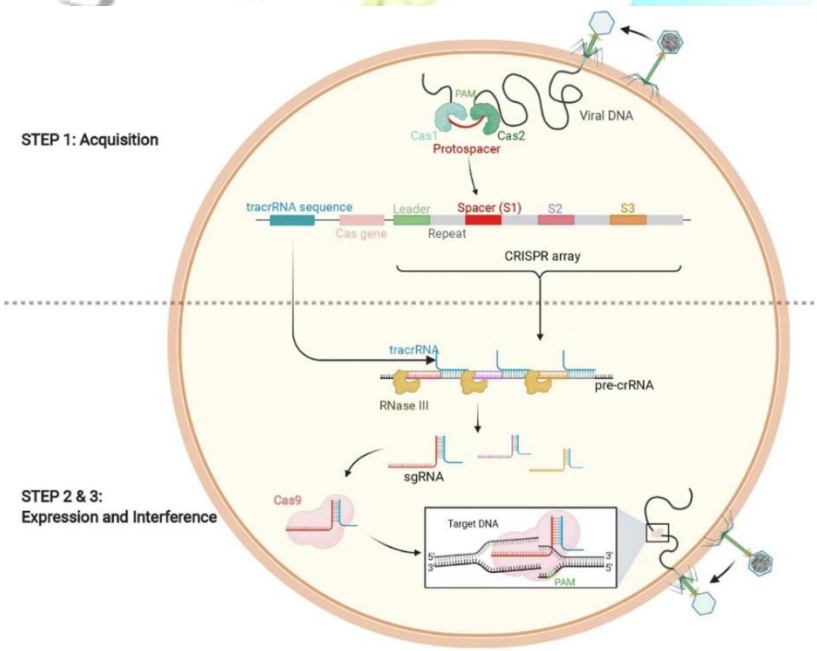
مکانیسم عملکرد CRISPR-Cas

مکانیسم عملکرد CRISPR-Cas شامل سه مرحله است: کسب، بیان و مداخله است. مرحله نخست عمدتاً توسط کمپلکس پروتئینی Cas1-Cas2 و گاهی با مشارکت پروتئین‌های اضافی Cas انجام می‌شود. این کمپلکس پروتئینی،

توالی پروتواسپیسر و توالی مجاور پروتواسپیس (PAM) را در اسیدهای نوکلئیک خارجی شناسایی کرده و آن‌ها را به‌صورت جهت‌دار به‌عنوان فاصله‌دهنده‌های جدید در آرایه CRISPR، بین توالی‌های تکراری درج و بدین‌گونه یک "حافظه ایمنی" از عناصر ژنتیکی مهاجم ایجاد می‌کند (Das et al., 2024).

هنگامی که همان ژن خارجی مجدداً وارد سلول شود، جایگاه CRISPR رونویسی شده و یک RNA پیش‌ساز (pre-crRNA) تولید می‌کند که سپس با کمک آنزیم ریبونوکلئاز (RNase III) به یک crRNA بالغ و کوچک پردازش می‌شود. crRNA حاوی توالی‌های فاصله‌دهنده CRISPR است که به توالی‌های تکراری متصل شده‌اند. جایگاه CRISPR همچنین یک tracrRNA را کد می‌کند که مکمل نواحی تکراری crRNA است. علاوه بر آرایه CRISPR، یک یا چند نوکلئاز Cas توسط همان جایگاه ژنی کدگذاری می‌شوند. به‌عنوان‌مثال، در یک سیستم CRISPR-Cas9 نوع II، مهم‌ترین ویژگی، وجود یک پروتئین بزرگ مولکولی Cas9 است که در بلوغ crRNA شرکت کرده و اسیدهای نوکلئیک خارجی مهاجم را تخریب می‌کند (Guo et al., 2021).

ترکیب crRNA با tracrRNA، RNA راهنمای تک‌مولکولی (sgRNA) را تولید می‌کند که با Cas9 کمپلکس تشکیل می‌دهد. متعاقباً، sgRNA به Cas9 متصل می‌شود تا یک کمپلکس ریبونوکلئوپروتئینی مؤثر تشکیل دهد که مسئول تخریب اسیدهای نوکلئیک مهاجم است، این توالی‌های هدف باید در فاصله مناسبی از توالی PAM (5'-NGG-3') فاصله داشته باشند. PAM برای شناسایی، برش و تمایز بین DNA خودی و غیرخودی ضروری است. پروتئین Cas9 با دو دامنه نوکلئازی، RuvC و HNH که عملیات برش را انجام می‌دهند، مشخص می‌شود؛ دامنه HNH رشته مکمل DNA هدف را در موقعیت سه نوکلئوتید بالاتر از توالی PAM برش می‌دهد، درحالی‌که دامنه RuvC رشته غیر مکمل دیگر را در همان محل برش می‌دهد و در نهایت منجر به شکست‌های دو رشته‌ای DNA (DSB) خارجی می‌شود (Guo et al., 2021) (شکل ۱).



شکل ۱. نمای کلی از ساختار و مکانیسم عملکرد CRISPR-Cas (Guo et al., 2021)

کاربرد فناوری CRISPR-Cas در گیاهان دارویی

مریم‌گلی (*Salvia miltiorrhiz*) متعلق به خانواده نعناعیان، یک گیاه دارویی سنتی چینی است و هزاران سال است که به طور گسترده در درمان بیماری‌های قلبی عروقی و مغزی-عروقی مورداستفاده قرار می‌گیرد. این گیاه به دلیل چرخه زندگی کوتاه، روش‌های ساده ریز ازدیادی و سیستم کارآمد انتقال ژن، به‌عنوان گیاهی ایده‌آل برای تحقیقات ژنتیک و اپی‌ژنتیک گیاهان دارویی مطرح شده است. در سال ۲۰۱۷ با حذف ژن SmCPS1 توسط CRISPR-Cas9، در جهش‌یافته‌های هموزیگوت، تانسیون که ترکیب اصلی این گیاه است حذف شده بود که نشان داد ژن SmCPS1، ژن کلیدی در مسیر سنتز این ترکیب است (Li et al., 2017). در سال ۲۰۱۸ نیز، Zho و همکاران با حذف ژن SmRAS که در مسیر سنتز اسیدهای فنولیک نقش دارند، کاهش زیاد در میزان اسید رزمارینیک و اسید سالبیانولیک را در جهش‌یافته‌های ایجاد شده، مشاهده کردند درحالی‌که پیش‌ساز اسید رزمارینیک افزایش پیدا کرده بود. در مطالعه‌ای دیگر Shi و همکاران (۲۰۲۱)، یک ژن جدید به نام SmbZIP2 را هدف‌گیری کرده و از دو روش حذف ژن و بیان بیش از حد همان ژن استفاده کردند. طبق مطالعه آن‌ها مشخص شد که در لاین‌هایی که حذف ژن انجام‌گرفته بود، مقدار اسیدهای فنولیک بالا رفت؛ ولی در لاین‌هایی که بیان بیش از حد همان ژن وجود داشت. مقدار اسیدهای فنولیک کاهش‌یافته بود که نشان می‌دهد این ژن تنظیم‌کننده منفی تولید اسیدهای فنولیک است.

گیاه شاهدانه (*Cannabis sativa*) سابقه طولانی به‌عنوان یک گیاه دارویی دارد و به دلیل اثرات دارویی کانابینوئیدها شناخته می‌شود که در سال‌های اخیر به دلیل پتانسیل درمانی آنها در درمان بیماری‌های متعدد انسانی، مانند بیماری‌های عصبی پیچیده و سرطان، توجه جدیدی را به خود جلب کرده‌اند. در سال ۲۰۲۱، Zhang و همکاران ژن CsPDS1 این گیاه را، که به‌عنوان یک ژن نشانگر مورد استفاده قرار می‌گیرد و غیرفعال‌سازی آن منجر به سفید شدن برگ‌ها می‌شود، ویرایش کردند. حاصل این فرایند، تولید گیاهچه‌هایی با برگ‌های سفید بود که بیانگر موفقیت‌آمیز بودن ویرایش ژنی است.

کامفری (*Symphytum officinale* L.) یک گیاه دارویی با اثرات ضدالتهابی و ضددرد است. بااین‌حال، کاربرد دارویی آن به دلیل محتوای بالای آلکالوئید پیرولیزیدین که ممکن است حتی در دوز پایین منجر به سمیت کبدی در انسان شود، با مشکل مواجه است. فناوری ویرایش ژن CRISPR-Cas9 ممکن است به کاهش یا در نهایت خاموش‌کردن مسیر بیوسنتز ترکیبات سمی از منبع کمک کند و مواد اولیه را برای داروهای گیاهی ایمن فراهم کند. Zakaria و همکاران در سال ۲۰۲۱ با این فناوری، ژن HSS را که مسئول تولید اولین آنزیم مسیر ساخت آلکالوئیدهای پیرولیزیدینی است را غیرفعال کردند و مشاهده کردند که سطح تولید این آلکالوئیدهای سمی کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

CRISPR-Cas یک ابزار قدرتمند برای ویرایش ژن در گیاهان دارویی است که می‌تواند ژن‌ها را حذف، جایگزین یا اصلاح کند و به تحقیقات پایه و بهبود گیاهان کمک کند. با تکمیل ژنوم و شناخت مسیرهای بیوسنتز ترکیبات فعال، مناطق هدف بیشتری برای ویرایش فراهم شده است و فناوری‌های جدید «omics» و زیست‌شناسی مصنوعی امکان تولید گیاهان با ترکیبات مفید و بهبود ژنتیکی را افزایش می‌دهند. بااین‌حال، انتقال مؤثر سامانه CRISPR به سلول‌ها و باززایی گیاهان همچنان چالش‌برانگیز است و ویرایش یک ژن به‌تنهایی ممکن است به دلیل وجود ژن‌های هم‌خانواده یا مسیرهای جبرانی که قادر به جبران عملکرد آن هستند، تغییر فنوتیپی قابل توجهی ایجاد نکند. بنابراین،

استفاده از روش‌های نوین مانند نانوذرات، ویروس‌های گیاهی و ویرایش همزمان چند ژن برای رسیدن به نتایج مطلوب ضروری است.

منابع

Cong, L., Ran, F. A., Cox, D., Lin, S., Barretto, R., Habib, N., ... & Zhang, F. (2013). Multiplex genome engineering using CRISPR/Cas systems. Science, 339(6121), 819-823.

Das, S., Kwon, M., & Kim, J. Y. (2024). Enhancement of specialized metabolites using CRISPR/Cas gene editing technology in medicinal plants. Frontiers in Plant Science, 15, 1279738.

Guo, M., Chen, H., Dong, S., Zhang, Z., & Luo, H. (2022). CRISPR-Cas gene editing technology and its application prospect in medicinal plants. Chinese Medicine, 17(1), 33.

Jinek, M., Chylinski, K., Fonfara, I., Hauer, M., Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2012). A programmable dual-RNA–guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. Science, 337(6096), 816-821.

Li, B., Cui, G., Shen, G., Zhan, Z., Huang, L., Chen, J., & Qi, X. (2017). Targeted mutagenesis in the medicinal plant *Salvia miltiorrhiza*. Scientific Reports, 7(1), 43320.

Shabir, P. A. (2021). CRISPR/Cas9-mediated genome editing in medicinal and aromatic plants: developments and applications. In Medicinal and aromatic plants (pp. 209-221). Academic Press.

Shi, M., Du, Z., Hua, Q., & Kai, G. (2021). CRISPR/Cas9-mediated targeted mutagenesis of bZIP2 in *Salvia miltiorrhiza* leads to promoted phenolic acid biosynthesis. Industrial Crops and Products, 167, 113560.

Zakaria, M. M., Schemmerling, B., & Ober, D. (2021). CRISPR/Cas9-mediated genome editing in comfrey (*Symphytum officinale*) hairy roots results in the complete eradication of pyrrolizidine alkaloids. Molecules, 26(6), 1498.

Zhang, X., Xu, G., Cheng, C., Lei, L., Sun, J., Xu, Y., ... & Su, J. (2021). Establishment of an Agrobacterium-mediated genetic transformation and CRISPR/Cas9-mediated targeted mutagenesis in Hemp (*Cannabis Sativa* L.). Plant Biotechnology Journal, 19(10), 1979-1987.

Zhou, Z., Tan, H., Li, Q., Chen, J., Gao, S., Wang, Y., ... & Zhang, L. (2018). CRISPR/Cas9-mediated efficient targeted mutagenesis of RAS in *Salvia miltiorrhiza*. Phytochemistry, 148, 63-70.

Gene Editing in Medicinal Plants Using CRISPR-Cas Technology: From Basic Concepts to Advanced Applications

Zahra Mousavi[1]*, Akbar Karami[1] and Ali Akbar Ghasemi[2]
1. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
2. Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI), Shiraz, Iran
*Corresponding Author: Zahramousavi995@gmail.com

Abstract

The CRISPR-Cas gene-editing technology, owing to its ease of use and high efficiency, has brought about a fundamental transformation in genome research and engineering. A large number of plant species have been subjected to precise, targeted genome editing using this system. However, despite the high importance of medicinal plants as rich sources of secondary metabolites with pharmaceutical and therapeutic applications, the application of CRISPR-Cas technology in these plants remains in its infancy. In this review, the research history, structural features, and working mechanism of CRISPR-Cas technology are discussed, and its applications in medicinal plants are examined. Furthermore, innovative approaches for advancing CRISPR technology in medicinal plant gene editing are proposed. The aim of this study is to provide a comprehensive reference for the application of this technology in genome functional studies, synthetic biology, genetic improvement, and germplasm innovation in medicinal plants. CRISPR-Cas is expected to bring about a major revolution in medicinal plant biotechnology in the near future.

Keywords: CRISPR-Cas, medicinal plants, secondary metabolites, metabolic engineering, gene editing

تأثیر تنش‌های غیرزیستی بر متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی با رویکرد پایش محیط‌زیست

پریسا بنامولایی*[۱]، نادر فرساد اختر[۲]

۱- گروه علوم جانوری، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲- گروه زیست‌شناسی گیاهی، سلولی ومولکولی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: p.benamolaei@tabrizu.ac.ir

چکیده

در سال‌های اخیر، توجه فزاینده‌ای به بهره‌گیری از گیاهان دارویی به‌عنوان نشانگرهای زیستی برای پایش کیفیت محیط‌زیست معطوف شده است. این گیاهان به‌دلیل تولید گسترده و متنوع متابولیت‌های ثانویه، واکنش‌های قابل سنجشی به تنش‌های غیرزیستی از خود نشان می‌دهند که می‌توان از آن‌ها به‌منظور شناسایی، ارزیابی و پایش آلودگی‌های محیطی بهره گرفت. یکی از مزایای مهم استفاده از ترکیبات گیاهی در طراحی زیست‌حسگرها، قابلیت بومی‌سازی، کاهش هزینه‌ها و طراحی ابزارهای غیرتهاجمی، سریع و قابل حمل است. این امر خصوصاً در کشورهای در حال توسعه می‌تواند به افزایش دسترسی به فناوری‌های پایش محیطی منجر شود. یافته‌های این مطالعه مروری با بررسی مقالات مرتبط در پایگاه‌های علمی معتبر نشان داد که تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی، شوری، آلودگی هوا و فلزات سنگین، تغییرات مشخصی در مسیرهای متابولیتی گیاهان دارویی ایجاد می‌کنند و این تغییرات می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های زیستی معتبر برای توسعه زیست‌حسگرهای گیاهی و پایش محیط‌زیست مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: آلودگی‌های محیطی، تنش‌های غیرزیستی، گیاهان دارویی، متابولیت‌های ثانویه، نشانگرهای زیستی.

مقدمه

زیست‌پالایی نقش بسیار مهمی در مدیریت آلودگی‌ها و حفاظت از اکوسیستم‌ها دارد. بسیاری از گیاهان می‌توانند به عنوان ابزارهای زیستی برای ارزیابی و پایش آلودگی‌ها و تنش‌های محیطی مورد استفاده قرار گیرند (Tarish et al., 2024). متابولیت‌های ثانویه گیاهان به‌دلیل تنوع و حساسیت بالا به تنش‌های محیطی، در سال‌های اخیر توجه پژوهشگران را به عنوان زیست‌حسگر به خود جلب کرده‌اند. ادغام ترکیبات گیاهی با نانوذرات طلا منجر به توسعه‌ی نسل جدیدی از نانوزیست‌حسگرها شده است. این ترکیبات علاوه بر تقویت پایداری زیستی، امکان عملکرد انتخابی در برابر آلاینده‌های محیطی را فراهم می‌کنند. برخی متابولیت‌های گیاهی، توانایی جذب نور در طول موج‌های مشخص را دارند. این خاصیت می‌تواند برای ساخت زیست‌حسگرهای نوری استفاده شود. نانو ذرات کربنی فلورسانس‌زای جدیدی از گلبرگ‌های گل پریوش، *Catharanthus roseus* L. سنتز شده‌اند که قابلیت پاسخ‌دهی به تغییرات یون‌های فلزی در محیط را دارند و می‌توانند در طراحی حسگرهای نوری برای شناسایی آلاینده‌ها و بهبود رشد ریشه گیاهان استفاده شوند (Omprabha et al., 2024). گیاهان دارویی، از طریق تولید گسترده‌ی متابولیت‌های ثانویه متنوعی مانند فنول‌ها، فلاونوئیدها، ترپن‌ها و ترکیبات فرار، نقش بسیار مهمی در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی

و بهداشتی دارند که کمیت و کیفیت این ترکیبات تحت تأثیر تنش‌های زیستی و غیر زیستی قرار می‌گیرند، از این جهت می‌توانند به عنوان شاخص‌هایی برای ارزیابی سلامت محیط عمل کنند و گزینه مناسبی برای پایش زیستی به شمار آیند. در حال حاضر، با افزایش تنش‌های غیرزیستی به دلیل تغییرات اقلیمی، آلودگی‌های صنعتی و کشاورزی، بررسی واکنش این گیاهان به این نوع تنش‌ها از جنبه تولید ترکیبات دارویی، سازگاری زیستی و به ویژه پتانسیل آنها در استفاده به عنوان سامانه‌های پایش زیستی اهمیت زیادی یافته است. متابولیت‌های ثانویه برای ارزیابی کیفیت مواد درمانی نیز مفید هستند و امروزه از آنها به عنوان داروهای مهم مشتق شده از طبیعت مانند سرکوب‌کننده سیستم ایمنی، آنتی‌بیوتیک‌ها، ضد دیابت و ضد سرطان استفاده می‌شود (Laftouhi et al., 2023). از آنجا که پروفایل ترکیبات ثانویه گیاهان دارویی از نظر کیفی و کمی به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی قرار دارد، لذا این مطالعه با هدف بررسی پتانسیل گیاهان دارویی به‌عنوان ابزارهای زیست‌پایشگر مؤثر برای تعیین وضعیت سلامت زیستی یک زیست‌بوم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه بر اساس مقالات منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ با استفاده از پایگاه‌های اطلاعاتی Web of Science، Scopus، PubMed و Google Scholar انجام شد. کلیدواژه‌های به کار رفته شامل گیاهان دارویی، متابولیت‌های ثانویه، تنش‌های غیر زیستی و پایش محیطی بود. مقالات بر اساس تغییرات متابولیت‌های ثانویه در گونه‌های مختلف گیاهان دارویی، نوع تنش و کاربرد احتمالی در زیست حسگرها انتخاب و مورد بررسی و بحث قرار گرفتند.

واکنش گیاهان دارویی به تنش خشکی

یکی از مهم‌ترین چالش‌های محیطی موجود برای گیاهان، خصوصا در مناطق نیمه‌خشک، تنش خشکی است که به‌عنوان یک عامل منفی در کشاورزی در نظر گرفته می‌شود و بر اثر آن، محتوای آب سلولی کاهش می‌یابد. گیاهان در پاسخ به این نوع تنش، روزنه‌هایشان را می‌بندند، جذب CO_2 به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد و فرآیندهای متابولیکی به سمت سنتز ترکیبات بسیار احیا شده مانند ایزوپرنوئیدها، فنول‌ها یا آلکالوئیدها سوق داده می‌شوند. از این جهت، گیاهان دارویی رشد یافته در شرایط نیمه‌خشک، معمولاً غلظت‌های بالاتری از مواد فعال را تولید می‌کنند. در واقع، با اعمال عمدی تنش خشکی متوسط در طول کشت، می‌توان کیفیت گیاهان دارویی را به میزان قابل توجهی افزایش داد. مطالعات مختلف نیز نشان داده‌اند که گیاهانی که در معرض تنش خشکی قرار دارند، دارای غلظت‌های بالاتری از متابولیت‌های ثانویه نسبت به گیاهانی هستند که در شرایط آبیاری خوب کشت می‌شوند. بررسی سطوح مختلف تنش خشکی بر رشد گیاه و ترکیب اسانس اندام‌های هوایی رزماری، *Rosmarinus officinalis Spenn* نشان داد که این نوع تنش اثرات معنی‌داری بر درصد و ترکیب اسانس گیاه رزماری دارد. مطالعه تأثیر تنش خشکی بر ترکیب فعال گیاه مریم‌گلی، *Salvia miltiorrhiza* Bunge نیز نشان داد که این تنش، به جز اسید رزمارینیک، میزان سایر ترکیبات زیست فعال را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، تنش آبی به طور قابل توجهی عملکرد اسید سالویانولیک B را افزایش داد ولی باعث کاهش میزان تانسینون IIA شد. نتایج بررسی اثرات ترکیبی کوددهی و تنش خشکی بر رشد گیاه نعناع چمنی، *Prunella vulgaris* L. و تولید اسید رزمارینیک، اسید اورسولیک و اسید اولئانولیک نشان داد که تنش خشکی متوسط محتوای اسید رزمارینیک، اسید اورسولیک و اسید اولئانولیک را در سنبله‌ها افزایش می‌دهد. اثرات تنش آبی و دما بر محتوای اسید بتولینیک و ترکیبات فنلی گل راعی، *Hypericum brasiliense* Choisy مشخص کرد که تنش آبی سطح تمام ترکیبات، به ویژه برخی از ترکیبات فنلی را افزایش می‌دهد (Bidgoli, 2018).

واکنش گیاهان دارویی به شوری

افزایش سطح نمک در خاک باعث عدم تعادل تغذیه‌ای، تنش هایپر اسمزی و کاهش فتوسنتز شده و همچنین رشد و جذب مواد مغذی در گیاهان را کاهش می‌دهد. تجمع متابولیت‌های ثانویه نیز در بافت‌های گیاهی به طور قابل توجهی تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرد. مطالعه گیاه گلرنگ، *Carthamus tinctorius* L. در غلظت‌های مختلف NaCl، افزایش قابل توجهی را در فلاونوئیدهای موجود در برگ‌های گیاه نشان داد. غلظت پایین NaCl در گیاه استویا، *Stevia rebaudiana* Bertoni محتوای دی‌ترپن گلیکوزیدها را افزایش می‌دهد، در حالی که افزایش بیشتر غلظت NaCl، موجب کاهش محتوای دی‌ترپن گلیکوزیدها می‌شود (Aghighi Shahverdi et al., 2019). در گیاه اسفرزه، *Plantago ovate* Forssk و تحت تنش شوری غلظت فنل افزایش می‌یابد. گزارش شده است که در گیاه کلزا، *Brassica napus* L. نیز شوری متوسط بهترین راه برای افزایش محتوای فنلی جوانه‌ها است. افزایش شوری می‌تواند محتوای فنل‌های کل، غیر فلاونوئیدها، تانن‌ها و اسیدهای فنلی را تغییر دهد. مطالعه انجام گرفته در گیاه مریم‌گلی، *S. macrosiphon* Boiss نیز نشان داد که غلظت‌های مختلف NaCl بر محتوای فنلی کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه تأثیر می‌گذارد. لازم به ذکر است که علیرغم کاهش محتوای فنلی کل گیاه در شرایط تنش شوری، محتوای آنتی‌اکسیدانی برگ افزایش یافت. دلیل احتمالی عدم همبستگی بین محتوای فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی، سنتز سایر مولکول‌های آنتی‌اکسیدانی در شرایط تنش ذکر شده است.

واکنش گیاهان دارویی به آلودگی هوا

شکی نیست که انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسان، عامل اصلی تغییرات اقلیمی اخیر است. چرخه‌های زندگی و توزیع پوشش گیاهی جهان، به ویژه گیاهان دارویی وحشی، تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی قرار گرفته‌اند. در حال حاضر تغییرات اقلیمی تأثیر قابل توجهی بر طیف وسیعی از تمام گونه‌ها و جوامع اکولوژیکی از جمله گیاهان دارویی داشته است. تغییرات اقلیمی با ایجاد استرس در گیاهان، بر متابولیت‌های ثانویه و سایر موادی که تولید می‌کنند، تأثیر می‌گذارند. با وجود اهمیت اثر تغییرات آب و هوایی جهانی بر گیاهان دارویی، مطالعات بر روی این گیاهان در مقایسه با سایر محصولات تجاری بسیار نادر و ناچیز است. طول موج فرابنفش می‌تواند بر همه موجودات زنده تأثیر منفی بگذارد. اثر مضر تابش UV با افزایش طول موج‌های کوتاه‌تر افزایش می‌یابد. این نوع تابش می‌تواند رشد و نمو گیاه را تغییر دهد و باعث تغییراتی در زیست‌توده رویشی یا زایشی، ارتفاع، ویژگی‌های برگ و زمان گلدهی شود. در یک تحقیق، کشت‌های درون شیشه‌ای گیاه *Phyllanthus tenellus* Roxb که تحت نور سفید به همراه تابش UV-A رشد یافته بودند، آنتی‌اکسیدان‌های بیشتری مانند فنولیک‌ها و کاروتنوئیدها نسبت به گیاهانی که فقط در نور سفید کشت شده بودند، تولید کردند. از سوی دیگر، محتوای ژرانیین، اسید الاژیک و کاروتنوئید پس از قرار گرفتن در معرض فرابنفش نوع A افزایش یافتند که نشان می‌دهد این نوع نور، منبع مهمی برای القای ترکیبات فنلی است. همچنین محتوای فنولیک‌های کل و فلاونوئیدهای کل در *Ixeris dentate* Thunb پس از سه و پنج روز قرار گرفتن مداوم در معرض UV-A، بدون مختل شدن رشد گیاه به طور چشمگیری افزایش یافت. نتایج این تحقیق مشخص کرد که استفاده از نور UV-A یا UV-B می‌تواند به عنوان راهکاری برای بهبود ترکیبات فنولی آنتی‌اکسیدانی این گیاه استفاده شود (Victório et al., 2011). در مطالعه‌ای دیگر مشخص شد که بادرنجبویه، *Melissa officinalis* L. در مواجهه با غلظت‌های بالای ازن، افزایش قابل توجهی در کل آنتوسیانین‌ها، و همچنین فنول‌ها و تانن‌ها دارد. همچنین

در گیاه مریم‌گلی، *S. officinalis* L. تحت تنش ازن، افزایش محتوای فنلی، به ویژه اسید گالیک و اسید کاتچینیک مشاهده شد (Shakeri et al., 2016).

واکنش گیاهان دارویی به فلزات سنگین

محتوای فلزات سنگین در خاک‌ها به دلیل فعالیت‌های انسانی، افزایش صنعتی شدن، تولید انرژی، فعالیت‌های کشاورزی و تولید زباله‌های شهری همچنان در حال افزایش است و موجب تجمع فلزات سنگین غیرضروری و سمی خاک‌ها می‌شود که می‌توانند بر رشد و متابولیسم گیاه تأثیر منفی داشته باشند و در غلظت بالا، حتی موجب مهار رشد و مرگ گیاه نیز شوند. در بین فلزات سنگین، کادمیوم و مس باعث تأخیر در رشد گیاه و تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن می‌شوند و بر عملکرد و نفوذپذیری غشا تأثیر می‌گذارند. برای مقابله با اثرات سمی فلزات سنگین، برخی فعالیت‌های متابولیکی و تغییرات فیزیولوژیکی در گیاهان ایجاد می‌شود تا از گیاه در برابر رادیکال‌های آزاد محافظت شود. از جمله این استراتژی‌ها، تجمع متابولیت‌های ثانویه گیاهی مانند آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پرولین، گلوتاتیون و ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی است که در حفاظت از گیاه در برابر تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی نقش دارند. در مطالعه‌ای که برای ارزیابی اثرات کادمیوم و مس و ترکیبات آنها بر میزان رشد و تجمع فلزات سنگین در گیاه مخملی، *Gynura procumbens* Lour. انجام شد، مشخص گردید که قرار گرفتن در معرض ترکیب فلزات سنگین مس و کادمیوم، اثربخشی این گیاه دارویی را کاهش می‌دهد و تولید فنول‌ها، فلاونوئیدها و ساپونین در مقایسه با قرار گرفتن در معرض هر یک از این فلزات کمتر می‌شود. در بررسی تحمل گیاه دارویی بابونه، *Matricaria chamomilla* L. به غلظت بیش از حد کادمیوم و مس، اسید کلروژنیک با بالاترین دوز مس (۲۱ برابر بیشتر از شاهد) افزایش زیادی نشان داد که مشخص‌کننده نقش آن در محافظت آنتی‌اکسیدانی بود. گیاه بشقابی، *Centella asiatica* L. یک گیاه دارویی سرشار از گلیکوزیدهای تری‌ترپن به نام سنتلوزیدها می‌باشد. در یک مطالعه مشخص شد که این گیاه در برابر دزهای مختلف کادمیوم کاملاً مقاوم است و زیست‌توده آن افزایش می‌یابد و تجمع قابل توجه کادمیوم در ریشه‌ها و شاخه‌ها در دز بالاتر دیده می‌شود. با توجه به تجمع بیشتر کادمیوم در ریشه‌ها و انتقال کمتر آن در شاخه‌ها، این محققین پیشنهاد کردند که این گیاه می‌تواند با حفظ ویژگی‌های دارویی خود، برای حذف کادمیوم مورد استفاده قرار گیرد (Biswas et al., 2020). در تحقیقی مشخص شد که تنش کادمیوم، تجمع ساپونین‌های PNS در ریشه گیاه جینسینگ، *Panax notoginseng* Burkill که از طریق مسیر بیوسنتز ترپنوئید سنتز می‌شوند را کاهش می‌دهد (Liao et al., 2019). با توجه به این که برخی از گیاهان معطر و دارویی، سرشار از روغن‌های اساسی[1] هستند و توانایی جذب و تجمع آلاینده‌های فلزی را در قسمت‌های قابل برداشت گیاه دارند، این امر می‌تواند آنها را به گزینه‌ای مناسب برای احیای محل‌های آلوده، بدون آلوده کردن روغن‌های اساسی تبدیل کند. البته فلزات سنگین در طول استخراج روغن اساسی از طریق تقطیر از بافت‌های گیاهی حذف نمی‌شوند و در بقایای استخراج شده گیاه باقی می‌مانند، در نتیجه مقادیر قابل تشخیص فلزات سنگین در روغن اساسی را محدود می‌کنند. بنابراین، کاشت این گیاهان در مناطقی با آلودگی فلزی احتمالا می‌تواند از ورود فلزات سنگین به زنجیره غذایی جلوگیری کند. بررسی تأثیر افزایش سطوح کروم و سرب بر عملکرد و ترکیب شیمیایی اسانس سه گونه نعناع (*Mentha arvensis* L., *M. piperita* L., *M. citrata* Ehrh.) توسط

1. Essential oils

احمد و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که به دلیل پایداری *M. piperita* تحت این تنش وافزایش میزان اسانس آن *M. piperita* مناسب‌ترین گونه برای کشت در خاک‌های آلوده به کروم و سرب می‌باشد.

نتیجه‌گیری

گیاهان دارویی برای اهداف مختلف توسط انسان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند و با توانایی تولید طیف گسترده‌ای از متابولیت‌های ثانویه حساس به تنش، ابزارهای ارزشمندی برای پایش زیستی محیط زیست به شمار می‌روند. این مقاله با بررسی پاسخ متابولیت‌های ثانویه مهم گیاهی مانند فنول‌ها، فلاونوئیدها، ترپنوئیدها و آلکالوئیدهای تولید شده از فرآیندهای بیوشیمیایی مختلف به تنش‌های محیطی نشان داد که سنتز برخی از محصولات طبیعی می‌تواند توسط عوامل غیرزیستی متنوع تغییر کند. پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان به آلودگی‌ها و تنش‌های مختلف، امکان استفاده از این گیاهان را در طراحی زیست‌حسگرها و ارزیابی سلامت اکوسیستم فراهم می‌سازد. در آینده، استفاده از تنش‌های محیطی می‌تواند راهی بالقوه و سودآور برای افزایش تجمع ترکیبات فعال زیستی، بهبود کیفیت و کاهش فشارهای برداشت بیش از حد گیاهان دارویی فراهم کند. با توجه به اهمیت حفاظت از محیط زیست از یک سو و و نیاز به روش‌های پایش کم‌هزینه و کارآمد از سوی دیگر، به نظر می‌رسد که استفاده از گیاهان دارویی، چشم‌اندازی روشن برای مدیریت پایدار منابع طبیعی و کاهش اثرات مخرب آلاینده‌ها فراهم می‌آورد.

منابع

Aghighi Shahverdi, M., Omidi, H. and Tabatabaei, S. J. (2019). Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) responses to NaCl stress: Growth, photosynthetic pigments, diterpene glycosides and ion content in root and shoot. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 18, 355 –360.

Ahmad, B., Jaleel, H., Sadiq, Y., Khan, M. M. A. and Shabbir, A. (2018). Response of exogenous salicylic acid on cadmium induced photosynthetic damage, antioxidant metabolism and essential oil production in peppermint. *Plant Growth Regulation*, 86, 273–286.

Bidgoli, R. D. (2018). Effect of drought stress on some morphological characteristics, quantity and quality of essential oil in rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Advances in Modern Plant and Applied Sciences*, 3(5), 40-45.

Biswas, T., Parveen, O., Pandey, V. P., Mathur, A. and Dwivedi, U. N. (2020). Heavy metal accumulation efficiency, growth and centelloside production in the medicinal herb *Centella asiatica* (L.) urban under different soil concentrations of cadmium and lead. *Industrial Crops and Products*, 157, 112948.

Laftouhi, A., Eloutassi, N., Ech-Chihbi, E., Rais, Z., Abdellaoui, A., Taleb, A., Beniken, M., Allah Nafidi, H., Salamatullah, A. M. Bourhia, M. and Taleb, M. (2023). The impact of environmental stress on the secondary metabolites and the chemical compositions of the essential oils from some medicinal plants used as food supplements. *Sustainability*, 15(10), 7842.

Liao, P., Shi, Y., Li, Z., Chen, Q., Xu, T. R., Cui, X., Guan, H., Guo, L. and Yang, Y. (2019). Impaired terpenoid backbone biosynthesis reduces saponin accumulation in *Panax notoginseng* under Cd stress. *Functional Plant Biology*, 46, 56–68.

Omprabha, S., Kaushal, Ch., Gawande, N. D., Barot, R., Bhatia, D. and Sankaranarayanan, S. (2024). Novel carbon nanoparticles (CNPs) from *Catharanthus roseus* petals for metal ion sensing and root growth modulation. *bioRxiv*, 585564.

Shakeri, A., Sahebkar, A. and Javadi, B. (2016). *Melissa officinalis* L. - a review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 21, 188-204.

Tarish, M., Ali, R. T., Shan, M., Amjad, Z., Rui, Q., Akher, S.A., and Al Mutery, A. (2024). Plant tissues as biomonitoring tools for environmental contaminants. *International Journal of Plant Biology*, 15(2), 375-396.

Victório, C. P., Leal-Costa, M. V., Tavares, E. S., Machado Kuster, R., and Salgueiro Lage, C. L. S. (2011). Effects of supplemental UV-A on the development, anatomy and metabolite production of *Phyllanthus tenellus* cultured in vitro. *Photochemistry and Photobiology*, 87(3), 685–689.

The effect of abiotic stresses on secondary metabolites of medicinal plants with an environmental monitoring approach

Parisa Benamolaei[1]*, Nader Farsad-Akhtar[2]
1. Department of Animal Biology, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2. Department of Plant, Cell and Molecular Biology, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: p.benamolaei@tabrizu.ac.ir

Abstract

In recent years, increasing attention has been directed toward the use of medicinal plants as bioindicators for monitoring environmental quality. Due to their extensive and diverse production of secondary metabolites, these plants exhibit measurable responses to biotic and abiotic stresses, which can be exploited for the identification, assessment, and monitoring of environmental pollutants. One of the key advantages of using plant-derived compounds in the design of biosensors lies in their adaptability to local conditions, cost-effectiveness, and the potential to develop non-invasive, rapid, and portable tools. This is particularly valuable in developing countries, where it can enhance access to environmental monitoring technologies. The findings of this review, based on an analysis of relevant articles in reputable scientific databases, revealed that abiotic stresses such as drought, salinity, air pollution, and heavy metals induce distinct alterations in the metabolic pathways of medicinal plants. These alterations can serve as reliable biological indicators for the development of plant-based biosensors and for environmental monitoring.

Keywords: Abiotic stresses, bioindicators, environmental pollutants, medicinal plants, secondary metabolites.

ارزیابی واکنش گیاه کاکوتی (*Ziziphora clinopodioides*) به آلودگی با نماتد *Meloidogyne javanica*

رسول جانی خلیفه قشلاقی*[1]، شلاله مصلحی[1]، سعید حضرتی[2]

۱- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: rasooljani1374@gmail.com

چکیده

کاکوتی یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی و معطر از تیره نعناعیان است. اسانس این گیاه دارای ترکیبات معطر بوده که مجموعه‌ای از خواص دارویی مهم به آن می‌بخشد. نماتدهای گره ریشه (*Meloidogyne* spp.) از مهم‌ترین بیمارگرهای گیاهی در جهان به شمار می‌روند و نقش کلیدی در کاهش عملکرد محصولات کشاورزی دارند. در بررسی حاضر، نشاءهای گیاه کاکوتی به گلدان‌های حاوی دو کیلوگرم بستر کشت مناسب منتقل شدند. جهت مایه‌زنی گیاهان، سوسپانسیون حاوی تخم و لارو نماتد تهیه شد. ده تکرار از گلدان‌ها با چهار تخم و لارو به ازای گرم خاک مایه‌زنی شده و ده گلدان دیگر به عنوان شاهد آبیاری شدند. گلدان‌ها پس از مایه‌زنی به مدت دو ماه در شرایط گلخانه‌ای نگهداری شده و سپس برداشت شدند. تعداد گره و کیسه تخم برای گیاهان مایه‌زنی شده شمارش شده و فاکتورهای رشدی شامل ارتفاع گیاه، طول ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه در هر تیمار مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در ریشه گیاهان کاکوتی مایه‌زنی شده با نماتد به طور واضح گره‌های ریز متعدد تشکیل شده بود. اما تعداد کیسه تخم نسبتا پایین بود. ریشه‌های نازک سالم در سیستم ریشه وجود داشت. ظاهر و فاکتورهای رشدی اندام‌های هوایی گیاهان آلوده به نماتد در مقایسه با شاهد تفاوت مشخصی بروز نداد. نتایج تجزیه آماری نشان داد که تنها در مورد وزن تر ریشه در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت آماری معنی‌دار بین تیمارهای مایه‌زنی شده با نماتد و گیاهان شاهد وجود داشت، به‌طوری که گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد وزن تر ریشه بیشتری داشتند. نتیجه بررسی حاضر نشان‌دهنده تحمل یا مقاوت نسبی این گونه گیاه دارویی به نماتد گره ریشه باشد.

واژه‌های کلیدی: فاکتورهای رشدی گیاه، گلخانه، گیاه دارویی، نماتد گره ریشه.

مقدمه

گیاه دارویی کاکوتی با نام علمی *Ziziphora clinopodioides* یکی از گیاهان معطر و دارویی مهم از تیره نعناعیان (Lamiaceae) است که در طب سنتی ایران کاربرد فراوانی دارد. در ایران، این گونه با نه زیرگونه شناخته‌شده در مناطق کوهستانی و نیمه‌خشک کشور می‌روید و یکی از گونه‌های بومی و پرکاربرد این تیره محسوب می‌شود. در طب سنتی ایران، کاکوتی به‌صورت عرق، دمنوش و ادویه برای درمان طیف وسیعی از مشکلات از جمله سوءهاضمه، التهاب، سرماخوردگی، برونشیت، بی‌خوابی، بیماری‌های قلبی، سردرد، اسهال، دیابت و آسم استفاده می‌شود (Razmjoue and Zarei 2015). نماتدهای گره ریشه (*Meloidogyne* spp.) از مهم‌ترین بیمارگرهای محصولات

کشاورزی در جهان به شمار می‌روند و نقش کلیدی در کاهش عملکرد محصولات زراعی، باغی و دارویی دارند. این نماتدها با نفوذ به ریشه گیاهان و ایجاد گال‌ها یا گره‌های مشخص، باعث اختلال در جذب آب و عناصر غذایی شده و در نتیجه آن کاهش رشد گیاه، زردی برگ‌ها، کوتاه‌قدی، پژمردگی و در موارد شدید، مرگ گیاه دیده می‌شود (Jones et al. 2013). تأثیر نماتدهای گره ریشه بر کاکوتی هنوز به‌طور کامل بررسی نشده است. از آنجا که کاکوتی به دلیل ترکیبات ثانویه خاص خود ممکن است مقاومت طبیعی نسبت به بیمارگرهای خاکزی مانند نماتدها داشته باشد، بررسی واکنش این گیاه به آلودگی با نماتد می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در زمینه تولید پایدار، کشت دارویی و مدیریت زیستی بیمارگرهای ریشه‌ای فراهم آورد. بررسی‌های انجام‌شده در ایران نشان می‌دهد که این نماتد می‌تواند به گیاهان دارویی نظیر آویشن(*Thymus vulgaris*)، بادرنجبویه(*Melissa officinalis*) و تعدادی از گیاهان دارویی دیگر حمله کرده و حتی تا ۳۰ درصد عملکرد این گیاهان را کاهش دهد. افزون بر کاهش عملکرد، آلودگی به نماتدهای گره ریشه ممکن است موجب تغییر در میزان و کیفیت متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی شده و اثربخشی دارویی آن‌ها را کاهش دهد (El-Mesalamy et al. 2020). از سوی دیگر، تعامل این نماتدها با پاتوژن‌های ثانویه مانند قارچ‌های خاکزی، سبب افزایش شدت بیماری، اثرات هم‌افزایی و شکستن مقاومت در گیاهان می‌شود. این برهم‌کنش‌ها که اغلب در خاک‌های آلوده رخ می‌دهد، کنترل بیماری را پیچیده‌تر کرده و می‌تواند منجر به افت شدید کیفیت و سلامت گیاه گردد (Bird et al. 2003). بنابراین درک بهتر رفتار، پراکنش و تأثیر نماتدهای گره ریشه به‌ویژه در گیاهان دارویی، نه‌تنها از منظر زیستی و زراعی اهمیت دارد، بلکه برای توسعه راهبردهای پایدار در مدیریت تلفیقی آفات نیز ضروری است.

مواد و روش‌ها

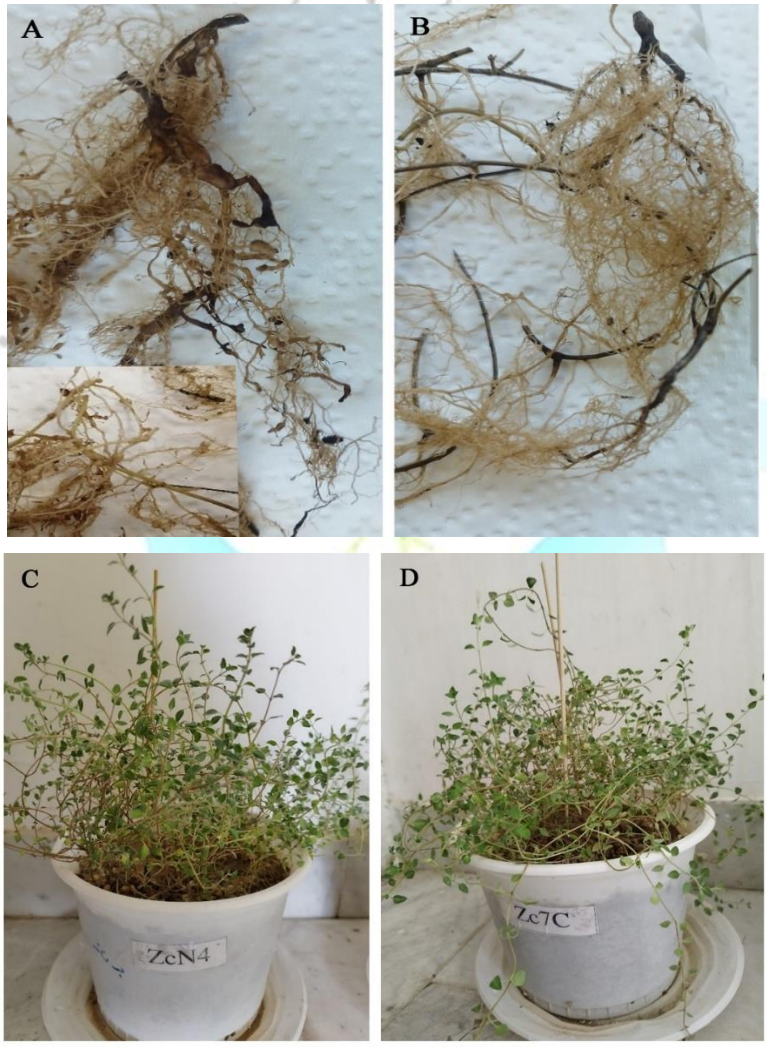
بذور کاکوتی از کلکسیون موجود در آزمایشگاه گیاهان دارویی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان تهیه شدند. پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم در سینی‌های نشاء حاوی پیت ماس کشت شدند و زمانی که به اندازه مناسب (۱۰-۸ سانتی‌متر) رسیدند به بیست گلدان حاوی بستر کشت استریل شامل خاک زراعی، ماسه و پرلیت به نسبت ۱:۲:۲ منتقل شدند و به صورت منظم آبیاری شدند. پس از آن‌که گیاهان به اندازه کافی رشد کردند آزمایش‌های مورد نظر روی آن‌ها انجام شد.

نماتد مورد استفاده در بررسی حاضر شامل گونه *Meloidogyne javanica* بود که از قبل در فضای فیتوترون و در ریشه گیاهان گوجه‌فرنگی حساس به نماتد (رقم Super Strain B) تکثیر شده بود. جهت مایه‌زنی گیاهان، سوسپانسیون حاوی چهار تخم و لارو نماتد به ازای گرم خاک از کیسه‌های تخم نماتد تهیه و به پای ریشه گیاهان در ده گلدان مایه‌زنی شد (Hussey and Barker 1973). ده گلدان دیگر نیز به‌عنوان شاهد بدون نماتد فقط آبیاری شدند. تیمارهای حاصل با چیدمان طرح کاملا تصادفی در شرایط گلخانه‌ای با دمای ۳± ۲۸ درجه سانتی‌گراد و دوره روشنایی به تاریکی ۸:۱۶ ساعت نگهداری شدند.

حدودا دو ماه پس از مایه‌زنی، صفاتی مانند تعداد گره و کیسه تخم برای گیاهان مایه‌زنی بررسی شد. در مورد تمام تکرارها فاکتورهای رشدی گیاه شامل ارتفاع گیاه، طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه و وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه در هر تیمار مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد. پس از آزمون بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، برای مقایسه دو به دوی میانگین صفات در تیمارهای مایه‌زنی شده و نشده با نماتد، از آزمون t مستقل (Independent Samples T-test) استفاده شد.

نتایج و بحث

دو ماه پس از مایه‌زنی، گیاهان برداشت و اندام‌های هوایی و ریشه مورد بررسی قرار گرفتند. در ریشه گیاهان کاکوتی مایه‌زنی شده با نماتد گره‌های ریز نماتدی تشکیل شده بود، در حالی که گیاهان شاهد ریشه‌های افشان طبیعی داشتند (شکل ۱). به طور میانگین، حدود ۳۵۲ گره و ۲۶ کیسه تخم در گرم ریشه شمارش شد که نمایان‌گر آلودگی بالایی است. چنان‌چه مشخص است نسبت کیسه تخم به گره بسیار پایین بود. از طرفی، به دلیل ریز و پراکنده بودن گره‌ها، ریشه‌های فرعی و سالم زیادی هم در سیستم ریشه وجود داشت. اندام هوایی گیاهان دارای نماتد و شاهد تفاوت ظاهری چندانی نشان ندادند. تا حدی روشن شدن رنگ سبز در برخی تکرارهای گیاهان دارای نماتد مشهود بود که می‌تواند در نتیجه اختلال در جذب آب و مواد غذایی در اثر کاهش ریشه‌های فرعی باشد. نتایج آزمون T نشان-دهنده این بود که از بین فاکتورهای مورد بررسی، تنها در مورد وزن تر ریشه،



شکل ۱. ریشه کاکوتی مایه‌زنی شده با نماتد با گره‌های ریز (A)، ریشه کاکوتی شاهد بدون نماتد (B). گلدان مایه‌زنی شده با نماتد (C)، گلدان شاهد بدون نماتد (D).

جدول ۱. مقایسه گیاهان کاکوتی مایه‌زنی شده با نماتد گره ریشه و شاهد

صفات مورد مطالعه	میانگین صفات		اختلاف میانگین	آماره t	خطای استاندارد
	گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد	شاهد			S.E.
طول گیاه (سانتی‌متر)	۴۰/۵۰	۳۷/۳۹	۱/۱۲	۰/^{ns}۲۹	۳/۸۰
وزن تر اندام هوایی (گرم)	۲/۸۳	۲/۶۳	۰/۱۹	۱/^{ns}۲۰	۰/۱۶
وزن خشک اندام هوایی (گرم)	۰/۷۵	۰/۷۰	۰/۰۵	۱/^{ns}۲۸	۰/۰۴
طول ریشه (سانتی‌متر)	۲۰/۲۵	۱۷/۶۲	۲/۶۲	۱/^{ns}۰۲	۲/۵۶
وزن تر ریشه (گرم)	۰/۷۳	۰/۵۵	۰/۱۷	۲/۱۵ *	۰/۰۸
وزن خشک ریشه (گرم)	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۰۲	۱/^{ns}۲۶	۰/۰۱

^{ns}، * به مفهوم غیرمعنی‌دار و معنی داری به ترتیب در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

بین تیمارهای مایه‌زنی شده با نماتد و گیاهان شاهد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد وجود داشت، به‌طوری که ریشه گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد وزن تر بیشتری داشتند (جدول ۱).

افزایش وزن تر ریشه در گیاهان مایه‌زنی شده ممکن است از یک طرف به دلیل وجود نماتدها و کیسه‌های تخم آن‌ها باشد. دلیل دیگر آن می‌تواند تحریک رشد ریشه و ایجاد پررشدی در اثر به هم خوردن توازن هورمونی گیاه و تجمع آب و مواد مغذی در پاسخ به آلودگی با نماتد باشد (Perry et al. 2009) که چنین افزایش وزنی طبیعتا ویژگی مثبتی به گیاه نمی‌دهد. عدم تفاوت معنی‌دار در سایر فاکتورها می‌تواند نشان‌دهنده مقاومت نسبی یا تحمل این گیاه به آلودگی به نماتد باشد. در مورد نماتدها گیاهی حساس به نماتد است که اجازه فعالیت و تولیدمثل طبیعی به نماتد بدهد. گیاه مقاوم به نماتد گیاهی است که حتی اگر اجازه نفوذ به نماتد را دهد، نماتد نمی‌تواند تغذیه، تولیدمثل و به‌طورکلی چرخه زندگی خود را تکمیل کند. گیاه متحمل به نماتد گیاهی است که با وجود آلوده شدن به نماتد و تولیدمثل و نغذیه نماتد، می‌تواند جمعیت معینی از نماتد را تحمل کرده و تغییر چندانی در میزان رشد و باردهی و فعالیت آن ایجاد نشود (ابن علی سامانی و همکاران، ۱۳۹۳).

تعداد کم کیسه‌های تخم با وجود تعداد بالای گره‌ها در ریشه، می‌تواند نشان‌دهنده نوعی از مکانیسم دفاعی برای این گیاه باشد که تولید مثل و باروری نماتد را محدود می‌کند (El-Mesalamy et al. 2020). البته این نکته را باید مدنظر داشت که زمان بررسی حاضر حدود دو ماه بود و در صورت تداوم آلودگی و نگهداری بیشتر گیاهان ممکن است تغییراتی در ریشه و اندام‌های هوایی در مقایسه دو گیاه شاهد و آلوده به نماتد قابل مشاهده باشد. هم‌چنین در صورت انجام آزمایش‌ها و بررسی‌های بیشتر ممکن است تغییراتی در ترکیبات معطر و دارویی گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد در مقایسه با گیاهان شاهد سالم قابل مشاهده باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

آلوده سازی کاکوتی با نماتد گره ریشه سبب ایجاد گره‌های زیاد با تعداد کیسه تخم کم گردید. با این حال ظاهر و فاکتورهای رشدی اندام‌های هوایی گیاهان آلوده به نماتد در مقایسه با شاهد تفاوت مشخصی نشان نداد. نتایج بررسی حاضر، نشان‌دهنده تحمل یا مقاومت نسبی کاکوتی به نماتد گره ریشه بود. اگرچه برخی فاکتورهای دیگر به ویژه ترکیبات دارویی گیاه نیز باید مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

ابن علی سامانی ف، اولیا م، فدایی تهرانی ع، جایمند ک. ۱۳۹۳. اثرات نماتد گره ریشه (*Meloidogyne javanica*) بر روی گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.). گیاهپزشکی (مجله علمی کشاورزی) ۳۷ (۱): ۲۳–۳۴.

Bird DM, Opperman CH, Davies KG. 2003. Interactions between bacteria and plant-parasitic nematodes: now and then. International Journal for Parasitology 33: 1269–1276.

El-Mesalamy AF, Mahmoud NA, Anany AE, Abdel-Hafeez AR. 2020. Evaluation of some medicinal and aromatic plants to root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* infection. Archives of Agriculture Sciences Journal 3: 51–57.

Hussey RS, Barker KR. 1973. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. Plant Disease Reporter 57: 1025–1028.

Jones JT, Haegeman A, Danchin EGJ, Gaur HS, Helder J, Jones MGK, Kikuchi T, Manzanilla-López R, Palomares-Rius JE, Wesemael WML. 2013. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. Molecular Plant Pathology 14: 946–961.

Perry R, Moens M, Starr JL. 2009. Root-knot nematodes. Pages 1–488 in. Typeset by SPi, Pondicherry, India. Printed and bound in the UK by the MPG Books Group.

Razmjoue D, Zarei Z. 2015. The review of ecological features effects (soil and height) on the essential oil chemical compounds of *Ziziphora clinopodioides* Lam. medicinal plant in Fars Province, Iran. J. Bio. & Env. Sci 2015: 391–406.

Evaluation on the response of *Ziziphora clinopodioides* to infection with the nematode *Meloidogyne javanica*

Rasoul Jani[1]*, Shalaleh Moslehi[1], Saeid Hazrati[2]
1. Plant Protection Department, Agriculture Faculty, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
*Corresponding Author:rasooljani1374@gmail.com

Abstract

Ziziphora clinopodioides is one of the important aromatic and medicinal plants of the Lamiaceae Family. This plant has aromatic essential oils and active phytochemical compounds that give it a set of important medicinal properties. Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) are considered to be one of the most important plant pathogens in the world and play a key role in reducing the yield of agricultural crops. In the present study, seedlings of *Z. clinopodioides* were transferred to twenty pots containing two kilograms of suitable growing medium. A suspension containing nematode eggs and larvae was prepared to inoculate the plants. Ten replicates of pots were inoculated with four eggs and larvae per gram of soil and ten others were irrigated as controls. The pots were kept in greenhouse conditions for two months and then harvested. The number of knots and egg-masses was counted for the inoculated plants and growth parameters including plant height, root length, fresh and dry weight of shoots and roots were measured in each treatment. Results Showed that numerous nematode knots were formed in the roots of nematode-inoculated plants. However, the number of egg-mass was relatively low. There were also healthy roots in the root system. The appearance and growth factors of the shoots of nematode-infected plants did not show any significant difference compared to the control. The results of statistical analysis showed that only in the case of root fresh weight there was a significant difference at the 5% probability level between the nematode-inoculated treatments and the control, so that the nematode-inoculated plants had a higher root fresh weight. The results of the present study indicate the tolerance or relative resistance of this plant species to root-knot nematode.

Keywords: Greenhouse, Medicinal Plant, Plant growth parameters, Root-knot nematode.

استخراج، شناسائی وبررسی ترکیبات موثره موجود در گیاه سماق درجهت تهیه نانوذرات فلزی

عبدالرضا ابری*[۱]، سمیه اشعری[۱]، کیانا ابری[۱]
۱-گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، شهرتبریز، ایران
*نویسنده مسئول: ar.abri@azaruniv.ac.ir

چکیده

این پژوهش با هدف استخراج و شناسایی ترکیبات موثره گیاه سماق (گونه‌های ایرانی و عراقی) و استفاده از آن‌ها در سنتز سبز نانوذرات نقره انجام شد. برای این منظور، عصاره‌های آبی، متانولی و آبی-متانولی میوه سماق با روش‌های خیساندن و سوکسیله استخراج و ترکیبات آن‌ها توسط طیف‌سنجی جرمی(GC-MS)، که معمولاً برای ترکیبات غیرفرار مناسب‌تر است تحلیل شد. نتایج نشان داد که پوسته میوه سماق حاوی مقادیر ناچیز ترکیبات فرار اسانس است. در ادامه، از عصاره‌های به‌دست‌آمده به‌عنوان عامل کاهنده طبیعی برای سنتز نانوذرات نقره استفاده شد. مشخصه‌یابی نانوذرات سنتز شده با روش‌های میکروسکوپ الکترونی عبوری (SEM)، طیف‌سنجی مرئی-فرابنفش (UV-Vis)، آنالیز پراش پرتو ایکس (EDAX) و طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) تأیید کرد که نانوذرات با اندازه و ترکیب اتمی مطلوب تشکیل شده‌اند. مهم‌ترین دستاورد این تحقیق، جایگزینی مواد شیمیایی خطرناک با عصاره گیاهی بی‌خطر در سنتز نانوذرات و ارائه روشی سازگار با محیط‌زیست بود. این مطالعه گامی مؤثر در توسعه فناوری نانو با استفاده از منابع طبیعی محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات موثره، سنتز سبز، سماق، طیف‌سنجی، نانوذرات نقره

مقدمه

سماق (*Rhus coriaria* L.) از خانواده *Anacardiaceae*، درختچه‌ای مقاوم به خشکی است که بومی مناطق مدیترانه‌ای و خاورمیانه از جمله ایران می‌باشد. این گیاه دارای برگ‌های مرکب، گل‌های خوشه‌ای زرد-سبز و میوه‌های خوشه‌ای قرمز-قهوه‌ای است که به صورت پودر به عنوان ادویه و در طب سنتی کاربرد دارد (شکل ۱). مهم‌ترین ترکیبات موثره سماق شامل تانن‌ها (به ویژه گالوتانین‌ها)، فلاونوئیدها، اسیدهای فنولی و آنتوسیانین‌هاست که مسئول خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدمیکروبی آن هستند. پوسته میوه سماق به دلیل غنای ترکیبات فنولی، در صنایع غذایی، دارویی استفاده فراوان دارد. سماق از دیرباز در طب سنتی به عنوان ضدالتهاب، ضدمیکروب و کمک‌کننده به هضم مورد استفاده قرار گرفته است. در صنایع غذایی، پودر میوه سماق به دلیل طعم ترش و قابض، به عنوان چاشنی در غذاهایی مانند کباب و سالاد کاربرد دارد. مطالعات جدید نیز نشان می‌دهد که ترکیبات فعال سماق، به ویژه تانن‌ها و فلاونوئیدها، دارای پتانسیل آنتی‌اکسیدانی قوی هستند که می‌توانند در پیشگیری از بیماری‌های مرتبط با استرس اکسیداتیو مؤثر باشند. همچنین، اخیراً از عصاره سماق در فناوری نانو به عنوان عامل کاهنده طبیعی برای سنتز نانوذرات فلزی استفاده می‌شود که نشان‌دهنده اهمیت این گیاه در حوزه‌های نوین علمی است (Huda, and Abid, 2022).

شکل ۱. درختچه، میوه و برگ سماق

سنتز سبز نانوذرات فلزی به ویژه نانوذرات نقره با استفاده از عصاره‌های گیاهی در سال‌های اخیر توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. این روش به عنوان جایگزینی ایمن، اقتصادی و سازگار با محیط‌زیست برای روش‌های شیمیایی مرسوم محسوب می‌شود. در این میان، گیاه سماق (*Rhus coriaria L.*) با دارا بودن ترکیبات فنولی غنی مانند گالیک اسید، تانن‌ها و فلاونوئیدها، پتانسیل بالایی به عنوان عامل کاهنده و تثبیت‌کننده در سنتز نانوذرات نقره دارد. میوه این گیاه که به صورت گسترده در طب سنتی و صنایع غذایی استفاده می‌شود، منبعی ارزشمند از ترکیبات فعال زیستی محسوب می‌شود که می‌توانند در فرآیند سنتز نانوذرات نقش کاتالیزوری ایفا کنند (Gur, 2022).

مطالعات متعددی در زمینه سنتز سبز نانوذرات فلزی با استفاده از عصاره گیاهان مختلف انجام شده است. به عنوان مثال، عصاره برگ گیاه اکالیپتوس (*Eucalyptus globulus*) برای سنتز نانوذرات نقره با اندازه ۲۰-۵۰ نانومتر مورد استفاده قرار گرفته است (Awwad, et al., 2020) همچنین، عصاره چای سبز (*Camellia sinensis*) به دلیل دارا بودن کاتچین‌ها، توانسته نانوذرات نقره با خواص ضدباکتریایی قوی تولید کند (Pantidos, and Elizabeth Horsfall, 2014) در مورد گیاه سماق، اگرچه برخی تحقیقات خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی آن را بررسی کرده‌اند (Alsamri, et al., 2021) اما مطالعات محدودی در زمینه استفاده از عصاره میوه سماق برای سنتز نانوذرات نقره انجام شده است Zargham و همکاران (Zargham, et al., 2022) نشان دادند که عصاره سماق می‌تواند به عنوان یک عامل کاهنده موثر در سنتز نانوذرات نقره عمل کند، اما بهینه‌سازی شرایط سنتز و بررسی دقیق مکانیسم واکنش نیاز به تحقیقات بیشتری دارد.

هدف اصلی این مطالعه، بررسی پتانسیل عصاره میوه سماق در سنتز سبز نانوذرات نقره، بهینه‌سازی شرایط سنتز، شامل غلظت عصاره، pH، دما و زمان واکنش و تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نانوذرات تولید شده است. همچنین، بررسی مکانیسم احتمالی تشکیل نانوذرات و نقش ترکیبات فعال موجود در عصاره سماق در این فرآیند از اهداف مهم این پژوهش محسوب می‌شود. نتایج این مطالعه می‌تواند راهگشای توسعه روش‌های سبز و پایدار برای تولید نانوذرات فلزی با کاربردهای بالقوه در حوزه‌های پزشکی و صنعتی باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف استخراج و شناسایی ترکیبات موثره گیاه سماق از دو منطقه ایران (روستای خلیفان، آذربایجان غربی) و عراق (روستای شیتن، کردستان) برای سنتز نانوذرات فلزی انجام شد. نمونه‌های میوه سماق در مهر

ماه جمع‌آوری و پس از خشک‌کردن در شرایط آزمایشگاهی، پوسته میوه جدا و به پودر تبدیل گردید. پودرهای تهیه‌شده برای مراحل بعدی عصاره‌گیری و سنتز نانوذرات نقره آماده گردیدند.

روش استخراج عمومی جهت عصاره گیری متانولی، آبی و آبی – متانولی از پوسته سماق عراقی

برای استخراج ترکیبات موثره، از روش خیساندن از حلال‌های متانول، آب و مخلوط متانول و آب با نسبت یک به یک استفاده شد. در هر ۳ روش ابتدا ۴۰ گرم از پوسته میوه خشک شده سماق ایرانی و یا عراقی را با ۴۰۰ میلی‌لیتر حلال مورد نظر، در ظرف شیشه‌ای مخلوط شدند. مخلوط حاصل به مدت ۴ روز بر روی همزن مغناطیسی در دمای محیط و دور از نور مستقیم قرار گرفت. جهت جلوگیری از تبخیر حلال، دهانه ظرف با پارافیلم پوشانده شد .در ادامه، مخلوط حاصل با استفاده از قیف بوخنر صاف و حلال‌های مربوطه با استفاده از دستگاه روتاری تحت دمای معین و تحت فشار کاهش‌یافته حذف گردید. عصاره‌های غلیظ شده به پیلیت شیشه‌ای منتقل و به مدت ۱۲ ساعت در آون با دمای ۴۵°C قرار گرفتند تا کاملاً خشک شوند. در نهایت، عصاره‌های خشک شده در ظروف درب‌دار شیشه‌ای و در دمای ۴°C نگهداری شدند تا برای آنالیزهای بعدی مورد استفاده قرار گیرند.

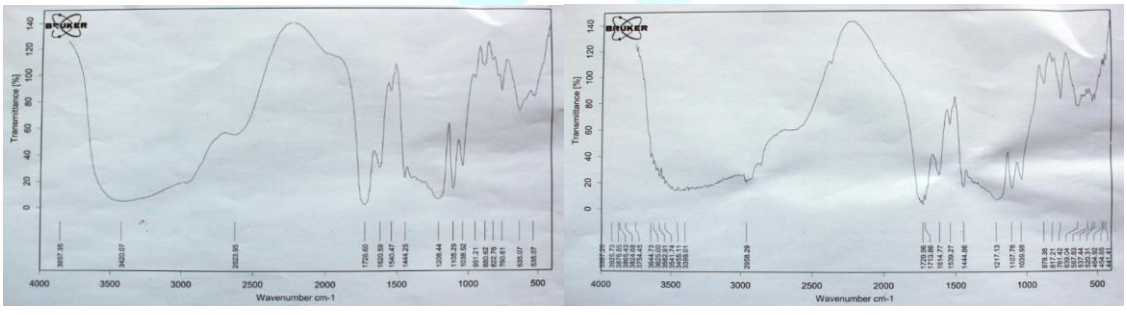
سنتزنانوذرات نقره بااستفاده ازعصاره‌های بدست آمده

ابتدا ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول ۰/۱ مولار نیترات نقره با ۰/۲۵ میلی‌لیتر از عصاره سماق مخلوط شد. سپس حجم محلول با آب مقطر به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. تشکیل نانوذرات نقره در حین همزدن محلول در دمای محیط با استفاده از همزن مغناطیسی با سرعت ۱۵۰ دور بر دقیقه انجام گرفت. پس از ۱ ساعت همزدن، ۲ میلی‌لیتر از نمونه برداشته شده و طیف جذب UV-Vis آن در محدوده طول موج ۳۰۰-۸۰۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Tuğba Gur 2022).

نتایج و بحث

نتایج طیف‌سنجی FT-IR عصاره‌های متانولی سماق ایرانی و عراقی

بررسی طیف‌های FT-IR هر دو نمونه نشان داد که ترکیبات اصلی موجود در عصاره‌های متانولی سماق ایرانی و عراقی از نظر کیفی مشابه هستند و تفاوت محسوسی در الگوی طیفی آنها مشاهده نمی‌شود (شکل۲).



شکل ۲. طیف FT-IR نمونه‌های عراقی و ایرانی به ترتیب از سمت راست

در هر دو نمونه، پیک گسترده در محدوده ۳۲۰۰-۳۵۰۰ cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی گروه هیدروکسیل (O-H) ترکیبات فنولی، پیک در حدود ۱۷۰۰ cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی گروه کربونیل (C=O)، پیک در محدوده

cm^{-1} ۳۰۰۰-۲۸۰۰ مربوط به ارتعاش کششی C-H و پیک‌های cm^{-1} ۱۶۰۰-۱۵۰۰ مربوط به ارتعاشات حلقه‌های آروماتیک (C=C) مشاهده شد. این شباهت‌های ساختاری حاکی از ترکیبات فنولی مشابه در هر دو نمونه بوده و نشان می‌دهد که منشاء جغرافیایی مختلف تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر ترکیبات اصلی موجود در عصاره‌های متانولی این دو گونه سماق نداشته است.

نتایج طیف جرمی نمونه‌های سماق ایرانی و عراقی

نتایج طیف جرمی نمونه‌های سماق ایرانی و عراقی در جداول زیر آمده است. همچنانکه مشاهده می‌شود ترکیبات متفاوتی توسط دستگاه برای دو نمونه بدست آمد.

جدول ۱. ترکیبات شناسایی شده در عصاره سماق ایرانی با استفاده از طیف‌سنجی جرمی

شماره	فرگمان‌های اصلی (m/z)	ترکیب شناسایی شده
۱	۴۴۶, ۴۱۴, ۳۸۶, ۳۵۴	5α-Cholestan-19-oic acid, 2β-methoxy
۲	۴۴۶, ۳۵۲, ۲۶۰, ۲۲۳	Benzene, 1,3-bis(3-phenoxyphenoxy)
۳	۱۶۳, ۱۳۱, ۱۰۳, ۷۱	3-Acetoxy-3-hydroxypropionic acid, methyl ester
۴	۱۲۷, ۱۰۳, ۷۱, ۴۳	2-Propoxy-succinic acid
۵	۱۳۱, ۱۰۳, ۷۱, ۴۳	Butanedioic acid, hydroxy-, dimethyl ester
۶	۲۵۶, ۲۱۳, ۱۸۵, ۱۵۷	n-Hexadecanoic acid (Palmitic acid)
۷	۲۵۶, ۲۱۳, ۱۸۵, ۱۵۷	Heptadecanoic acid
۸	۲۶۴, ۲۲۲, ۱۸۰, ۱۳۷	9-Octadecenoic acid (Z) (Oleic acid)
۹	۲۸۴, ۲۴۱, ۲۱۳, ۱۸۵	Octadecanoic acid (Stearic acid)
۱۰	۲۸۰, ۲۵۲, ۲۲۳, ۱۹۷	11-Dodecen-1-ol trifluoroacetate
۱۱	۲۹۴, ۲۶۲, ۱۷۸, ۱۴۹	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)
۱۲	۲۵۲, ۲۲۷, ۱۹۴, ۱۶۸	11-Tetradecyn-1-ol acetate
۱۳	۳۲۲, ۲۷۹, ۲۳۷, ۲۰۹	9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester, (E,E)-

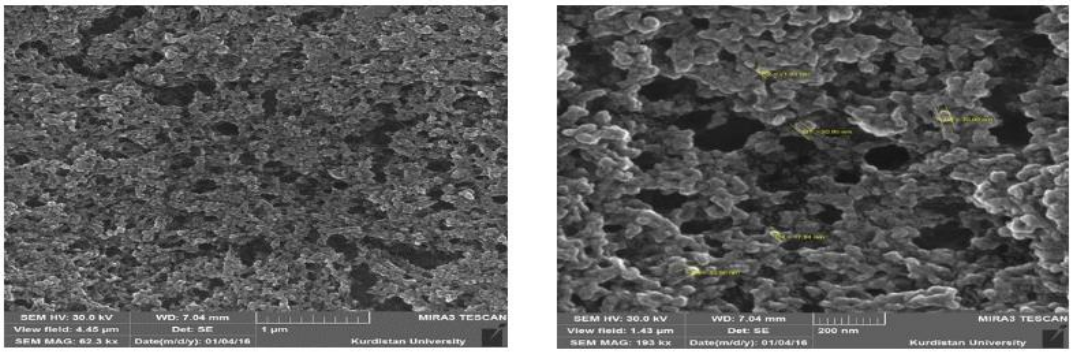
جدول ۲. ترکیبات شناسایی شده در عصاره سماق عراقی با استفاده از طیف‌سنجی جرمی

شماره	فرگمان‌های اصلی(m/z)	ترکیب شناسایی شده
۱	۱۳۲,۱۰۳ ,۷۱ ,۴۲	Butanedioic acid
۲	۱۲۵,۱۰۳ ,۷۱ ,۴۳	Octanoic acid
۳	۱۶۳,۱۳۱ ,۱۰۳ ,۷۱	3-Acetoxy-3-hydroxypropionic acid
۴	۱۲۷,۱۰۳ ,۷۱ ,۴۳	2-Propoxy-succinic acid
۵	۱۹۱,۱۶۱ ,۱۳۳ ,۸۹	3-(4-Nitrophenyl)propiolic acid

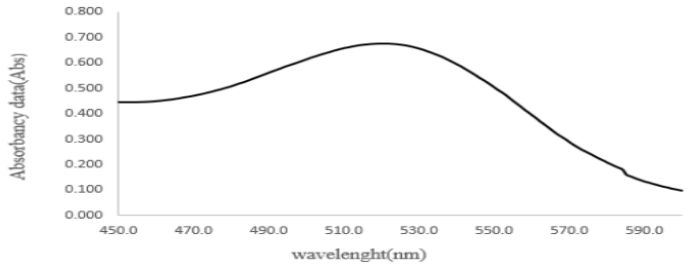
بررسی نانوذرات نقره سنتز شده

نانوذرات تولید شده با استفاده از روش‌های مختلف آنالیز شامل طیف‌سنجی UV-Vis، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، آنالیز EDAX و طیف‌سنجی مادون قرمز (FT-IR) مورد ارزیابی قرار گرفتند. ابتدا با استفاده از

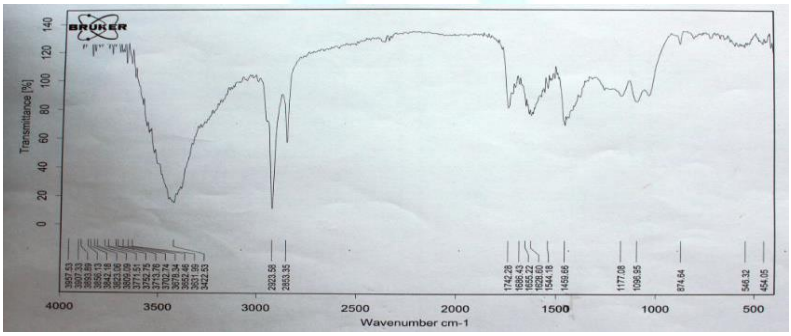
طیف‌سنجی UV-Vis تشکیل نانوذرات تأیید شد که با مشاهده پیک پلاسمون سطحی در محدوده ۴۰۰ تا ۴۵۰ نانومتر همراه بود. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) اطلاعاتی در مورد مورفولوژی، توزیع اندازه و شکل نانوذرات ارائه داد. آنالیز EDAX برای تعیین درصد عناصر موجود در نمونه و تأیید حضور نقره انجام شد. همچنین طیف‌سنجی FT-IR به شناسایی گروه‌های عاملی و پیوندهای موجود در سطح نانوذرات پرداخت که اطلاعات ارزشمندی درباره مکانیسم تثبیت و پایداری نانوذرات ارائه نمود. این آنالیزها به ویژه در شناسایی گروه‌های هیدروکسیل و سایر پیوندهای کششی و خمشی مؤثر بودند(اشکال ۳ تا ۶).



شکل۳. تصاویرSEM نانو ذرات سنتز شده

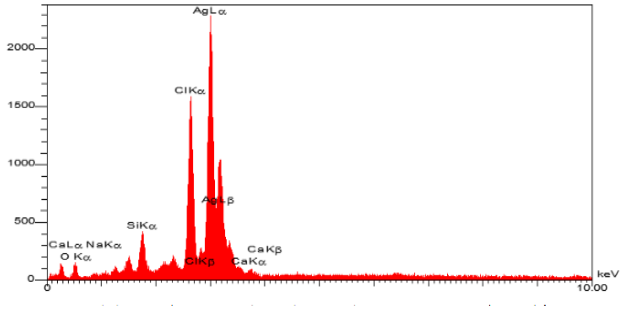


شکل۴. تصاویرUV-Visble نانو ذرات سنتز شده



شکل۵. تصاویرFT-IR نانو ذرات سنتز شده

Elemnt	weight	Atomic (%)
O	3.95	16.38
Na	0.13	0.39
Si	2.45	5.79
Cl	15.88	29.72
Ca	0.00	0.00
Ag	77.59	47.72



شکل۶. تصاویرEDAX نانو ذرات سنتز شده

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که نوع خاک و منطقه رویش تأثیر قابل‌توجهی بر ترکیبات موثره، طعم و رنگ گیاه سماق دارد. مقایسه دو نمونه سماق ایرانی و عراقی تفاوت‌هایی در ترکیبات طبیعی آنها را آشکار ساخت. با این وجود، هنگامی که از این عصاره‌ها در سنتز نانوذرات نقره استفاده شد، اندازه نانوذرات تشکیل‌شده در هر دو نمونه تقریباً مشابه بود. تصاویر SEM، UV-Visible و EDAX نیز برای هر دو نمونه سماق ایرانی و عراقی تفاوت قابل ملاحظه‌ای از خود نشان ندادند. نتایج یافته‌ها حاکی از آن است که اگرچه ترکیبات شیمیایی عصاره‌ها متفاوت است، ولی هر دو نمونه دارای پتانسیل یکسانی در سنتز نانوذرات نقره با ابعاد تقریباً یکسان می‌باشند

منابع

Huda S., Abid Al-Hayanni. (2022). Antibacterial and anti-biofilm effects of Sumac (Rhus coriaria L) fruits extracts against some multidrug-resistant pathogenic bacteria *Journal of the Faculty of Medicine Baghdad*, 64(3), 183-188.

Tuğba Gur (2022). Green synthesis, characterizations of silver nanoparticles using sumac (Rhus coriaria L.) plant extract and their antimicrobial and DNA damage protective effects. *Frontiers in chemistry*, 10.3389, 1-9.

Awwad, A., Salem, N. and Abdeen, A. (2013). Green synthesis of silver nanoparticles using carob leaf extract and its antibacterial activity. *International Journal of Industrial Chemistry*, 221-226.

Pantidos, N., Elizabeth Horsfall, L. (2014). Biological Synthesis of Metallic Nanoparticles by Bacteria, Fungi and Plants. *journal of Nanomedicine & Nanotechnology*, 5(5), 1-10.

Alsamri, H., Athamneh, K., Pintus, G., Eid, A. and Iratni, R. (2021). Pharmacological and antioxidant activities of Rhus coriaria L. (Sumac). *Antioxidants*, 10, 73, 1-27.

Zargham, H. and Zargham, R. (2008). Tannin extracted from Sumac inhibits vascular smooth muscle cell migration. *McGill Journal of Medicine*, 1(2): 119-123.

Extraction, Identification, and Analysis of Bioactive Compounds in Sumac *(Rhus coriaria L.)* for the Synthesis of Metallic Nanoparticles

Abdolreza Abri[1]*, Somayeh Ash'ari [1], Kiana Abri[1]
1. Chemistry Department, Faculty of Science, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, IRAN
*Corresponding Author: ar.abri@azaruniv.ac.ir

Abstract

This study aimed to extract and identify bioactive compounds from sumac (Rhus coriaria L.) of Iranian and Iraqi varieties for green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs). Aqueous, methanolic, and aqueous-methanolic extracts were prepared from sumac fruits using maceration and Soxhlet extraction methods, with subsequent phytochemical characterization by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Analytical results confirmed the absence of significant volatile compounds or essential oils in sumac fruit husks. The plant extracts served as natural reducing agents for AgNP synthesis. The biosynthesized nanoparticles were characterized using scanning electron microscopy (SEM), UV-visible spectroscopy (UV-Vis), energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDAX), and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), which confirmed the formation of nanoparticles with optimal size distribution and elemental composition. The key achievement of this research was the successful replacement of hazardous chemical reductants with eco-friendly plant extracts, establishing a sustainable nanotechnology approach. This work demonstrates significant progress in developing green nanotechnology utilizing natural resources.

Keywords: Bioactive compounds, Green synthesis, Sumac (Rhus coriaria), Spectroscopy, Silver nanoparticles

استخراج و شناسایی روتین از برگ گیاه اقاقیا، تثبیت آن روی بستر نانو مواد و مطالعه بیولوژیکی آن

عبدالرضا ابری*[۱]، فرزانه چوپانی[۱]
۱- گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، شهرتبریز، ایران
*نویسنده مسئول: ar.abri@azaruniv.ac.ir

چکیده

اقاقیا (*Robinia pseudoacacia* L.) یکی از بادوام‌ترین گونه‌های چوبی است که دوام آن به ترکیبات استخراجی آن نسبت داده می‌شود. در این پژوهش، عصاره‌های برگ اقاقیای جمع‌آوری‌شده از آذرشهر (آذربایجان شرقی) به دو روش خشک‌کردن (سایه و آفتاب) و استخراج (خیساندن و اولتراسونیک) تهیه شدند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنولی کل عصاره‌ها با روش‌های DPPH و فولین-سیوکالتیو ارزیابی شد. بیشترین مقدار ترکیبات فنولی در عصاره متانولی-آبی گیاه خشک‌شده در آفتاب با روش اولتراسونیک مشاهده شد. همچنین، بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به عصاره متانولی خشک شده در آفتاب بود. بیشترین میزان روتین در عصاره سایه‌خشک با روش خیساندن استخراج شد. در ادامه، روتین بر روی پلیمر کیتوسان بارگذاری و اثر ضدمیکروبی آن علیه قارچ *Botrytis Cinerea* بررسی شد. نتایج نشان داد در غلظت‌های ۴۰۰ و ۵۰۰ ppm، رشد قارچ به حداقل می‌رسد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که روش خشک‌کردن و استخراج بر خواص بیولوژیکی عصاره اقاقیا تأثیر معناداری دارد و کاربرد آن در کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی امیدبخش است.

واژه‌های کلیدی : اقاقیا، روتین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کیتوسان، *Botrytis Cinerea*

مقدمه

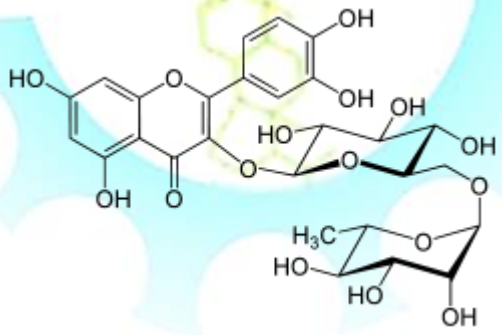
اقاقیا با نام علمی *Robinia pseudoacacia* L متعلق به خانواده بقولات *Fabaceae* است که در سال ۱۶۰۱ توسط Jean Robin معرفی شد. این درخت رشد سریعی دارد و به همین دلیل در مناطق وسیعی گسترش پیدا کرده است همچنین اقاقیا منبع نیتروژن خاک را افزایش می‌دهد و به حاصلخیزی آن کمک می‌کند. درختی زینتی با گل‌های زیبا، خاردار به ارتفاع ۶ تا۲۰مترکه ساقه‌ای پوشیده از پوست خاکستری رنگ با شکاف‌های عمیق دارد برگ‌های آن در بهار به رنگ سبز روشن زیبایی در می‌آید. گل‌های آن از۴ تا۶ سالگی ظاهر می‌شوند و معمولا هر ساله در اردیبهشت ماه بیرون می‌آیند گل‌های اقاقیا سفید رنگ، معطر، مجتمع و به صورت خوشه‌ای به طول ۲۰ تا۳۰سانتی‌متر به حالت آویخته هستند منطقه اصلی انتشا ر اقاقیا آمریکای شمالی است ولی امروزه در نواحی مختلف اروپا، آسیای معتدله و ایران گسترش یافته است و حتی درایران بومی شده و در اکثر مناطق می‌روید (شکل۱).

پلی‌فنل‌هایی که در برگ و گل‌های این گیاه قرار دارند خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی دارند (tajner et al., 2011) گزارش کردند که استرس شوری بر، روی این گیاه سبب افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن می‌شود. این گیاهان خودشان مکانسیم آنتی‌اکسیدانی قوی دارند که سبب می‌شود بتوانند در برابر انواع استرس‌های محیطی ازخود دفاع

کنند. دریک مطالعه توسط (Smailagic and Velijovic 2019) میزان کل فنول‌های ۱۱گونه ازدرختان به همراه ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها بررسی شد که دراین بین اقاقیا رتبه سوم را داشت.

شکل ۱. گیاه اقاقیا

روتین یک ترکیب زیست فعال بیولوژیکی است به عنوان ویتامین P هم شناخته شده که به تنهایی یا درترکیب با سایرفرمولاسیون درکاهش شکنندگی مویرگ‌ها موثراست نام‌های تجاری این ترکیب تاسکوونول ، پنتاونول ، رکسی لوون، وینوروتون و .. می‌باشد. از جمله خواص روتین می‌توان به کاهش شکنندگی مویرگ‌ها،کاهش کبودی وتورم، درمان نارسایی وریدی، مهارآنزیم فسفولیپاز و سوپراکسیداز، مانع تجمع وترشح پلاکت‌ها، ضد درد، ضد تومور، به عنوان پایدارکننده و نگهدارنده طبیعی درلوازم آرایشی برای مقاصد مختلف کاربرد دارد (شکل ۲)(Salehpour and Abri, 2022).



شکل ۲. ساختار روتین(Salehpour and Abri, 2022)

نانوذرات کیتوسان، با توجه به اندازه کوچک و نسبت سطح به حجم بزرگی که دارند خواص فیزیکی-شیمیایی، ضدباکتری و زیستی بهتری نسبت به حالت توده متناظر را دارند نانوکامپوزیت‌های بر پایه کیتوسان به عنوان حامل دارورسانی بسیار مورد توجه قرار گرفته اند زیرا خواص مناسب بهتری نسبت به پلیمر خالص ارائه می‌دهند (Salehpour and Abri 2022).

Que و همکاران در سال ۲۰۰۸ اظهار داشتند که افزایش در دمای خشک کردن تأثیر مهمی بر میزان ترکیب‌های فنولی دارد بنابر نظر آنها تشکیل ترکیب‌های فنولی در دمای بالا (۳۹درجه سانتی‌گراد) ممکن است به دلیل در دسترس بودن پیش سازهای ترکیب‌های فنولی همراه با تبادلات غیر آنزیمی بین این مولکول‌ها باشد. افزایش

در فعالیت آنتی‌اکسیدانی به دنبال تیمار دمایی، به آزاد شدن پیوند ترکیب‌های فنولی به وسیله از هم پاشیدگی اجزای سلولی و تشکیل ترکیب‌های جدید با خواص آنتی‌اکسیدانی بالا نسبت داده می‌شود. اثر روش‌های مختلف خشک کردن ازجمله خشک کردن باآفتاب، هوای داغ، فریزکردن وخشک کرن با مایکروویو بر، روی خواص آنتی‌اکسیدانی و مقدارکل ترکیبات فنولی گل‌های اقاقیا توسط Hong-fang Ji و همکاران درسال۲۰۱۲ بررسی شد نتایج نشان داد که بین خواص آنتی‌اکسیدانی وکل فنل‌های استخراجی ازگل‌های این گیاه و روش خشک کردن ارتباطی وجود دارد.

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن (سایه و آفتاب) و استخراج (خیساندن و اولتراسونیک) بر محتوای ترکیبات فنولی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و روتین عصاره‌های برگ *Robinia pseudoacacia* L. و همچنین ارزیابی اثرات ضدقارچی روتین بارگذاری شده بر نانوحامل کیتوسان علیه *Botrytis cinerea* انجام شد. نتایج این پژوهش می‌تواند به بهینه‌سازی روش‌های استخراج ترکیبات موثره این گیاه و توسعه کاربردهای آن در صنایع دارویی و کشاورزی کمک کند.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های گیاهی ازمنطقه آذرشهر-تبریزجمع اوری شد سپس در دو محیط متفاوت سایه و آفتاب خشک شدند گیاه توسط هاون چینی خرد شد و برای عصاره گیری آماده شد همچنین ۱۰گرم ازگیاه خشک شده توسط حلال‌های ۱۰۰میلی‌لیتر متانول و یا۵۰/۵۰ میلی لیتر متانول-آب به روش خیساندن و اولتراسونیک انجام گرفت. در ادامه سنجش محتوی کل ترکیبات فنولی، اندازه‌گیری خاصیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها، تهیه نانوذره روتین –کیتوسان مطابق روش‌های معمول انجام شد(Salehpour and Abri 2022).

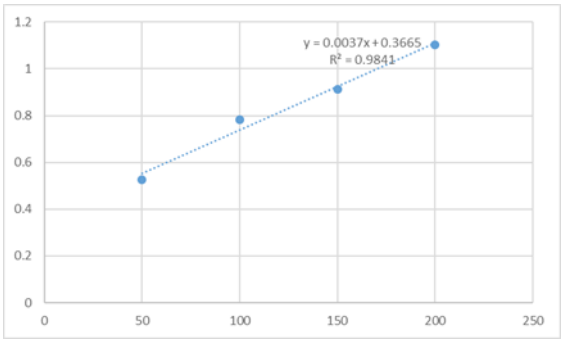
برای بررسی اثرضد قارچی کمپلکس روتین-کیتوسان محیط کشت PDA را آماده کردیم و قارچ *Botrytic cenera* را درآن کشت کردیم بعد ازگذشت چند روز قارچ درمحیط کشت اسپورزایی کرد و به حد کافی رشد کرده وآماده تلقیح در روی محیط کشت‌هایی حاوی کیتوسان/ روتین می‌باشد بدین ترتیب ابتدا یک حلقه میسیلیومی ازحاشیه کشت جدایه قارچی مورد نظردرمرکزهرطرف پتری حاوی PDA قرارداده شد.

نتایج و بحث

هدف اصلی این فرآیند، متوقف کردن فعالیتهای آنزیمی، میکروارگانیسم‌ها و مخمرها به منظور افزایش مدت انبارداری می‌باشد. روش خشک کردن بر میزان و نوع رطوبت موجود در اندامهای گیاهی بستگی دارد. خشک کردن طبیعی با استفاده از جریان هوای گرم به دلیل کاهش هزینه‌ها، یکی از مهمترین روش‌های مورد استفاده در خشک کردن گیاهان محسوب می‌شود. بازده استخراج با امواج اولتراسونیک تابعی ازضریب توزیع حلال می‌باشد ازطرف دیگرشتشو وصاف کردن بعد از استخراج نسبت به زمان کل فرایند طولانی بوده واحتمال اتلاف عصاره وجود دارد اندازه ذرات هم یک فاکتورمهم درکاربرد امواج فراصوت می‌باشد. باتوجه به بازده عصاره‌ها می‌توان نتیجه گرفت که درحلال متانول نسبت به آب ترکیبات بیشتری استخراج شده اند.

برای اندازه‌گیری ماده موثره فنول از روش Folin-Ciocalteu استفاده شد دستگاه اسپکتروفوتومتر میزان ترکیبات فنولی را به روش رنگ سنجی با استفاده از اسیدگالیک به عنوان استاندارد، اندازه‌گیری می‌کند تبدیل داده‌های حاصل از جذب به میزان ترکیبات فنولی از طریق رسم منحنی استاندارد گالیک اسیدانجام شد و داده‌ها از طریق برون یابی به صورت میکروگرم فنول در گرم وزن خشک بدست آمدکه نمودارکالیبراسیون با استاندارد گالیک اسید دارای معادله خط

Y=0.0037X+ .0.36665وضریب همبستگی R2= 0.9841 می‌باشد (شکل ۳).



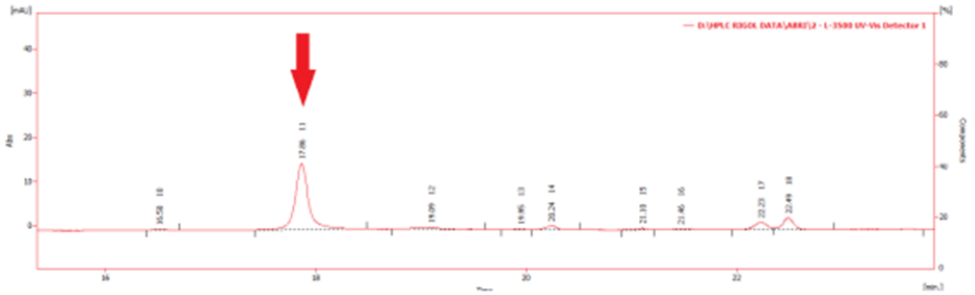
شکل۳. نمودارکالیبراسیون گالیک اسید

با توجه به اعداد حاصل ازجذب عصاره‌ها توسط دستگاه اسپکتروفوتومترuv وجایگذاری آنها درمعادله استاندارد گالیک اسید نتایج نشان می‌دهد عصاره‌های به دست آمده از روش خیساندن (گیاه خشک شده درآفتاب) بیشترین مقدار فنول هارا داشت و بعدازآن عصاره متانولی به دست آمده ازگیاه خشک شده درسایه بیشترین مقدار، را دارد.

به منظورارزیابی و مقایسه خاصیت آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاه مورد نظریک ترکیب خالص واستاندارد از آسکوربیک اسید تهیه گردید و درشرایط کاملا مشابه با عصاره‌ها تست آنتی اکسیدان بر، روی این ترکیب انجام شدکه نمودار استانداردآن دارای معادله خطy=10.954x-19.137 وضریب همبستگیR2=0.9786 بود که باجایگزینی درمعادله خط مربوطه مقدارIC50 مربوط به این ترکیب درشرایط یکسان به دست آمد که مقدار آن برابر با ۶/۳۱ µg/ml بود. نتایج نشان دادکه فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر وابسته به ترکیبات فنلی است که با نتایج ذکر شده در منابع مطابقت دارد. در کل افزایش غلظت ترکیبات فنلی به طور مستقیم میزان توانایی عصاره را درمهار، رادیکال آزاد افزایش می‌دهد درغلظت‌های بالای ترکیبات فنلی، به دلیل افزایش تعدادگروه هیدروکسیل موجود، درمحیط واکنش احتمال دادن هیدروژن به رادیکال‌های آزاد و به دنبال آن قدرت مهارکنندگی عصاره افزایش می‌یابد توانایی مهارکنندگی فنل‌ها به دلیل گروه‌های هیدروکسیل وگروههای قابل تعویض متوکسی درملکول هاست.

شناسایی پیک روتین

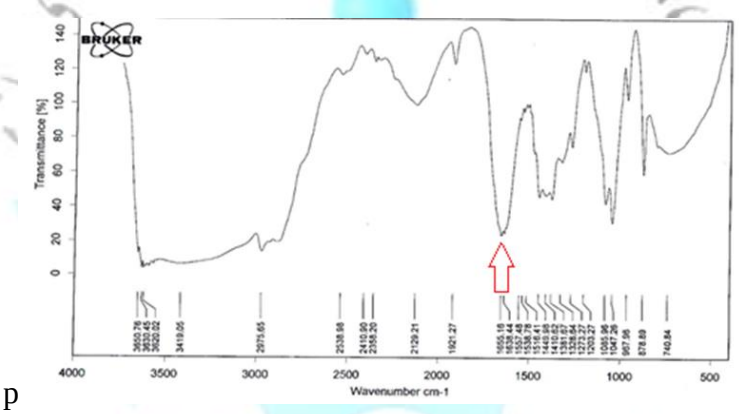
نمودارطیف کروماتوگرام استاندارد روتین با دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) با سیستم آشکارساز L-3500 UV-Vis، پمپ L-3245 Quaternary pump، ستون فاز معکوس C18، انجام شد. پیک استاندارد ملکول روتین در Reten. Time/min =۱۷/۸ مشاهده می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد درعصاره گیری به روش خیساندن گیاهی که توسط متانول عصاره گیری شده بود چه درصورتی که درآفتاب و یا سایه باشد حاوی ملکول روتین بود اما عصاره متانولی گیاه خشک شده درآفتاب حدود۲٪ بود احتمالا این ملکول تحت اشعه آفتاب تخریب شده وزمانی که گیاه در سایه خشک شده بود عصاره حاوی ۷٪ روتین بود تقریبا مقدار آن بیشتر از عصاره خشک شده درآفتاب بود. درروش عصاره گیری توسط اولتراسونیک ساختارملکول روتین شکسته شده لذا، این ملکول درهیچ کدام ازعصاره‌های حاصل از این روش مشاهده نشد (شکل۴).



شکل ۴. نمودار طیف کروماتوگرام عصاره متانولی گیاه خشک شده درسایه

نتایج حاصل ازطیف FT-IR ملکول روتین /کیتوسان

درطیف FT-IR مربوط به روتین، پیک مشاهده شده درمحدود۱۶۶۰متعلق به گروه کتوفلاونویدها می‌باشد، همچنین پیک‌های مشاهده شده درمحدوده ۱۴۶۰، ۱۵۰۳ و ۱۶۰۰ بر سانتی متر متعلق به پیوندهای کششی c=c بین حلقه‌ای آروماتیک فلاونوئید هاست. پیک کششی درمحدوده ۳۳۰۴/۵ cm تا ۳۳۳۴/۵ بر سانتی متر مربوط به گروه الکلی هیدروکسی و درناحیه۱۶۳۹/۶۸ بر سانتی متر پیک کششی کربونیل می‌باشدکه نشان دهنده مخلوط شدن کیتوسان و روتین می‌باشد (شکل ۵).

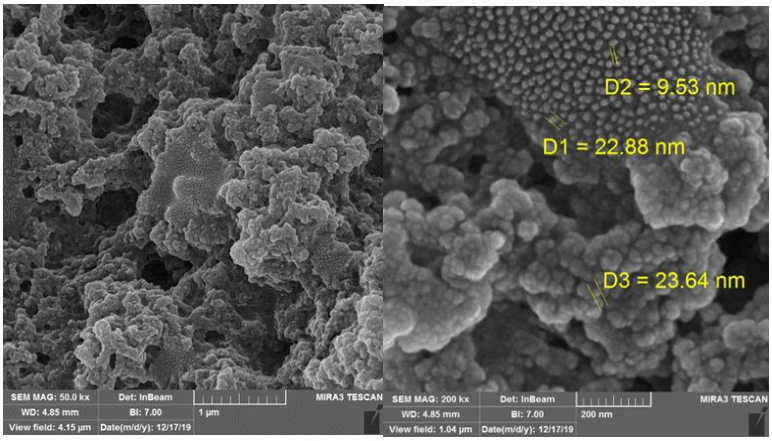


p

شکل ۵. طیف FT-IR روتین/نانوذرات کیتوسان

تفسیر تصاویرالکترون روبشی

اندازه ذرات در تصویر FE-SEM کمتر از ۵۰ نانومتر می‌باشد که نشان دهنده کلوخه نشدن ذرات می‌باشد در تصاویرمیکروسکوپی الکترون روبشی درساختارمخلوط شده کیتوسان/روتین فضای خالی مشاهده می‌گردد که این تخلخل بالا، بیانگر سطح بزرگ و اندازه مناسب ذرات می‌باشند که می‌توان ازآن برای تحویل ترکیبات زیستی استفاده کرد (شکل۶)



شکل ۶. تصاویر FE-SEM مربوط به نانوذرات کیتوسان/روتین

نتیجه‌گیری

عصاره متانولی -آبی برگ‌ها ی درخت اقاقیا علاوه برتانن حاوی ترکیبات فنولی بالایی هستند، اگرچه معمولاً روش خشک کردن درسایه برای حفظ ترکیبات گیاهی توصیه می‌شود، فرآیند خشک کردن گیاهان درآفتاب باتوجه بر اینکه در،زمان کمتری انجام می‌گیرد و گیاه خشک شده بارمیکروبی کمتری دارد، مناسب تر است وگاهی ممکن است دراثر دمای بالا فرایندآنزیمی درگیاه فعال شود و باعث ایجاد برخی ترکیبات با خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالاشود. روتین در برگ‌های گیاه اقاقیا شناسایی شد، این ترکیب فلاونوئیدی با ارزش را می‌توان با بازده بالا ازمقدار بالای برگ‌های گیاه که همه ساله درپاییز به هدر می‌روند استخراج کرد. کیتوسان پلی ساکارید زیستی سازگاری بوده که به علت ارزان بودن وعدم سمیت بالا می‌تواند به عنوان حامل‌های دارویی استفاده شود همچنین این ترکیب درغلظت‌های کم می‌تواند برای مهارقارچ کپک خاکستری که بیماری قارچی بر،روی محصولاتی مثل توت فرنگی و انگوراست استفاده شود. با اتصال کیتوسان و روتین حامل‌های داروئی بسیار مناسبی می‌توان فراهم کرد.

منابع

Han, J., Pang, Y., Shen, X. (2025). Fucoidan and chitosan electrostatically coated nanoliposomes enhance physicochemical stability and bioavailability of rutin. *International Journal of Biological Macromolecules,* 301, 140450.

Muvhulawa. N., Dludla. P.V., Ziqubu. K., Mthembu. S.X.H., Mthiyane. F., Nkambule. B.B. and Mazibuko-Mbeje. S.E. (2022). Rutin ameliorates inflammation and improves metabolic function: A comprehensive analysis of scientific literature. *Pharmacological Research*, 178, 106163.

Salehpour, P., Abri, A. (2022). Preparation and characterization of Rutin loaded on magnetic graphene quantum dot nano carrier with metals (Ag, Zn, Mg, Co, and Fe) and study of antioxidant and electrochemical properties. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 220, 112903.

Sánchez-Monedero, A., Cañadas, R., Ibarra, D. (2025). A sustainable valorization approach of Kraft black liquor from Robinia pseudoacacia L.: lignin precipitation followed by green solvents extraction of phenols from delignified liquor. *Journal of Environmental Management*, 391, 126515.

Smailagic, A. and Veljovic, S. (2019). Phenolic profile, chromatic parameters and fluorescence of different woods used in Balkan cooperage. *journal of Industrial Crops & Products*, 132, 156.

Stajner, D. (2011). Screening of drought oxidative stress tolerance in Serbian melliferous plant species. *Afr. J. Biotechnol*. 10, 1609.

Extraction and Identification of Rutin from *Robinia pseudoacacia* Leaves, Immobilization on Nanomaterial Substrates, and Biological Activity Evaluation

Abdolreza Abri[1]*, Farzaneh chupani [1]
1. Chemistry Department, Faculty of Science, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, IRAN
*Corresponding Author: ar.abri@azaruniv.ac.ir

Abstract

Robinia pseudoacacia L. is among the most durable wood species, a property attributed to its extractive compounds. In this study, leaf extracts of R. pseudoacacia collected from Azarshahr (East Azerbaijan, Iran) were prepared using two drying methods (shade and sun drying) and two extraction techniques (maceration and ultrasound-assisted extraction). The antioxidant activity and total phenolic content of the extracts were evaluated using DPPH and Folin-Ciocalteu assays, respectively. The highest phenolic content (206 mg GAE/g) was observed in the methanolic-aqueous extract of sun-dried leaves obtained via ultrasound-assisted extraction. Similarly, the strongest antioxidant activity (IC_{50} = 43.27) was recorded for the methanolic extract of sun-dried leaves. The maximum rutin yield was achieved from shade-dried leaves extracted by maceration. Subsequently, rutin was loaded onto a chitosan polymer carrier, and its antimicrobial effects against the fungus *Botrytis cinerea* were investigated. Results demonstrated significant inhibition of fungal growth at concentrations of 400 and 500 ppm. These findings highlight the substantial influence of drying and extraction methods on the biological properties of R. pseudoacacia extracts, suggesting promising applications in plant pathogen control.

Keywords: Acacia, rutin, antioxidant activity, chitosan, *Botrytis Cinerea*

اثر تنش سرما بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سرخارگل

رقیه فرضی امین آباد[1*]، صفر نصراله زاده[2]

۱- دانشجوی دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲- استاد گروه اکوفیزیولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

* نویسنده مسئول: roghiyehfarzi374@gmail.com

چکیده

سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) گیاه دارویی چند ساله است که به دلیل داشتن ترکیبات خاصی، در درمان بیماری‌های ویروسی مؤثر است. این پژوهش در سال ۱۴۰۱ در گلخانه قطب اصلاح مولکولی غلات دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تنش سرما شامل: دمای مطلوب رشد به عنوان شاهد (۲۵+ درجه سانتی‌گراد)، ۸+ و ۴+ درجه سانتی‌گراد بود. تنش سرما در مرحله روزت و در اتاقک رشد به مدت ۷۲ ساعت اعمال گردید. نتایج نشان دادند که قرار گرفتن سرخارگل در معرض تنش سرما موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی آن گردید. بیشترین مقدار آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)، پراکسیداز (POX) و آسکوربات پراکسیداز (APX) در دمای ۴+ درجه سانتی‌گراد بود. تنش سرما بر کاتالاز (CAT) اثر معنی‌داری نداشت. بنابراین، سرخارگل برای از بین بردن گونه‌های فعال اکسیژن، سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی خود را فعال می‌کند تا از آسیب سرما به غشاهای سلولی ممانعت کند. با شناخت سازوکار دفاعی سرخارگل در برابر تنش سرما، امکان توسعه کشت آن در مناطق سردسیر فراهم می‌شود. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در زمان تنش می‌تواند منجر به کاهش آسیب غشاء سلولی و در نتیجه افزایش بقاء و رشد گیاه شود.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، پراکسیداز، تنش سرما، سرخارگل

مقدمه

در سرتاسر جهان گیاهان دارویی برای هزاران سال مورد استفاده قرار می‌گرفتند و ترکیبات دارویی آن‌ها به عنوان ترکیباتی با خاصیت دارویی بالا و سمیت کم برای انسان شناخته شده‌اند. کم بودن سطح زیر کشت گیاهان دارویی و افزایش تقاضا برای آن‌ها، موجب افزایش کشت گیاهان دارویی شده است (López-Gutiérrez et al., 2018). در چند سال اخیر، سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) به دلیل خواص ضدویروسی، ضدقارچی و ضدباکتریایی، شهرت جهانی پیدا کرده است. همچنین، به عنوان تصفیه‌کننده خون، ضدعفونی‌کننده قوی و آرام‌بخش معرفی می‌شود (Durieux et al., 1994). مصرف موضعی سرخارگل در درمان التهاب‌های پوستی توسط سازمان بهداشت جهانی تأیید و به عنوان گیاهی برای درمان بیماری ایدز نیز مطرح شده است (Izadi et al., 2014). تنش سرما شامل تنش یخزدگی (دماهای زیر ۰ درجه سانتی‌گراد) و تنش سرمازدگی (دماهای بین از ۰ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد) است (Ding et al., 2019)، که می‌توانند تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی مانند تغییرات در فتوسنتز، تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن (ROS)، محتوای مالون دی آلدهید (MAD)، غلظت ساکارز، تولید پراکسیدهای لیپیدی، تجمع پرولین، نشت الکترولیتی و تغییرات هورمون‌های داخلی گیاهی مثل اسید ابسیزیک (ABA) و جیبرلین (GA) را ایجاد کنند. غشای

سلولی سدی است که سلول‌ها را از آسیب محافظت می‌کند و همچنین محل اصلی تشخیص سیگنال‌های سرما است (Ahmad et al., 2014). تنش سرما سبب افزایش تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌شود و غالباً برای مقابله با اثرات تنش اکسیداتیو، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی اکسیدانی خود را افزایش می‌دهند. میزان افزایش فعالیت این آنزیم‌ها با افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی همبستگی دارد (Habibi and Hajiboland, 2011). برای بررسی فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی سرخارگل در تنش سرما، این آزمایش طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش سرما بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی سرخارگل در تنش سرما، آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی قطب اصلاح مولکولی غلات دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، در سه تکرار به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. تنش سرما شامل سه سطح شاهد (۲۵+ درجه سانتی‌گراد)، ۸+ و ۴+ درجه سانتی‌گراد بالای صفر بود. برای کاشت گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شدند. ۳ بذر در هر نقطه کاشت قرار گرفتند و آبیاری تا مرحله سبز شدن روزانه انجام گرفت. متوسط دما ۲۶-۲۹ درجه سانتی‌گراد، شدت نور ۷۸۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و رطوبت نسبی گلخانه ۴۵-۴۰ درصد بود. تیمارهای تنش سرما در مرحله روزت به مدت ۷۲ ساعت اعمال گردید. نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، بعد از اعمال تنش سرما انجام گرفت و بلافاصله نمونه‌ها در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد برای سنجش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی فریز شدند.

اندازه‌گیری صفات

کاتالاز (CAT)

برای تهیه عصاره آنزیمی ابتدا ۰/۱ گرم از بافت برگ فریز شده در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد، توزین گردیده و داخل لوله‌های آزمایشی قرار داده شد. سپس به داخل هر لوله آزمایش ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی مولار اضافه گردید. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور سانتریفیوژ گردید. فعالیت آنزیم کاتالاز با ترکیبی از ۱۵ میکرولیتر آب اکسیژنه ۳ ٪ و ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی سنجیده شد. حجم محلول حاصل با استفاده از محلول ۰/۱ مولار بافر فسفات پتاسیم با اسیدیته ۷ به ۳ میلی‌لیتر رسانده شد. با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب نمونه‌ها در طول موج ۲۴۰ نانومتر قرائت گردید.

پراکسیداز (POX)

فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز با استفاده از آزمون گایاکول سنجش شد. تتراگایاکول تشکیل شده در این واکنش بیشینه جذبی را در طول موج ۴۷۰ نانومتر نشان می‌دهد. محلول واکنش شامل ۱۰۰۰ میکرو لیتر بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷)، ۳۰۰ میکرو لیتر پر اکسید هیدروژن ۱۰ میلی‌مولار و ۵۰۰ میکرولیتر محلول گایاکول ۲۰ میلی‌مولار بود. واکنش با اضافه کردن ۳۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد آغاز شد. تغییرات جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت ۳ دقیقه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر ثبت گردید.

سوپراکسید دیسموتاز (SOD)

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، ۱۵۰۰ میکرولیتر بافر فسفات ۱۰۰ میلی‌مولار، ۲۰۰ میکرولیتر متیونین ۰/۲ میلی‌مولار، ۱۰۰ میکرولیتر EDTA (۳ میلی‌مولار)، ۹۰۰ میکرولیتر آب مقطر و ۱۰۰

میکرولیتر کربنات سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار CO_3 و ۱۰۰ میکرولیتر ریبوفلاوین با هم مخلوط شد و در انتها ۵۰ میکرولیتر از نمونه آنزیم به هر لوله آزمایش اضافه شد. سپس لوله‌های آزمایش در فاصله ۳۰ سانتی متری از منبع نور به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفتند. پس از آن به مدت ۱۵ دقیقه در تاریکی کامل نگهداری شدند و در پایان کار با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر ۵۶۰ نانومتر تغییرات جذب نمونه‌ها قرائت شد.

آسکوربات پراکسیداز (APX)

مخلوط واکنش شامل ۲۵۰ میکرولیتر بافر فسفات ۱۰۰ میلی مولار، ۲۵۰ میکرولیتر آسکوربات یک میلی مولار، ۲۵۰ میکرولیتر ۰/۴EDTA میلی‌مولار، ۱۹۰ میکرولیتر آب دو بار تقطیر، ۱۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۱۰ میلی-مولار و ۵۰ میکرولیتر محلول آنزیمی استخراج بود. تغییرات جذب نمونه‌ها در طول موج ۲۹۰ نانومتر در مدت یک دقیقه ثبت و میزان فعالیت آنزیم با استفاده از ضریب خاموشی ۲/۸ cm-1 mmol-1 محاسبه شد.

آنالیزهای آماری

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش با نرم افزار MSTATC و ترسیم جدول‌ها با نرم افزارExcel انجام شد.

نتایج و بحث

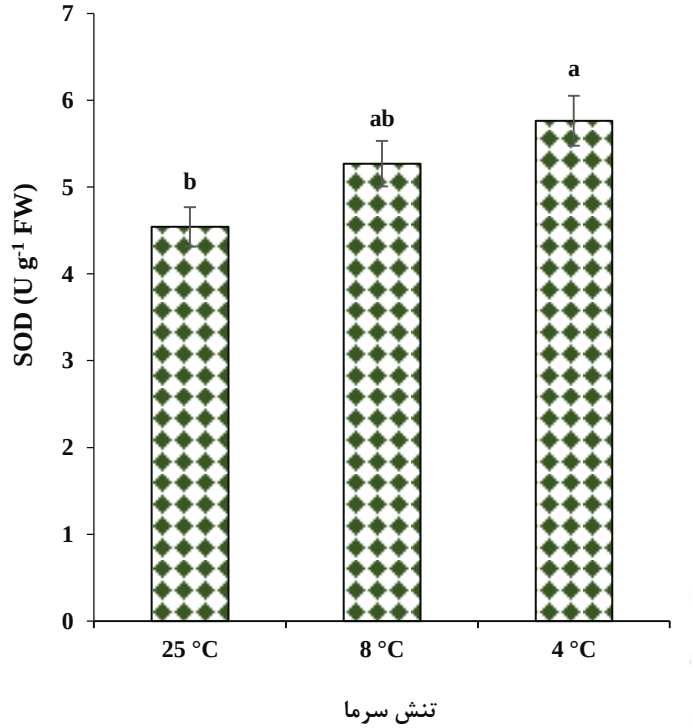
با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش، اثر تنش سرما روی فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT) و آسکوربات پراکسیداز (APX) در سطح احتمال یک درصد و پراکسیداز (POX) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس تغییرات آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سرخارگل در تنش سرما

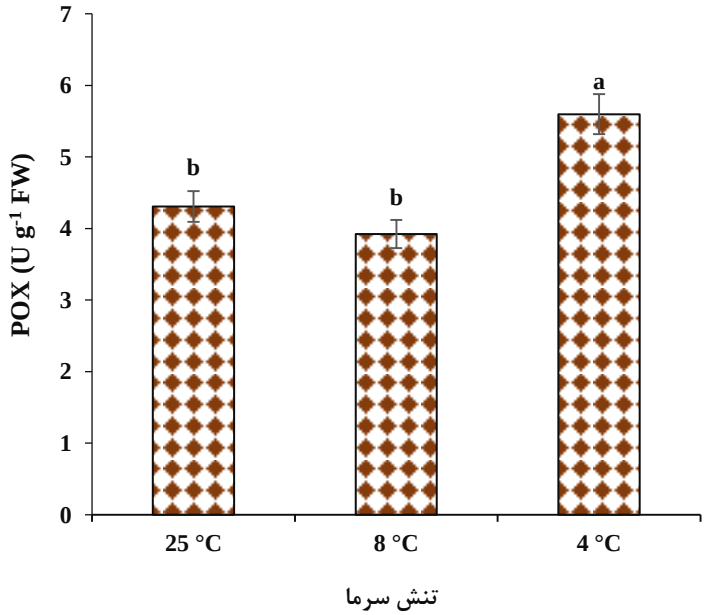
		میانگین مربعات			
منابع تغییرات	درجه آزادی	SOD	POX	CAT	APX
تکرار	۲	۱/۱۳	۲/۳۰۶	۱/۱۷۷	۳/۸۳۵
سرما	۲	۸/۱۲۱**	۴/۳۴۷*	۶/۰۳۸ns	۷/۲۵۹**
خطا	۴	۰/۱۴۶	۰/۲۹۶	۰/۱۹۹	۰/۰۶۷
ضریب تغییرات (٪)	-	۷/۳۵	۱۱/۸۱	۱۲/۷۵	۵/۸۱

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

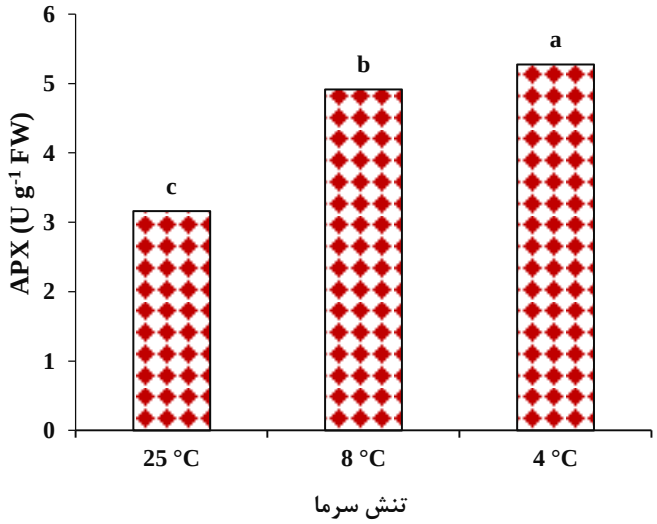
بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های آزمایش، بیشترین فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) (شکل ۱)، پراکسیداز (POX) (شکل ۲) و آسکوربات پراکسیداز (APX) (شکل ۳) در دمای ۴+ درجه سانتی‌گراد بود و بین دمای ۸+ درجه سانتی‌گراد و دمای مطلوب رشد (۲۵+ سانتی‌گراد) از نظر آماری اختلاف معنی-داری وجود نداشت.



شکل ۱. فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) سرخارگل تحت تأثیر تنش سرما
حروف متفاوت نمایانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.



شکل ۲. فعالیت پراکسیداز (POX) سرخارگل تحت تأثیر تنش سرما
حروف متفاوت نمایانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.



شکل ۳. فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX) سرخارگل تحت تأثیر تنش سرما
حروف متفاوت نمایانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

گزارش شده است که سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه مانند آسکوربات، گلوتاتیون، سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز (CAT) نقش‌های حیاتی در مقابله با تنش سرما در گیاهان دارند (Choudhury et al., 2017). محققان با بررسی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در برگ‌های چای گزارش دادند که فعالیت این آنزیم‌ها با کاهش دما، افزایش می‌یابد (Sariri et al., 2016). پس از قرار گرفتن گیاهان در معرض دماهای پایین، افزایش قابل توجهی در سطوح آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز در نخود (*Cicer arietinum* L.) و سرخس (*Lygodium microphyllum* L.) (Singh et al., 2017) گزارش شد.

نتیجه‌گیری کلی

سرخارگل در صورت مواجه شدن با تنش سرما فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی خود را برای محافظت از غشاهای سلولی در برابر گونه‌های فعال اکسیژن افزایش می‌دهد. در این آزمایش بیشترین فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در دمای ۴+ درجه سانتی‌گراد بود. با شناخت سازوکار دفاعی سرخارگل در برابر تنش سرما، امکان توسعه کشت آن در مناطق سردسیر فراهم می‌شود. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در زمان تنش می‌تواند منجر به کاهش آسیب غشاء سلولی و در نتیجه افزایش بقاء و رشد گیاه شود.

منابع

Ahmad, I., Basra, S. M. A., & Wahid, A. (2014). Exogenous application of ascorbic acid, salicylic acid and hydrogen peroxide improves the productivity of hybrid maize at low temperature stress. *Int. J. Agric. Biol*, *16*(4), 825-830.

Choudhury, F. K., Rivero, R. M., Blumwald, E., & Mittler, R. (2017). Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. *The Plant Journal*, *90*(5), 856-867.

Ding, Y., Shi, Y., & Yang, S. (2019). Advances and challenges in uncovering cold tolerance regulatory mechanisms in plants. *New Phytologist*, *222*(4), 1690-1704.

Durieux, R. P., Kamprath, E. J., Jackson, W. A., & Moll, R. H. (1994). Root distribution of corn: the effect of nitrogen fertilization. *Agronomy journal*, *86*(6), 958-962.

Habibi, G., & Hajiboland, R. (2011). Comparison of water stress and UV radiation effects on induction of CAM and antioxidative defense in the succulent Rosularia elymaitica (Crassulaceae). *Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica*, *53*(2).

Izadi, Z., Sorooshzadeh, A., Modarres Sanavi, S. A., Esna-Ashari, M., AghaAlikhani, M., & Davoodi, P. (2014). Effect of extraction method on antimicrobial properties of shoot extract of purple coneflower (Echinacea Purpurea l.) against some pathogenic bacteria. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*, *13*(3), 267-280.

López-Gutiérrez, A., Perez-Moreno, J., Hernández-Santiago, F., Uscanga-Mortera, E., García-Esteva, A., Cetina-Alcalá, V. M., ... & Xoconostle-Cázares, B. (2018). Nutrient mobilization, growth and field survival of Pinus pringlei inoculated with three ectomycorrhizal mushrooms. *Botanical Sciences*, *96*(2), 286-304.

Sariri, R., Raeofi Masooleh, A., & Bakhshi Khaniki, G. R. (2016). The effect of cold temperature on oxidative damage and activity of oxidative enzymes in tea leaves from northern Iran. *Nova Biologica Reperta*, *2*, 298-311.

Singh, R. K., Singh, S., Anandhan, S., Shannon, L. M., Quiroz-Figueroa, F. R., & Ruiz-May, E. (2017). First insights into the biochemical and molecular response to cold stress in Cicer microphyllum, a crop wild relative of chickpea (Cicer arietinum). *Russian Journal of Plant Physiology*, *64*(5), 758-765.

Effect of chilling stress on antioxidant enzyme activity of Purple Coneflower

Roghiyeh Farzi-Aminabad[1*], Safar Nasrollahzadeh[2]
1. PhD Student in Crop Physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2. Professor, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
Corresponding Aut hor:roghiyehfarzi374@gmail.com

Abstract

Purple Coneflower (Echinacea purpurea L.) is a perennial medicinal plant that is effective in treating viral diseases due to its specific compounds. This research was conducted in 2022 in the greenhouse of the Cereal Molecular Breeding Center, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, as a randomized complete block design with three replications. Chilling stress treatments included: optimal growth temperature as a control (+25 °C), +8 °C, and +4 °C. The chilling stress was applied at the rosette stage in a growth chamber for 72 hours. The results showed that exposure of Purple Coneflower to cold stress increased its antioxidant activity. The highest levels of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POX), and ascorbate peroxidase (APX) enzymes were observed at 4+ °C. Cold stress did not have a significant effect on catalase (CAT). Therefore, Purple Coneflower activates its antioxidant defense system to eliminate reactive oxygen species and prevent cold damage to cell membranes. understanding the defense mechanisms of Echinacea against cold stress allows for the expansion of its cultivation in colder regions. Increased activity of antioxidant enzymes during stress can lead to reduced cell membrane damage, and consequently, increased plant survival and growth.

Keywords: Antioxidant, Peroxidase, Cold Stress, Purple Coneflower

تأثیر قارچ‌های میکوریز بر خصوصیات ریشه سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.)

رقیه فرضی امین آباد[1*]، صفر نصراله زاده[2]

۱- دانشجوی دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲- استاد گروه اکوفیزیولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

* نویسنده مسئول: roghiyehfarzi374@gmail.com

چکیده

سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) گیاه دارویی چندساله است که از مواد مؤثره اندام هوایی و ریشه آن در درمان بیماری‌های ویروسی استفاده می‌شود. جهت بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریز بر خصوصیات ریشه سرخارگل، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی قطب اصلاح مولکولی غلات دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز اجرا شد. در این آزمایش، قارچ‌های میکوریز شامل *R. intraradices* و *D. versiformis* بود. نتایج نشان دادند که بیشترین طول (۳۱/۷۷) ریشه مربوط به *D. versiformis* و بالاترین حجم ریشه (۳/۹۳۵)، وزن تر و خشک ریشه مربوط به *R. intraradices* بود. این نشان می‌دهد که قارچ‌های میکوریز با افزایش طول، حجم و وزن ریشه می‌توانند موجب افزایش جذب عناصر غذایی و عملکرد گیاه شوند. در نتیجه با بهبود خصوصیات ریشه با کاربرد قارچ‌های میکوریز، عملکرد ریشه جهت استفاده‌های مختلف دارویی نیز افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: حجم ریشه، سرخارگل، طول ریشه، میکوریز

مقدمه

سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) یکی از گیاهان دارویی چندساله از تیره گل ستاره‌ای (Asteraceae) می‌باشد و منشأ آن شمال آمریکا گزارش گردیده است (Mrozikiewicz et al., 2010). سرخارگل به دلیل ساختار ریشه‌ای توسعه یافته و قوی می‌تواند در تنش‌های مختلفی مانند شوری، سرما و خشکی زنده بماند و زیست توده زیادی را تولید کند (Jalil Sheshbahreh *et al.*, 2018). از ترکیبات زیستی تشکیل دهنده اندام‌های سرخارگل می‌توان به پلی‌ساکاریدها، پلی‌استیلن‌ها، آلکالوئیدها، مشتقات اسید کافئیک، گلیکوپروتئین‌ها و فلاونوئیدها اشاره کرد (Landy *et al.*, 2011). شواهد متعددی برای کاربرد سرخارگل در طب سنتی چینی وجود دارد. بنابراین، مطالعات اولیه نشان می‌دهد که اندام هوایی و ریشه سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) دارای خاصیت ضد ویروسی قابل توجهی در برابر آنفولانزا (H1N1) و تبخال (Herpes) می‌باشد (Ross, 2016). به دلیل تغییرات زیست محیطی مانند تغییرات آب و هوا، خشکی و ناباروری خاک و برخی چالش‌های مهم در باغبانی و زراعت در ارتباط با امنیت غذای جهانی، باید تولید محصولات مبتنی بر همزیستی با میکوریز به عنوان راه حلی در توسعه کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گیرد (Barman *et al.*, 2016). قارچ‌های میکوریز آربوسکولار (AMF[1]) در ۸۰ درصد گیاهان کره زمین بعنوان

1. Arbuscular Mycorrhiza Fungi

همزیست وجود دارند (Smith and Read, 2008) و ۳۰ درصد زیست توده میکروب‌های خاک را تشکیل می‌دهند (Kumar *et al.*, 2018). این قارچ‌ها بدون همزیستی در ریشه گیاهان میزبان، قادر به تکمیل چرخه زندگی خود نیستند. این قارچ‌ها فراهمی عناصر غذایی به ویژه عناصری مانند فسفر و آب را برای گیاهان میزبان افزایش می‌دهند. درنتیجه، فعالیت فتوسنتزی گیاه افزایش و همزمان فعالیت میکروبی و آنزیمی و کربن قابل استفاده در خاک افزایش می‌یابد (Subramanian *et al.*, 2019). این پژوهش جهت بررسی اثر قارچ‌های میکوریز بر خصوصیات ریشه سرخارگل طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۴۰۱ به صورت بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی قطب اصلاح مولکولی غلات دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، طراحی و اجرا شد. در این آزمایش، قارچ‌های میکوریز شامل *Rhizophagus intraradices* و *Diversispora versiformis* بود. این قارچ‌ها از گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز تهیه گردید. متوسط دما ۲۶-۲۹ درجه سانتی‌گراد، شدت نور ۷۸۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و رطوبت نسبی گلخانه ۴۵-۴۰ درصد بود. قارچ‌های میکوریز در عمق ۵ سانتی‌متری از سطح خاک به میزان ۱۰۰ گرم قرار داده شدند و کاشت بذرها در عمق ۱ سانتی‌متری سطح خاک انجام گردید. در هر نقطه کاشت ۳ بذر قرار داده شد. برای خنثی سازی اثرات فیزیکی و شیمیایی قارچ‌های میکوریز، زادمایه قارچ‌ها پس از یک ساعت بهم زدن در مقطر و شست و شو از کاغذ صافی عبور داده شده و عصاره حاصل در گلدان‌های شاهد (به دلیل خنثی سازی اثرات باکتری‌های موجود در زادمایه قارچ‌ها و برای تفکیک اثرات قارچ) قرار داده شد. بلافاصله بعد از کاشت آبیاری انجام گردید و تا زمان سبز شدن گیاه، آبیاری گلدان‌ها به صورت روزانه انجام گرفت. پایان آزمایش در مرحله رسیدگی کامل سرخارگل بود.

اندازه‌گیری صفات

طول ریشه

بعد از برداشت اندام هوایی، گلدان‌ها تخلیه شدند و ریشه‌ها با دقت زیاد جداسازی شده و شسته شدند. ریشه‌های شسته شده در داخل ظروف یک بار مصرف به آزمایشگاه منتقل شده و در یخچال نگهداری شدند. طول ریشه هر نمونه با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری و ثبت گردید.

حجم ریشه

بعد از برداشت ریشه، با استفاده از استوانه مدرج و طبق فرمول زیر محاسبه حجم ریشه انجام گرفت:

$$A= B-C$$

A = حجم ریشه

B = حجم ریشه و آب

C = حجم آب خالی

وزن تر و خشک ریشه

بعد از شست و شوی ریشه‌ها، وزن تر آن‌ها با استفاده از ترازوی ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری و ثبت گردید. نمونه‌ها در آونی با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند و سپس توزین گردیدند.

آنالیزهای آماری

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش با نرم افزار MSTATC، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و ترسیم جدول‌ها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

اثر قارچ‌های میکوریز بر حجم ریشه در سطح احتمال یک درصد و بر طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر قارچ‌های میکوریز بر خصوصیات ریشه سرخارگل

		میانگین مربعات			
منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ریشه	حجم ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
تکرار	۲	۴۱/۹۳	۰/۳۵۷	۴۵/۵۴	۴۸/۳۵
میکوریز	۲	۸۳/۰۸*	۱/۱۲۸**	۴۸/۰۱*	۲۰/۱۳*
خطا	۴	۸/۳۹	۰/۰۲۹	۲۸/۷۴	۵/۵۸۵
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۰/۸۱	۵/۲	۱۲/۳۷	۱۰/۸۱

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های آزمایش، استفاده از هر دو قارچ *D. versiformis* و *R. intraradices* موجب افزایش پارامترهای مربوط به ریشه سرخارگل شدند. بیشترین طول ریشه (۳۱/۷۷ سانتی‌متر) با کاربرد قارچ *D. versiformis* به دست آمد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری (۲۷/۴ سانتی‌متر) با *R. intraradices* نداشت. حداکثر حجم ریشه با مقدار ۳/۹۳۵ سانتی‌متر مکعب، وزن تر ۷۸/۳۶ گرم در بوته و وزن خشک ریشه ۲۳/۱۲ گرم در بوته با کاربرد قارچ *R. intraradices* به دست آمد (جدول ۲).

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر قارچ‌های میکوریز بر خصوصیات ریشه سرخارگل

میکوریز	طول ریشه (سانتی‌متر)	حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)	وزن تر ریشه (گرم در بوته)	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)
شاهد	۲۱/۲۹b	۲/۷۱۷c	۵۸/۸۰c	۱۷/۰۸c
D. versiformis	۳۱/۷۷a	۳/۲۰۱b	۷۱/۶۸b	۲۰/۸b
R. intraradices	۲۷/۴ab	۳/۹۳۵a	۷۸/۳۶a	۲۳/۱۲a

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر تفاوت معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

به نظر می‌رسد قارچ میکوریز از طریق تغذیه مناسب می‌تواند موجب افزایش وزن خشک ریشه و اندام هوایی شود. به نحوی که گیاهان تیمار شده با میکوریز فسفر غیرقابل دسترس گیاهان را با فاصله دورتری نسبت به ریشه جذب می‌کند و موجب افزایش جذب عناصر غذایی توسط ریشه می‌شوند (Jiriaie and Aynehband, 2014). با توجه به گزارشات محققان نسبت حجم ریشه به اندام هوایی می‌تواند یکی از مهمترین شاخص‌های پیش‌بینی شده برای میزان

تنفس و جذب آب باشد (Naseri *et al.*, 2016). تحقیقات نشان داده است که فعال شدن بیوسنتز اکسین توسط قارچ میکوریز احتمالا یکی از دلایل اصلی برای تحریک رشد ریشه گیاهان تلقیح شده است (Su *et al.*, 2017). همچنین، قارچ میکوریز بازآرایی میکروتوبول‌ها را در سلول‌های ریشه تحریک می‌کند که ممکن است با رشد ریشه ارتباط داشته باشد (Wu *et al.*, 2019). رشد ریشه‌ها وابسته به انتقال اسمیلات‌ها از اندام‌های هوایی به ریشه‌ها است که این ویژگی تحت تأثیر وضعیت آبی گیاه و وجود مقدار کافی از اسمیلات‌ها قرار دارد (Bilal *et al.*, 2020).

نتیجه‌گیری کلی

قارچ‌های میکوریز به عنوان همزیست با ریشه گیاهان، موجب افزایش سطح جذبی، طول ریشه و حجم ریشه باعث افزایش جذب عناصر غذایی از خاک شده و بر وزن تر و خشک ریشه می‌افزایند. در این آزمایش قارچ *Rhizophagus intraradices* باعث افزایش حجم، وزن تر و خشک ریشه شد و نسبت به قارچ *Diversispora versiformis* برای گیاه سرخارگل مفیدتر بود و همزیستی بهتری برقرار کرد.

منابع

Barman, J., Samanta, A., Saha, B., & Datta, S. (2016). Mycorrhiza: The oldest association between plant and fungi. *Resonance*, *21*(12), 1093-1104.

Bilal, H. M., Islam, H., Adnan, M., Tahir, R., Zulfiqar, R., Umer, M. S., & Kaleem, M. M. (2020). Effect of salinity stress on growth, yield and quality of roses: a review. *Int J Environ Sci Nat Res*, *25*(1), 37-41.

Jalil Sheshbahreh, M., Movahhedi Dehnavi, M., Salehi, A., & Bahreininejad, B. (2019). Physiological and yield responses of purple coneflower (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) to nitrogen sources at different levels of irrigation. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, *25*(1), 177-187.

Jiriaie, M., & Aynehband, A. (2014). Evaluation the effect of Mycorrhiza and Azospirillum on some characteristics of wheat cultivars in pitch stage. *Journal of Crop Production*, *7*(1), 45-62.

Kumar, S., Singh, A. K., & Ghosh, P. (2018). Distribution of soil organic carbon and glomalin related soil protein in reclaimed coal mine-land chronosequence under tropical condition. *Science of the Total Environment*, *625*, 1341-1350.

Landy, N., Ghalamkari, G. H., Toghyani, M., & Moattar, F. (2011). The effects of *Echinacea purpurea* L. (purple coneflower) as an antibiotic growth promoter substitution on performance, carcass characteristics and humoral immune response in broiler chickens. *Journal of Medicinal Plants Research*, *5*(11), 2332-2338.

Mrozikiewicz, P. M., Bogacz, A., Karasiewicz, M., Mikolajczak, P. L., Ozarowski, M., Seremak-Mrozikiewicz, A., ... & Grzeskowiak, E. (2010). The effect of standardized Echinacea purpurea extract on rat cytochrome P450 expression level. *Phytomedicine*, *17*(10), 830-833.

Naseri, R., Barari, M., Zarea, M. J., Khavazi, K., & Tahmasebi, Z. (2016). Studying morphological characteristics of seminal and adventitious root systems of durum and bread wheat cultivars. *Journal of Crop Ecophysiology*, 10(2), 477-492.

Ross, S.M. 2016. *Echinacea purpurea*: A Proprietary Extract of *Echinacea purpurea* Is Shown to be Safe and Effective in the Prevention of the Common Cold. *Holist. Nurs. Pract.*, *30*, 54–57.

Ross, S. M. (2016). Echinacea purpurea: A Proprietary Extract of: Echinacea purpurea: Is Shown to be Safe and Effective in the Prevention of the Common Cold. *Holistic nursing practice*, *30*(1), 54-57.

Smith, S. E., & Read, D. (2008). Mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry. *Mycorrhizal symbiosis*, 611-XVIII.

Su, Z. Z., Wang, T., Shrivastava, N., Chen, Y. Y., Liu, X., Sun, C., ... & Lou, B. G. (2017). Piriformospora indica promotes growth, seed yield and quality of Brassica napus L. *Microbiological research*, *199*, 29-39.

Subramanian, K. S., Vivek, P. N., Balakrishnan, N., Nandakumar, N. B., & Rajkishore, S. K. (2019). Effects of arbuscular mycorrhizal fungus Rhizoglomus intraradices on active and passive pools of carbon in long-term soil fertility gradients of maize based cropping system. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *65*(4), 549-565.

Wu, C., Li, B., Wei, Q., Pan, R., & Zhang, W. (2019). Endophytic fungus Serendipita indica increased nutrition absorption and biomass accumulation in Cunninghamia lanceolata seedlings under low phosphate. *Acta Ecologica Sinica*, *39*(1), 21-29.

The effect of mycorrhizal fungi on root characteristics of Purple Coneflower (*Echinacea purpurea* L.)

Roghiyeh Farzi-Aminabad[1*], Safar Nasrollahzadeh[2]
1. PhD Student in Crop Physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2. Professor, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
**Corresponding Author: roghiyehfarzi374@gmail.com*

Abstract

Purple Coneflower (*Echinacea purpurea* L.) is a perennial medicinal plant whose aerial parts and root are used to treat viral diseases. To investigate the effect of mycorrhizal fungi on root characteristics of Echinacea purpurea, an experiment was conducted as a randomized complete block design with three replications in the research greenhouse of the Cereal Molecular Breeding Center, Faculty of Agriculture, University of Tabriz. In this experiment, mycorrhizal fungi included *R. intraradices* and *D. versiformis*. The results showed that the highest root length (31.77) was related to *D. versiformis*, and the highest root volume (3.935), fresh and dry root weight were related to R. intraradices. This indicates that mycorrhizal fungi, by increasing root length, volume, and weight, can increase nutrient uptake and plant performance. Consequently, by improving root characteristics with the application of mycorrhizal fungi, the root yield for various medicinal uses also increases.

Keywords: Root volume, Purple Coneflower, Root length, Mycorrhiza

کشت ارگانیک گیاهان دارویی:
مروری بر بادرنجویه و زعفران به عنوان الگوهای موفق

مهدیه صفوی هیق[۱]، عباس حسنی[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران

۲- استاد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران

*نویسنده مسئول: horthasani@yahoo.com

چکیده

کشت ارگانیک گیاهان دارویی به‌عنوان راهکاری پایدار و زیست‌محور در سال‌های اخیر توجه فزاینده‌ای را به خود جلب کرده است. این مطالعه مروری با تمرکز بر دو گیاه دارویی با ارزش اقتصادی و درمانی بالا زعفران (*Crocus sativus*) و بادرنجویه (*Melissa officinalis*) به تحلیل نقش کشاورزی ارگانیک در بهبود کیفیت محصولات، تقویت سلامت خاک و ایجاد زنجیره‌های تأمین پایدار می‌پردازد. با استناد به یافته‌های پژوهشی، کشت ارگانیک این دو گیاه نه‌تنها منجر به افزایش ترکیبات فعال زیستی (مانند کروستین در زعفران و فلاونوئیدها در بادرنجویه) می‌شود، بلکه با کاهش وابستگی به نهاده‌های شیمیایی، تعادل اکولوژیکی را حفظ می‌کند. با این حال، چالش‌هایی همچون هزینه‌های بالای تولید، مدیریت آفات در سیستم‌های بدون سم و دسترسی محدود به بازارهای عادلانه، اجرای گسترده این رویکرد را با محدودیت مواجه ساخته است. مطالعات نشان می‌دهند که استفاده از کودهای آلی، تناوب زراعی و مدیریت یکپارچه آفات می‌تواند عملکرد و کیفیت محصولات را در سیستم‌های ارگانیک بهبود بخشد. این پژوهش با ارائه یک مقایسه تحلیلی بین زعفران و بادرنجویه، پتانسیل هر دو گیاه را به‌عنوان الگوهای موفق کشت ارگانیک در ایران بررسی می‌کند و راهکارهای عملیاتی برای تسهیل گذار به سمت کشاورزی پایدار در بخش گیاهان دارویی ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری کشاورزی، کشاورزی ارگانیک، کشاورزی پایدار، کود آلی، گیاهان دارویی

مقدمه

گیاهان دارویی از ابتدای پیشرفت دانش پزشکی نقشی کلیدی در حفظ و بهبود سلامت انسان داشته‌اند. این گیاهان، که ترکیبات فیتودارویی تولید می‌کنند، طیف وسیعی از مواد فعال زیستی را ارائه داده‌اند که برای سلامت انسان و حیوانات فواید قابل‌توجهی دارند (Singh et al., 2024). موازات افزایش تقاضا برای این گیاهان، ضرورت اتخاذ روش‌های کشاورزی پایدار بیش از پیش آشکار شده است (Sharma et al., 2024). در این راستا، کشاورزی ارگانیک به عنوان یک رویکرد نظام‌مند و زیست‌محور، در چارچوب اصول کلی توسعه پایدار کشاورزی جای می‌گیرد و با تأکید بر حفاظت از منابع طبیعی، چرخه‌های بیولوژیکی بسته و کاهش وابستگی به نهاده‌های خارجی، به عنوان یکی از مدل‌های عملیاتی مؤثر در جهت تولید پایدار غذا مطرح می‌شود. این رویکرد، با تمرکز بر ایجاد تعادل پویا بین مؤلفه‌های زیستی، اقتصادی و اجتماعی، به دنبال ایجاد سیستم‌های تولیدی مقاوم و انطباق‌پذیر است که در بلندمدت قابلیت تداوم داشته باشند. کشاورزی ارگانیک با رد وابستگی به نهاده‌های مصنوعی و شیمیایی، تولید را در چارچوب

قوانین طبیعت و بازتاب فرآیندهای اکوسیستمی شکل می‌دهد. در این نظام، خاک نه تنها به عنوان بستر رشد گیاه، بلکه به مثابه یک موجود زنده و پویا در نظر گرفته می‌شود که سلامت آن مستقیماً بر کیفیت محصولات، مقاومت گیاهان در برابر تنش‌ها و پایداری کلی سیستم کشاورزی تأثیرگذار است. بنابراین، احیا و حفظ کیفیت خاک از طریق کاربرد مواد آلی، تناوب زراعی، کشت پوششی و سایر شیوه‌های حفاظتی، جایگاه محوری در این سیستم دارد. همچنین، مدیریت آفات و بیماری‌های گیاهی در کشاورزی ارگانیک متکی به اقدامات پیشگیرانه و کنترل بیولوژیک است. این امر از طریق افزایش تنوع زیستی در سطح مزرعه، تقویت جمعیت مفیدین، طراحی ساختارهای اکولوژیک مناسب و استفاده از گیاهان دفع‌کننده یا جذب‌کننده انجام می‌شود. این روش‌ها، اگرچه نیازمند دانش فنی عمیق و برنامه‌ریزی دقیق هستند، اما به مرور زمان منجر به ایجاد اکوسیستم‌های کشاورزی مقاوم‌تر و کم‌تر وابسته به مداخلات خارجی می‌شوند. علاوه بر ابعاد تولیدی، کشاورزی ارگانیک دیدگاهی جامع‌نگر دارد که عدالت اجتماعی، صرفه‌جویی در انرژی، کاهش ضایعات و ارتباط مستقیم تولیدکننده و مصرف‌کننده را در برمی‌گیرد. این نظام، با تشویق به تولید محلی و کاهش زنجیره تأمین، به تقویت اقتصادهای منطقه‌ای و افزایش امنیت غذایی جوامع کمک می‌کند. در مجموع، کشاورزی ارگانیک تنها یک روش تولید جایگزین نیست، بلکه نمادی از تحول در نگرش به منابع طبیعی و روابط انسان با محیط زیست محسوب می‌شود که در سطح جهانی به عنوان یکی از مسیرهای عملیاتی به سوی توسعه پایدار کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است (Panday et al., 2024). هدف این مطالعه ارائه مروری تحلیلی بر مزایا و چالش‌های کشت ارگانیک زعفران و بادرنجبویه به منظور معرفی آن‌ها به‌عنوان نمونه‌های موفق گیاهان دارویی در ایران و جهان است.

مواد و روش‌ها

متون و داده‌های این مطالعه از طریق مرور مقالات علمی معتبر و منابع آنلاین به‌روز جمع‌آوری شده‌اند. منابع اصلی شامل پایگاه‌های اطلاعاتی بین‌المللی مانند ScienceDirect، Springer، MDPI، ResearchGate و مقالات منتشرشده بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۵ هستند. مطالعه با خواندن مقالات علمی، استخراج اطلاعات مرتبط با کشاورزی ارگانیک، کودهای آلی، ترکیبات فعال و مدیریت آفات و بیماری‌ها انجام شده و یافته‌ها به‌صورت تحلیلی و مقایسه‌ای گردآوری شده‌اند.

کشت پایدار گیاهان دارویی و معطر

کشت پایدار گیاهان دارویی و معطر به‌عنوان راهکاری استراتژیک در برابر فشارهای فزاینده ناشی از جمع‌آوری غیراصولی و تخریب زیستگاه‌ها مطرح شده است. وابستگی صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی به منابع وحشی، با توجه به کاهش جمعیت بسیاری از گونه‌ها و در معرض خطر قرار گرفتن تنوع زیستی، پایداری این زنجیره تأمین را به چالشی جدی تبدیل کرده است. کشت منظم و پایدار می‌تواند فشار بر اکوسیستم‌های طبیعی را کاهش دهد، حفاظت از گونه‌های در معرض انقراض را تسهیل کند، و دسترسی بلندمدت به مواد اولیه با کیفیت را تضمین نماید. با این حال، گذار از جمع‌آوری گونه‌های وحشی به تولید از طریق کشت آن‌ها با موانعی مواجه است. نبود دانش فنی کافی، دسترسی محدود به ماده کاشتی باکیفیت، ضعف در زیرساخت‌های پس از برداشت، و ناپایداری بازار از جمله این موانع هستند. موفقیت این گذار مستلزم توسعه پروتکل‌های استاندارد کشت، تقویت حاکمیت و نظارت، یکپارچه‌سازی تولید

در سیستم‌های کشاورزی پایدار، و توانمندسازی تولیدکنندگان محلی از طریق آموزش و دسترسی به بازارهای عادلانه است (Katiyar, 2021).

چالش‌ها و فرصت‌های تحول به سمت کشت پایدار گیاهان دارویی و معطر

گذار از جمع‌آوری گونه‌های وحشی به کشت پایدار گیاهان دارویی و معطر با موانع چندبعدی مواجه است. نبود دانش کاربردی در زمینه الزامات زراعی گونه‌های خاص، دسترسی محدود به ماده کاشتی باکیفیت، ضعف در زیرساخت‌های پس از برداشت، و ناپایداری بازارها، اجرای این تحول را دشوار کرده است. فقدان چارچوب‌های نظارتی یکپارچه و استانداردهای قابل اجرا در کشت و فرآوری، کیفیت محصولات را ناهمگون می‌کند و اعتماد بازارهای داخلی و بین‌المللی را تضعیف می‌نماید. با این حال، توسعه ارقام بهبودیافته با ثبات فیتوشیمیایی و سازگاری به شرایط اقلیمی مختلف، وابستگی به منابع طبیعی را کاهش می‌دهد. یکپارچه‌سازی گیاهان دارویی در سیستم‌های آگروفورستری، تنوع زیستی و سلامت خاک را بهبود می‌بخشد و درآمدهای پایدارتری برای کشاورزان فراهم می‌کند. اجرای روش‌های تولید پایدار مبتنی بر اصول GACP[1] و گواهی‌های بین‌المللی مانند Fair Wild، کیفیت و قابلیت ردیابی محصولات را ارتقا می‌دهد و دسترسی به بازارهای هدف را ممکن می‌سازد. توانمندسازی کشاورزان از طریق آموزش و گسترش خدمات ترویجی، شکاف بین تولید و ارزش‌آفرینی را کاهش می‌دهد (Katiyar, 2021).

کشت پایدار و مدیریت منابع غذایی در تولید گیاهان دارویی

کشت پایدار گیاهان دارویی و معطر ضمن حفاظت از ظرفیت‌های اکولوژیک سیستم‌های طبیعی، تداوم تولید در بلندمدت را تضمین می‌کند (Islam, 2025). این نظام تولیدی با تلفیق دانش بومی و یافته‌های علمی، از فناوری‌های پیشرفته برای کاهش مصرف منابع و آسیب‌پذیری در برابر تغییرات محیطی بهره می‌گیرد. پرورش‌دهندگان گیاهان دارویی برای تأمین مواد مغذی و بهبود ساختار خاک، به‌طور گسترده به کودهای آلی وابسته هستند. این کودها تولید متابولیت‌های ثانویه را تقویت می‌کنند (Araújo Rocha et al., 2024). با این حال، مدیریت نادرست کودهای آلی می‌تواند سلامت انسان و اکوسیستم را تهدید کند. کشاورزی مبتنی بر کودهای شیمیایی، علی‌رغم افزایش موقت عملکرد، پیامدهای زیست‌محیطی و اقتصادی دارد. مصرف گسترده و ناهمگون این کودها به آلودگی منابع آبی و خاک، از دست‌رفتن تنوع زیستی، و برهم خوردن تعادل عناصر غذایی منجر شده است. این شرایط، ضرورت گذار به روش‌های مدیریت پایدار عناصر غذایی را آشکار می‌سازد (Penuelas et al., 2023).

کشاورزی ارگانیک به‌عنوان سیستمی پایدار، بر پایه حذف نهاده‌های مصنوعی شکل می‌گیرد. این نظام از فرآیندهای طبیعی و زیستی برای حفظ حاصلخیزی خاک و کنترل عوامل مضر استفاده می‌کند. بهره‌گیری از تناوب کشت، کاربرد کودهای طبیعی، و کنترل بیولوژیک آفات به تعادل اکولوژیک کمک می‌کند. کنترل علف‌های هرز و آفات از طریق روش‌های مکانیکی، فیزیکی، و بیولوژیک انجام می‌شود. این رویکرد ساختار خاک را بهبود می‌بخشد، محصولات سالم تولید می‌کند، و سلامت انسان و محیط زیست را تقویت می‌نماید. با این حال، عملکرد پایین‌تر و هزینه‌های بالاتر تولید، موانع اصلی گسترش آن هستند (Raei and Alami-Milani, 2014). کشاورزی ارگانیک با تکیه بر تنوع زیستی و چرخه‌های طبیعی، به کاهش وابستگی به نهاده‌های خارجی و افزایش تاب‌آوری سیستم‌های تولید

1. Good Agricultural and Collection Practices

کمک می‌کند. این رویکرد نه‌تنها کیفیت محصولات را بهبود می‌بخشد، بلکه از طریق کاهش آلودگی خاک و آب، نقش مهمی در پایداری بلندمدت منابع طبیعی ایفا می‌کند (Reganold and Wachter, 2016).

کودهای ارگانیک به‌عنوان ستون اصلی کشاورزی پایدار و ارگانیک، نه تنها منبع تأمین مواد مغذی هستند، بلکه عاملی کلیدی در بهبود ساختار و سلامت خاک محسوب می‌شوند. این کودها از طریق آزادسازی تدریجی عناصر غذایی، همزمانی مناسبی بین نیاز گیاه و دسترسی به مواد مغذی ایجاد می‌کنند و از اتلاف آنها به محیط زیست جلوگیری می‌نمایند. افزودن ماده آلی به خاک، فعالیت میکروبی را تقویت کرده، تنوع و جمعیت میکروارگانیسم‌های مفید را افزایش می‌دهد، و چرخه مواد مغذی را تسریع می‌کند. این فرآیند با بهبود ظرفیت تبادل کاتیونی، نگهداری رطوبت، و پایداری خاک در برابر فرسایش، مقاومت اکوسیستم کشاورزی را افزایش می‌دهد. کودهای ارگانیک با افزایش ماده آلی و کربن آلی خاک، شرایط را برای رشد بهتر گیاهان، به‌ویژه در مناطق مستعد خشکسالی یا خاک‌های تخریب‌شده، بهبود می‌بخشند. تأمین همزمان عناصر کم‌مصرف و پرمصرف، رویکردی جامع‌تر به تغذیه گیاه ارائه می‌دهد. در مجموع، استفاده از کودهای ارگانیک بهره‌وری محصولات دارویی را افزایش می‌دهد و پایداری بلندمدت خاک و سلامت اکوسیستم‌های کشاورزی را تضمین می‌کند (Boru, 2025).

کشت ارگانیک زعفران

زعفران (*Crocus sativus* L.)، گیاهی علفی و غده‌ای از خانواده ایریداسه (Iridaceae)، به‌عنوان یکی از ارزشمندترین گیاهان دارویی در جهان شناخته می‌شود. کلاله خشک‌شده گل این گیاه، به‌عنوان بخش قابل استفاده، حاوی ترکیبات فعال زیستی مهمی از جمله کروتین، پیکروکروتین، سافرانال و کروستین است که به‌ترتیب مسئول رنگ، طعم تلخ و معطر بودن زعفران هستند. این ترکیبات خاص، دارای خواص دارویی گسترده‌ای از قبیل اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، محافظت‌کنندگی نورونی، ضدافسردگی و ضدسرطانی می‌باشند. کروتین، فعال‌ترین ترکیب کروماتیک، نه تنها کیفیت بازاری زعفران را تعیین می‌کند، بلکه در مطالعات مختلف تأثیرات مثبتی بر یادگیری و حافظه نشان داده است. سافرانال نیز با دارا بودن اثرات ضداضطراب، ضدتشنج و تنظیم‌کنندگی قند خون، جایگاه ویژه‌ای در تحقیقات دارویی یافته است. با توجه به تنوع ترکیبات مؤثر و کاربرد گسترده در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی-بهداشتی، زعفران به‌عنوان یک گیاه چندمنظوره، پتانسیل بالایی در تولید محصولات با ارزش افزوده و توسعه کشاورزی پایدار دارد (Mir et al., 2024).

کشت ارگانیک زعفران به‌عنوان یکی از رویکردهای پایدار در تولید محصولات دارویی و گران‌بها، اهمیت فزاینده‌ای در سیستم‌های کشاورزی ایران یافته است. با توجه به حساسیت این گیاه به کیفیت خاک و آب و همچنین تقاضای جهانی رو به رشد برای محصولات عاری از باقیمانده‌های شیمیایی، انتقال به سیستم‌های کشت ارگانیک نه تنها به حفظ یکپارچه اکوسیستم‌های کشاورزی منجر می‌شود، بلکه می‌تواند به‌عنوان راهکاری استراتژیک برای افزایش ارزش افزوده، دسترسی به بازارهای بین‌المللی پردرآمد و تضمین سلامت مصرف‌کنندگان مطرح شود (Zeraatgar et al., 2024).

تأثیر انواع کودهای آلی بر ترکیبات مؤثر و کیفیت زعفران در سیستم‌های ارگانیک

مطالعات میدانی نشان می‌دهند نوع و سطح کودهای آلی مصرفی تأثیر قابل‌توجهی بر تجمع ترکیبات مؤثر کلاله زعفران دارد. کاربرد بالای کود دامی در کشت ارگانیک موجب افزایش معنی‌دار کروتین، پیکروکروتین و سافرانال می‌شود؛ به‌طوری که سافرانال در این تیمار با تیمار متوسط کود دامی و بالای کود شیمیایی تفاوت آماری ندارد.

کودهای آلی با بهبود ساختار خاک، فعالیت میکروبی و چرخه مواد مغذی، شرایط مطلوبی برای بیوسنتز ترکیبات فعال فراهم می‌کنند. سن مزرعه نیز بر کیفیت محصول اثرگذار است؛ مزارع سه‌ساله نسبت به جوان‌ترها کیفیت بالاتری دارند.

فرم‌های پیشرفته کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست، به دلیل غنای مواد آلی و میکروارگانیسم‌های مفید، عملکرد کمّی و کیفی زعفران را افزایش می‌دهند. ترکیب ورمی‌کمپوست با باکتری‌های محرک رشد (مانند *Azotobacter* و *Pseudomon*) موجب افزایش تعداد گل، وزن کلاله و تجمع ترکیبات ثانویه می‌شود. مطالعات بلندمدت در پامپور کشمیر نشان داد که تیمار ترکیبی ورمی‌کمپوست و آزوتوباکتر بیش از ۱۵۰ درصد عملکرد را نسبت به شاهد بهبود داده است. همچنین ترکیب ورمی‌کمپوست با میکوریزا در ایران باعث افزایش مساحت برگ، توده گیاهی و کروتین و پیکروکروتین می‌شود؛ عمدتاً به دلیل بهبود جذب عناصر غذایی و تقویت شبکه ریشه‌ای.

در مجموع، گذار از کودهای آلی خام به فرم‌های فرآوری‌شده و ترکیب آن‌ها با عوامل زیستی، استراتژی مؤثری برای کشت ارگانیک زعفران است که بهره‌وری، کیفیت و ارزش افزوده محصول را افزایش می‌دهد (Askary et al., 2024; LATIF et al., 2022).

چالش‌ها و راهکارهای عملی در کشت ارگانیک زعفران

گذار به سمت کشت ارگانیک زعفران با وجود مزایای زیست‌محیطی و اقتصادی قابل توجه، با موانعی چندبعدی مواجه است. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها، کاهش موقت عملکرد در سال‌های اولیه انتقال از سیستم متعارف به ارگانیک است که عمدتاً ناشی از محدودیت دسترسی به نهاده‌های شیمیایی برای تغذیه و کنترل آفات می‌باشد. همچنین، افزایش نیاز به نیروی کار متخصص در مدیریت دستی علف‌های هرز، چیدن گل و نظارت بر سلامت گیاه، بار عملیاتی کشاورزان را افزایش می‌دهد. دسترسی محدود به کودهای آلی گواهی‌شده و فرآورده‌های بیولوژیک معتبر، به‌ویژه در مناطق محروم، اجرای استانداردهای ارگانیک را دشوار می‌سازد. در این میان، مدیریت آفات و بیماری‌ها بدون استفاده از سموم شیمیایی یکی از حساس‌ترین جنبه‌های تولید است. در این راستا، راهکارهای عملی مبتنی بر کنترل بیولوژیک نقش حیاتی ایفا می‌کنند. استفاده از حشرات مفید مانند کفشدوزک، پشه شکارچی و زنبورهای طبقه‌کش، همراه با کشت ترکیبی با گیاهان دفع‌کننده (مانند نعناع یا گل گاوزبان)، می‌تواند به‌طور مؤثر جمعیت آفات را کاهش دهد. علاوه بر این، اجرای تیمارهای پیشگیرانه مانند تناوب زراعی، کاشت به موقع و حذف گیاهان بیمار، از گسترش عوامل بیماری‌زا جلوگیری می‌کند. برای تسهیل این گذار، لزوم حمایت‌های سیاستی، ارائه آموزش‌های ترویجی هدفمند و ایجاد زیرساخت‌های گواهی‌دهی و بازاریابی برای محصولات ارگانیک الزامی است تا کشاورزان بتوانند نه تنها با چالش‌ها کنار بیایند، بلکه از ارزش افزوده بالای این محصول بهره‌مند شوند (Zeraatgar et al., 2024).

کشت ارگانیک بادرنجبویه

Melissa officinalis L.، شناخته‌شده به‌عنوان بادرنجبویه، گیاهی معطر و از خانواده نعناعیان (Lamiaceae) است که به‌طور گسترده در منطقه مدیترانه و آسیای غربی رشد می‌کند و به‌ویژه در اروپا به‌صورت تجاری کشت می‌شود. این گیاه که از قدیم در پزشکی سنتی مورد استفاده قرار گرفته، به دلیل دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال متعدد، امروزه هدف تحقیقات گسترده‌ای در زمینه فارماکولوژی و فناوری دارویی است. بخش‌های هوایی گیاه، به‌ویژه برگ‌ها، حاوی طیف وسیعی از ترکیبات مؤثر از جمله فلاونوئیدها، ترپنوئیدها، اسیدهای فنولیک، تانن‌ها و روغن اساسی هستند. از جمله ترکیبات فرار مهم آن می‌توان به جرانیال، نرال، سیترونلال و جرانیول اشاره کرد که به‌ویژه در زیرگونه *officinalis* به مقدار قابل توجهی یافت می‌شوند. همچنین، ترکیبات غیرفراری مانند اسید اورسولیک، اسید اولئانولیک

و اسید رزمارینیک نقش کلیدی در فعالیت‌های دارویی این گیاه دارند. مطالعات فارماکولوژیک نشان داده‌اند که عصاره و روغن اساسی این گیاه دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی، ضد ویروسی، آرام‌بخشی، ضد اضطراب و محافظت‌کنندگی عصبی است. این تنوع در ترکیبات و اثرات بیولوژیک، بادرنجبویه را به یکی از گزینه‌های مهم در توسعه سیستم‌های تحویل کنترل‌شده دارو و محصولات گیاهی با ارزش افزوده تبدیل کرده است (Petrisor et al., 2022).

تأثیر انواع کودهای دامی بر کمّیت، کیفیت و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بادرنجبویه

مطالعه‌ای به بررسی تأثیر کودهای دامی حاصل از منابع مختلف (مرغی، گوسفندی و گاوی) بر رشد، تولید روغن اساسی و ترکیب شیمیایی گیاه بادرنجبویه در طی سه برداشت متوالی پرداخت. نتایج نشان داد که کاربرد کودهای دامی منجر به افزایش معنی‌دار پیگمان‌های فتوسنتزی، از جمله کلروفیل a- (۹ تا ۴۱ درصد) و کلروفیل b- (۲۴ تا ۶۰ درصد)، همچنین افزایش توده گیاهی (۴۱ تا ۶۰ درصد) و بازده روغن اساسی (۶۰ تا ۷۱ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کود) می‌شود. تجزیه و تحلیل شیمیایی روغن اساسی با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی و دستگاه کروماتوگرافی گازی با آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای، حضور ده ترکیب اصلی را آشکار کرد که در مجموع ۹۱ تا ۹۵ درصد از کل ترکیب روغن را تشکیل می‌دهند. ترکیب اصلی، جرانیال (۳۹ تا ۴۶ درصد) بود که پس از آن نرال (۲۸ تا ۳۵ درصد)، (E)- کاریوفیلن (۴٫۷ تا ۱۱ درصد)، گرانیل استات (۲٫۷ تا ۵٫۹ درصد) و اکسید کاریوفیلن (۱٫۷ تا ۴٫۸ درصد) قرار داشتند. در بین تیمارهای کودی، تیمار حاوی کود گوسفندی بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نشان داد. همچنین، درصد ترکیبات نرال و جرانیال در گیاهان تیمارشده با کودهای دامی به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد بهبود یافت، به‌ویژه در برداشت دوم و سوم که افزایش قابل توجهی در این ترکیبات ارزشمند مشاهده شد. با این حال، کاهش ترکیبات اکسیژن‌دار منوترپنی در برداشت سوم منجر به کاهش ۳ درصدی فعالیت آنتی‌اکسیدانی شد. در مجموع، یافته‌ها نشان می‌دهند که استفاده از کودهای دامی، به‌ویژه کود گوسفندی، روشی مؤثر برای بهبود کیفیت و کمّیت روغن اساسی بادرنجبویه است و به دلیل بالا بودن درصد ترکیبات مؤثر در برداشت‌های دوم و سوم، استفاده از روغن تولیدشده در این دوره‌ها برای مصارف صنعتی توصیه می‌شود (Fallah et al., 2024).

جدول مقایسه‌ای زعفران و بادرنجبویه

ویژگی	زعفران	بادرنجبویه
خانواده	Iridaceae	Lamiaceae
بخش مورد استفاده	کلاله گل	برگ‌ها و بخش هوایی
ترکیبات فعال	کروتین، پیکروکروتین، سافرانال	جرانیال، نرال، گرانیل استات، سیترونلال، رزمارینیک اسید
مزایای کشت ارگانیک	افزایش ترکیبات فعال، بهبود کیفیت، کاهش وابستگی به سموم	افزایش ترکیبات فعال، بهبود عملکرد روغن اساسی، اثرات آنتی اکسیدانی

نتیجه‌گیری

کشت ارگانیک گیاهان دارویی، از جمله زعفران و بادرنجبویه، رویکردی پایدار برای حفاظت از منابع طبیعی و افزایش کیفیت محصول است. استفاده از کودهای آلی، مدیریت بیولوژیک آفات و تناوب زراعی، بهره‌وری و ترکیبات فعال را افزایش می‌دهد و تعادل اکولوژیکی را تقویت می‌کند. با این حال، هزینه‌های بالاتر و چالش‌های مدیریتی

نیازمند برنامه‌ریزی دقیق، آموزش کشاورزان و توسعه زیرساخت‌های بازاریابی و گواهی‌دهی است. این مطالعه نشان می‌دهد که این دو گیاه می‌توانند به‌عنوان نمونه‌های موفق کشت ارگانیک در ایران و جهان عمل کنند و الگوهایی عملی برای توسعه کشاورزی پایدار ارائه دهند.

منابع

Araújo Rocha, L., Ambrosio, M.Q., Araújo, H.C.R., Fallah, S., Maggi, F., Ghanbari-Odivi, A., Rostaei, M., (2024). Optimizing Lemon Balm (*Melissa Officinalis* L.) Cultivation: Effects of Different Manures on Plant Growth and Essential Oil Production During Consecutive Harvests. *Horticulturae* 10, 1105. https://doi.org/10.3390/HORTICULTURAE10101105

Askary, M., Behdani, M.A., Mollaei, H., Fallahi, H.R., Azarmi-Atajan, F., Mokhtari Macinaei, H., (2024). Bioactive compounds and apoptotic effects of saffron (*Crocus sativus* L.) in different fertilizer conditions. *Biochem. Syst. Ecol.* 114, 104806. https://doi.org/10.1016/J.BSE.2024.104806

Boru, M., (2025). Review of Organic Fertilizer and Its Role in Organic Farming. *Int. J. Energy Environ. Sci.* 10, 31–37. https://doi.org/10.11648/J.IJEES.20251002.11

Fallah, S., Maggi, F., Ghanbari-Odivi, A., Rostaei, M., (2024). Optimizing lemon balm (*Melissa officinalis* L.) cultivation: Effects of different manures on plant growth and essential oil production during consecutive harvests. *Horticulturae* 10(10), 1105.

Islam, S., (2025). Agriculture, food security, and sustainability: a review. *Explor. Foods Foodomics* 3. https://doi.org/10.37349/EFF.2025.101082

Katiyar, H., (2021). Sustainable cultivation of medicinal and aromatic plants: Challenges and opportunities. *Pharma Innov. J.* 10, 1767–1771.

LATIF, S., ZARGAR, M.Y., NEHVI, F.A., AJAZ, M., AHMAD, M.S., (2022). Production of organic Saffron (*Crocus sativus*) using biofertilizer and vermicompost. *Indian J. Agric. Sci.* 92, 1520–1523. https://doi.org/10.56093/IJAS.V92I12.119531

Mir, R.A., Tyagi, A., Hussain, S.J., Almalki, M.A., Zeyad, M.T., Deshmukh, R., Ali, S., (2024). Saffron, a Potential Bridge between Nutrition and Disease Therapeutics: Global Health Challenges and Therapeutic Opportunities. *Plants* 13, 1467. https://doi.org/10.3390/PLANTS13111467

Panday, D., Bhusal, N., Das, S., Ghalehgolabbehbahani, A., (2024). Rooted in Nature: The Rise, Challenges, and Potential of Organic Farming and Fertilizers in Agroecosystems. *Sustain.* 16, 1530. https://doi.org/10.3390/SU16041530

Penuelas, J., Coello, F., Sardans, J., (2023). A better use of fertilizers is needed for global food security and environmental sustainability. *Agric. Food Secur.* 12, 1–9. https://doi.org/10.1186/S40066-023-00409-5/METRICS

Petrisor, G., Motelica, L., Craciun, L.N., Oprea, O.C., Ficai, D., Ficai, A., (2022). *Melissa officinalis*: Composition, Pharmacological Effects and Derived Release Systems—A Review. *Int. J. Mol. Sci.* 23, 3591. https://doi.org/10.3390/IJMS23073591

Raei, Y., Alami-Milani, M., (2014). Organic cultivation of medicinal plants: a review. *J. Biodivers. Environ. Sci.* 4, 6–18.

Reganold, J.P., Wachter, J.M., (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nat. Plants* 2, 1–8. https://doi.org/10.1038/NPLANTS.2015.221

Sharma, P., Sharma, P., Thakur, N., (2024). Sustainable farming practices and soil health: a pathway to achieving SDGs and future prospects. *Discov. Sustain.* 5, 1–14. https://doi.org/10.1007/S43621-024-00447-4/FIGURES/2

Singh, D., Mathur, S., Prasad, M., Ranjan, R., (2024). Next-Generation Sequencing in Medicinal Plants: Recent Progress, Opportunities, and Challenges. *J. Plant Growth Regul.* 44, 1448–1464. https://doi.org/10.1007/S00344-024-11238-6

Zeraatgar, H., Ghasemi, A., Moayedi, Z., (2024). Organic saffron: From soil to market, a novel approach to green agriculture. *Saffron Research Journal* 12, 275–289. https://doi.org/10.22077/JSR.2025.8453.1257

Organic Cultivation of Medicinal Plants: A Review of *Melissa officinalis* and *Crocus sativus* as Exemplary Models for Sustainable Agriculture

Mahdiyeh Safavi Hiyag[1], Abbas Hassani[2*]
1. MS.c. Student, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
2. Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
**Corresponding Author*: *horthasani@yahoo.com*

Abstract

Organic cultivation of medicinal plants has recently attracted increasing attention as a sustainable and eco-friendly approach. This review study focuses on two medicinal plants with high economic and therapeutic value — saffron (*Crocus sativus*) and lemon balm (*Melissa officinalis*) — and analyzes the role of organic farming in improving product quality, enhancing soil health, and establishing sustainable supply chains. Based on research findings, organic cultivation of these two plants not only leads to an increase in bioactive compounds (such as crocin in saffron and flavonoids in lemon balm) but also maintains ecological balance by reducing reliance on chemical inputs. However, challenges such as high production costs, pest management in pesticide-free systems, and limited access to fair markets restrict the widespread implementation of this approach. Studies indicate that the use of organic fertilizers, crop rotation, and integrated pest management can improve both yield and quality in organic systems. This research provides an analytical comparison between saffron and lemon balm, evaluates their potential as successful models of organic cultivation in Iran, and offers practical strategies to facilitate the transition toward sustainable agriculture in the medicinal plant sector.

Keywords: Agricultural productivity, Organic agriculture, Sustainable agriculture, Organic fertilizer, Medicinal plants

بررسی رسانایی الکتریکی و پارامترهای فعال‌سازی عصاره آویشن در محلول‌های آبی و مخلوط آب - اتانول

مهسا قاسمی ایلخچی*[1]، رحمان سلامت آهنگری[1]

۱- گروه شیمی، دانشکده علوم‌پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز- ایران

*نویسنده مسئول: mgh.chemist@gmail.com

چکیده

در سال‌های اخیر گیاهان دارویی به دلیل دارا بودن ترکیبات فعال زیستی و اثرات درمانی گسترده، توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده‌اند. آویشن به عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی خانواده نعناعیان، حاوی ترکیبات فنولی ارزشمندی نظیر تیمول و کارواکرول است که دارای خواص ضد میکروبی، ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی قوی می‌باشند. در این پژوهش، رسانایی الکتریکی عصاره آویشن در دو محیط حلالی شامل آب مقطر و مخلوط آب ـ اتانول (۷۰:۳۰ حجمی) در گستره دمایی ۲۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد بررسی شد. داده‌های تجربی با استفاده از روابط آرنیوس و ایرینگ تحلیل گردیدند و پارامترهای فعال‌سازی رسانایی شامل $\Delta H^{\ddagger}$, $\Delta S^{\ddagger}$ و $\Delta G^{\ddagger}$ محاسبه شدند. نتایج نشان داد که افزایش دما منجر به افزایش رسانایی الکتریکی و کاهش گردید که بیانگر کاهش سد انرژی برای انتقال بار است. همچنین مقادیر $\Delta H^{\ddagger}$ و $\Delta S^{\ddagger}$ در محیط آب ـ اتانول بزرگ‌تر از آب به دست آمدند که می‌تواند ناشی از ویسکوزیته بالاتر و ثابت دی‌الکتریک کمتر این محیط باشد. این یافته‌ها می‌تواند به درک بهتر خواص شیمی‌فیزیکی عصاره آویشن و نقش حلال در رفتار رسانایی آن کمک نماید. هم‌چنین امکان درک مکانیسم‌های انتقال بار و برهمکنش‌های حلال- حل‌شونده در سیستم‌های حاوی عصاره‌های گیاهی را فراهم می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: آویشن، رسانایی الکتریکی، آرنیوس، ایرینگ، پارامترهای فعال‌سازی

مقدمه

استفاده از گیاهان دارویی به عنوان منبعی غنی از ترکیبات زیست‌فعال، به قرن‌ها قبل بازمی‌گردد و امروزه به دلیل عوارض جانبی داروهای شیمیایی، علاقه به پزشکی طبیعی بار دیگر احیا شده است. در این میان، آویشن به عنوان یک گیاه دارویی برجسته در خانواده نعناعیان، توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Bakkali et al., 2008). این گیاه بومی منطقه مدیترانه، به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی قوی مانند تیمول و کارواکرول در اسانس خود، دارای خواص ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی و ضد قارچی قابل توجهی است (Salehi et al., 2018).

این ترکیبات فنولی نه تنها مسئول اثرات درمانی آویشن هستند، بلکه به دلیل ماهیت قطبی و قابلیت تفکیک، می‌توانند رفتار الکترولیتی از خود نشان دهند و بر خواص فیزیکوشیمیایی عصاره این گیاه تأثیر بگذارند. از این رو، مطالعه خواص الکتریکی عصاره‌های گیاهی می‌تواند بینش ارزشمندی در مورد برهمکنش‌های مولکولی، مکانیسم‌های انتقال بار و پویایی یونی در این سیستم‌های پیچیده ارائه دهد.

در میان روش‌های مختلف تجزیه‌ای، اندازه‌گیری رسانایی الکتریکی یک تکنیک ساده، سریع و غیرمخرب برای بررسی رفتار الکترولیتی محلول‌ها است (Robinson & Stokes, 2002). این روش به طور گسترده‌ای برای تعیین قدرت یونی، بررسی تشکیل کمپلکس و تخمین پارامترهای ترمودینامیکی فعال‌سازی فرآیند رسانایی به کار می‌رود. تحلیل وابستگی دمایی رسانایی الکتریکی با استفاده از روابط ترمودینامیکی آرنیوس و ایرینگ، امکان استخراج پارامترهای مهمی چون انرژی فعال‌سازی (E_a)، آنتالپی فعال‌سازی ($\Delta H^{\ddagger}$)، آنتروپی فعال‌سازی ($\Delta S^{\ddagger}$) و انرژی آزاد گیبس فعال‌سازی ($\Delta G^{\ddagger}$) را فراهم می‌کند(Marcus, 1993). این پارامترها اطلاعات عمیقی در مورد سازوکار انتقال بار و نقش حلال در تسهیل یا بازداری این فرآیند در اختیار می‌گذارند.

انتخاب حلال به عنوان یکی از متغیرهای کلیدی در این مطالعات، تأثیر به‌سزایی بر رفتار رسانایی دارد. آب با ثابت دی‌الکتریک بالا (۸۰) حلالی عالی برای تفکیک گونه‌های یونی است، در حالی که افزودن حلال‌های آلی مانند اتانول (با ثابت دی‌الکتریک ۲۴) و افزایش ویسکوزیته محیط، می‌تواند با کاهش قابلیت تفکیک و تشکیل جفت‌یون، به طور قابل ملاحظه‌ای رسانایی را کاهش دهد.

مطالعه خواص فیزیکوشیمیایی و ترمودینامیکی عصاره‌های گیاهی به عنوان یک حوزه پژوهشی مهم، توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. شریفی راد و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای جامع به بررسی خواص بیولوژیکی و شیمیایی اسانس‌های گیاهی پرداختند (Sharifi-Rad et al., 2017). بورت (۲۰۰۴) در تحقیقی مروری، خواص ضدباکتریایی اسانس‌های گیاهی و کاربردهای بالقوه آنها در صنایع غذایی را بررسی کرد (Burt, 2004). بکالی و همکاران (۲۰۰۸) اثرات بیولوژیکی اسانس‌های گیاهی را مورد مطالعه قرار دادند (Bakkali et al., 2008). تاج کریمی و همکاران (۲۰۱۰) نیز ترکیبات ضد میکروبی گیاهان و ادویه‌ها در مواد غذایی را بررسی نمودند (Tajkarimi et al., 2010). با وجود این مطالعات، تاکنون پژوهشی که به طور همزمان به بررسی سیستماتیک رسانایی الکتریکی و پارامترهای ترمودینامیکی عصاره آویشن در محیط‌های حلالی مختلف پرداخته باشد، انجام نشده است.مطالعات شیمی‌فیزیکی بر روی عصاره گیاهان دارویی به درک بهتر برهم‌کنش‌های مولکولی و مکانیزم عملکرد ترکیبات فعال کمک می‌کند. رسانایی الکتریکی یکی از روش‌های ساده و در عین حال مؤثر برای بررسی رفتار یونی و برهم‌کنش‌های محلولی است. هدف این پژوهش بررسی تغییرات رسانایی الکتریکی عصاره آویشن در دو محیط حلالی (آب مقطر و مخلوط آب ـ اتانول) و تحلیل پارامترهای فعال‌سازی آن می‌باشد.

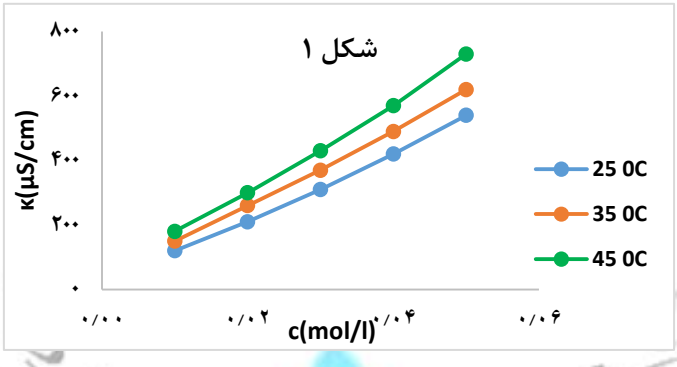
مواد و روش‌ها

گیاه آویشن خشک‌شده از عطاری معتبر تهیه و پس از شناسایی گیاه‌شناسی، در دستگاه سوکسله با دو حلال آب و اتانول استخراج شد. محلول‌های آزمایشی در دو سیستم تهیه گردیدند: (۱) آب مقطر و (۲) مخلوط آب ـ اتانول با نسبت حجمی ۷۰:۳۰. رسانایی الکتریکی محلول‌ها در غلظت‌های مختلف (۰/۰۱–۰/۰۵ mol/l) و دماهای ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد با استفاده از رسانایی‌سنج دیجیتال اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از روابط آرنیوس و ایرینگ تحلیل شدند تا $\Delta H^{\ddagger}, \Delta S^{\ddagger}$ و $\Delta G^{\ddagger}$ مقادیر استخراج گردند.

نتایج و بحث

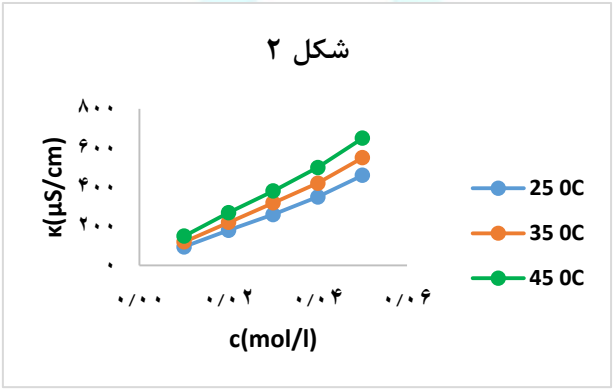
شکل (۱) تغییرات رسانایی الکتریکی (κ) عصاره آویشن را بر حسب غلظت در سه دمای مختلف و در حلال آب نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، رسانایی در هر دمای ثابتی با افزایش غلظت عصاره به صورت غیرخطی

افزایش می‌یابد. این رفتار مطابق با انتظار و characteristic بسیاری از الکترولیت‌های ضعیف است. افزایش غلظت، منجر به افزایش تعداد یون‌های موجود در واحد حجم و در نتیجه افزایش رسانایی می‌گردد. همچنین، در هر غلظت ثابتی، با افزایش دما از ۲۵ به ۴۵ درجه سانتی‌گراد، رسانایی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. این پدیده عمدتاً را می‌توان به دو عامل نسبت داد: ۱) کاهش ویسکوزیته حلال که باعث افزایش تحرک یون‌ها می‌شود و ۲) افزایش انرژی جنبشی یون‌ها که سرعت مهاجرت آن‌ها را تحت میدان الکتریکی افزایش می‌دهد.



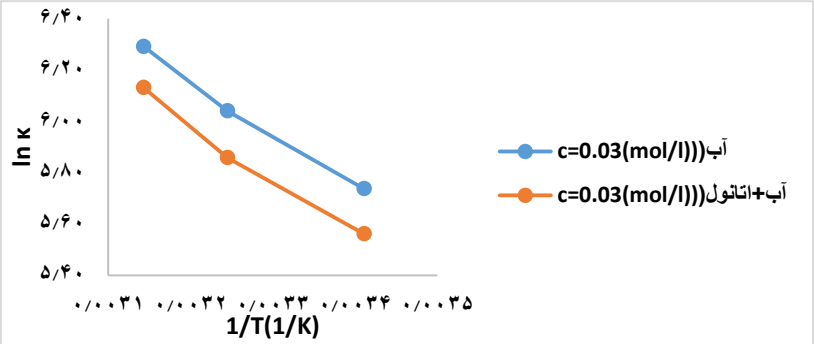
شکل ۱. نمودار رسانایی الکتریکی برای عصاره آویشن در آب

شکل (۲) همین روندها را برای محیط حلالی مخلوط آب-اتانول (۷۰:۳۰) نشان می‌دهد. اگرچه سیر کلی تغییرات مشابه سیستم آبی است، اما یک تفاوت عمده آشکار است: مقادیر مطلق رسانایی در تمامی دماها و غلظت‌ها در مقایسه با آب خالص به طور قابل توجهی پایین‌تر است. به عنوان مثال، در غلظت ۰/۰۳ مول بر لیتر و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، رسانایی در محیط آبی ۳۱۰ µS/cm شد، در حالی که این مقدار در محیط هیدروالکلی به حدود ۲۶۰ µS/cm کاهش یافت. این کاهش چشمگیر در رسانایی را می‌توان عمدتاً به کاهش ثابت دی‌الکتریک (ε) در اثر افزودن اتانول نسبت داد (Marcus, 1993). ثابت دی‌الکتریک پایین‌تر حلال، نیروهای جاذبه کولمبی بین یون‌های با بار مخالف را به طور مؤثرتری محافظت نمی‌کند، که این امر منجر به افزایش احتمال تشکیل جفت‌های یونی خنثی (یا حتی خوشه‌های بزرگ‌تر) می‌شود.



شکل ۲. نمودار رسانایی الکتریکی برای عصاره آویشن در آب-آتانول

شکل ۳. نمودارهای آرنیوس (رابطه lnκ بر حسب 1/T) را برای هر دو محیط حلالی در یک غلظت ثابت (c= ۰/۰۳) نشان می‌دهد. خطی بودن بسیار خوب این نمودارها نشان می‌دهد که وابستگی دمایی رسانایی از قانون آرنیوس پیروی می‌کند و می‌توان یک انرژی فعال‌سازی معنادار (E_a) برای فرآیند رسانایی تعریف کرد. شیب خط مربوط به محیط هیدروالکلی به وضوح بیشتر از شیب خط مربوط به محیط آبی است که نشان‌دهنده انرژی فعال‌سازی بالاتر (E_a) برای فرآیند رسانایی در این محیط است. این مشاهده کاملاً با مشاهدات کیفی شکل‌های ۱ و ۲ همخوانی دارد؛ محیطی که رسانایی کمتری دارد، برای وقوع فرآیند رسانایی به انرژی فعال‌سازی بیشتری نیاز دارد.



شکل ۳. نمودار آرنیوس برای رسانایی عصاره آویشن

جدول ۱ پارامترهای ترمودینامیکی فعال‌سازی را نشان می‌دهد. مقادیر $\Delta H^{\ddagger}$ در محیط هیدروالکلی به طور سیستماتیک بالاتر از محیط آبی بود که نشان‌دهنده نیاز به انرژی بیشتر برای انتقال بار در محیط با ثابت دی‌الکتریک پایین‌تر است.

جدول ۱. پارامترهای فعالسازی رسانایی الکتریکی برای عصاره آویشن در آب و آب-اتانول(۷۰:۳۰)

حلال	غلظت (mol/l)	انرژی اکتیواسیون $E_a(kJ/mol)$	آنتالپی فعالسازی $\Delta H^{\ddagger}(kJ/mol)$	آنتروپی فعالسازی $\Delta S^{\ddagger}(kJ/mol.K)$	انرژی گیبس فعالسازی $\Delta G^{\ddagger}(kJ/mol)$	(آرنیوس) $\ln A$
آب	۰/۰۱	۱۱/۶۶	۹/۱۳	-۱۳/۷۶	۱۳/۲۳	۴/۷۹
	۰/۰۲	۱۲/۴۸	۹/۸۱	-۱۱/۶۷	۱۳/۲۸	۵/۳۲
	۰/۰۳	۱۲/۸۴	۱۰/۰۹	-۱۰/۸۳	۱۳/۳۲	۵/۵۵
	۰/۰۴	۱۳/۰۸	۱۰/۲۸	-۱۰/۲۳	۱۳/۳۴	۵/۷۰
	۰/۰۵	۱۳/۲۳	۱۰/۴۰	-۹/۸۰	۱۳/۳۶	۵/۷۹
آب + اتانول	۰/۰۱	۱۳/۴۳	۱۰/۷۱	-۱۱/۰۶	۱۳/۳۰	۵/۸۸
	۰/۰۲	۱۳/۸۴	۱۱/۰۴	-۹/۸۳	۱۳/۳۴	۶/۱۵
	۰/۰۳	۱۴/۰۸	۱۱/۲۴	-۹/۱۱	۱۳/۳۶	۶/۲۹
	۰/۰۴	۱۴/۲۳	۱۱/۳۶	-۸/۶۳	۱۳/۳۸	۶/۳۸
	۰/۰۵	۱۴/۳۴	۱۱/۴۵	-۸/۲۸	۱۳/۴۰	۶/۴۴

مقادیر منفی $\Delta S^{\ddagger}$ در هر دو سیستم نشان‌دهنده ایجاد نظم در حالت گذار است، با این حال مقادیر کمتر منفی $\Delta S^{\ddagger}$ در محیط هیدروالکلی حاکی از بی‌نظمی بیشتر در تشکیل حالت گذار، احتمالاً به دلیل اختلال در ساختار شبکه حلال است.
اگرچه $\Delta H^{\ddagger}$ در محیط هیدروالکلی بالاتر بود، اما مقادیر کمتر منفی $\Delta S^{\ddagger}$ تا حدی این اثر را جبران کرد. با این وجود، مقادیر نهایی $\Delta G^{\ddagger}$ در محیط هیدروالکلی بالاتر بود که با رسانایی کمتر اندازه‌گیری شده مطابقت دارد. همچنین کاهش $\Delta G^{\ddagger}$ با افزایش دما، افزایش رسانایی در دماهای بالاتر را توجیه می‌کند.

نتیجه‌گیری نهایی

به طور خلاصه، نتایج این مطالعه به وضوح نشان می‌دهد که خواص انتقالی (transport properties) عصاره آویشن به عنوان یک الکترولیت طبیعی، به شدت تحت تأثیر طبیعت حلال قرار دارد. کاهش رسانایی و افزایش پارامترهای ترمودینامیکی فعال‌سازی در محیط هیدروالکلی، نقش کلیدی ثابت دی‌الکتریک و ویسکوزیته حلال را در تعیین مکانیسم و سهولت انتقال بار تصدیق می‌کند. این مطالعه بر اهمیت در نظر گرفتن طبیعت حلال در فرمولاسیون‌های حاوی عصاره‌های گیاهی، به ویژه در کاربردهایی که خواص الکتریکی یا انتقال یونی حائز اهمیت است (مانند سیستم‌های رهایش دارو یا غشاهای بیولوژیک)، تأکید می‌کند (Lobo & Quaresma, 1989).

منابع

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils–a review. *Food and chemical toxicology*, *46*(2), 446-475.

Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, *94*(3), 223-253.

LOBO, V. M., & Quaresma, J. (1989). Handbook of electrolyte solutions. b. *Physical sciences data*, *41*.

Marcus, Y. (1993). The properties of organic liquids that are relevant to their use as solvating solvents. *Chemical Society Reviews*, *22*(6), 409-416.

Robinson, R. A., & Stokes, R. H. (2002). *Electrolyte solutions*. Courier Corporation.

Salehi, B., Mishra, A. P., Shukla, I., SharifiRad, M., Contreras, M. d. M., SeguraCarretero, A., Fathi, H., Nasrabadi, N. N., Kobarfard, F., & Sharifi-Rad, J. (2018). Thymol, thyme, and other plant sources: Health and potential uses. *Phytotherapy research*, *32*(9), 1688-1706.

Sharifi-Rad, J., Sureda, A., Tenore, G. C., Daglia, M., Sharifi-Rad, M., Valussi, M., Tundis, R., Sharifi-Rad, M., Loizzo, M. R., & Ademiluyi, A. O. (2017). Biological activities of essential oils: From plant chemoecology to traditional healing systems. *Molecules*, *22*(1), 70.

Tajkarimi, M., Ibrahim, S. A., & Cliver, D. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food control*, *21*(9), 1199-1218.

Electrical Conductivity and Activation Parameters of Thymus vulgaris Extract in Aqueous and Hydroalcoholic Solutions

Mahsa Ghasemi Ilkhechi[1]*, Rahman Salamt Ahangari[1]
1. Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Shahid Madani University of Azerbaijan, Tabriz- Iran
*Corresponding Author: mgh.chemist@gmail.com

Abstract

In recent years, medicinal plants have attracted significant attention due to their bioactive compounds and therapeutic properties. *Thymus vulgaris*, as one of the most important medicinal plants, contains phenolic compounds such as thymol and carvacrol, which exhibit strong antimicrobial and antioxidant activities. In this study, the electrical conductivity of thyme extract was investigated in aqueous and hydroalcoholic media (water–ethanol, 70:30 v/v) within the temperature range of 25–45 °C. Experimental data were analyzed using Arrhenius and Eyring equations, and the activation parameters including $\Delta H^{\ddagger}$, $\Delta S^{\ddagger}$, and $\Delta G^{\ddagger}$ were determined. The results showed that conductivity increased with increasing concentration and temperature, while $\Delta G^{\ddagger}$ decreased with rising temperature, indicating a reduction in the energy barrier for charge transfer. Moreover, higher $\Delta H^{\ddagger}$ and $\Delta S^{\ddagger}$ values were obtained in the hydroalcoholic medium compared to water, which is attributed to the higher viscosity and lower dielectric constant of the mixed solvent. These findings highlight the importance of physicochemical investigations of medicinal plants in understanding molecular interactions and their potential applications in the development of pharmaceutical and food formulations.

Keywords: Thymus vulgaris, electrical conductivity, Arrhenius, Eyring, activation parameters

سومین همایش ملی
گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری سازی
۲۶ شهریور ماه ۱۴۰۴
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

تاثیر محلول‌پاشی سولفات منگنز بر رشد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه کاکوتی

الهام ادهمی[۱]، سعید حضرتی[۱] و فرهاد حبیب زاده[۲]

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز

۲- گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین

*نویسنده مسئول: elhamadhami66@gmail.com

چکیده

گیاهان دارویی نقش مهمی در سلامت انسان‌ها داشته و برای رسیدن به روش‌های پایدار در افزایش تولید آن‌ها بدون آسیب به محیط زیست، مدیریت تغذیه‌ای دقیق مورد نیاز است. این پژوهش با هدف بررسی تاثیر محلول‌پاشی سولفات منگنز بر رشد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه دارویی کاکوتی در سال ۱۴۰۴ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان انجام شد. آزمایش به صورت طرح کامل تصادفی با شش تکرار و پنج تیمار طراحی گردید. تیمارهای آزمایش شامل غلظت‌های صفر (شاهد)، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ گرم در لیتر سولفات منگنز بودند. صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع، وزن تر و خشک بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد برگ و شاخص کلروفیل بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که محلول‌پاشی منگنز تاثیر معنی‌داری بر اکثر صفات مورد بررسی داشت. به ویژه غلظت ۰/۳گرم در لیتر بیشترین افزایش را در شاخص کلروفیل، تعداد برگ و تعداد شاخه جانبی و سایر صفات رشد ایجاد کرد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که مدیریت بهینه منگنز، بدون ایجاد اثرات منفی زیست محیطی، می‌تواند به عنوان یک راهکار موثر و اقتصادی برای ارتقای رشد، عملکرد و کیفیت گیاهان دارویی مورد استفاده قرار گیرد. این مطالعه ضمن تایید نقش حیاتی ریز مغذی‌ها در بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی، می‌تواند پایه‌ای برای توسعه برنامه‌های محلول‌پاشی بهینه و پایدار در کاکوتی و سایر گیاهان دارویی فراهم نماید.

واژه‌های کلیدی: عناصر کم مصرف، فتوسنتز، گیاهان دارویی، محلول‌پاشی برگی، ویژگی‌های رشدی

مقدمه

در دنیای مدرن، توجه به گیاهان دارویی به دلیل دارا بودن ترکیبات فعال زیستی، جایگاهی ارزشمند در طب سنتی و همچنین صنایع دارویی، غذایی و بهداشتی دارد. میزان و کیفیت این ترکیبات نه فقط به عوامل ژنتیکی، بلکه به شرایط محیطی و به ویژه وضعیت تغذیه‌ای گیاهان وابسته است. ارزش واقعی گیاهان دارویی زمانی آشکار می‌شود که هم عملکرد تولیدی بالا و هم ترکیبات فعال با کیفیت داشته باشند. لازمه‌ی دستیابی به این دو هدف، مدیریت تغذیه‌ای مناسب می‌باشد؛ چرا که عناصر معدنی نه‌تنها برای رشد ضروری‌اند، بلکه مسیرهای متابولیک مرتبط با سنتز ترکیبات ثانویه را نیز کنترل می‌کنند (Singh et al., 2017). بررسی‌ها نشان داده است که مدیریت صحیح ریزمغذی‌ها می‌تواند رشد و تولید ترکیبات دارویی گیاهان را به طور هم‌زمان ارتقا دهد. به عنوان نمونه، کاربرد کودهای روی، منگنز و مولیبدن در گیاه *Stauntonia Leucantha* رشد رویشی را تقویت کرده و غلظت متابولیت‌های دارویی برگ را افزایش داده‌است (Zhou et al., 2020). چنین نتایجی بیانگر آن است که ریز مغذی‌ها علاوه بر تامین نیازهای پایه، به طور مستقیم در فرآیندهای بیوسنتزی ترکیبات فعال گیاهان نیز نقش آفرینی می‌کنند. اهمیت این عناصر در شرایط

تنش محیطی هم آشکار شده است. مطالعه‌ای روی گیاه دارویی زیره نشان داد که مصرف منگنز و آهن در خاک‌های شور، ضمن بهبود صفات مورفولوژیک، عملکرد نهایی گیاه را افزایش داد (Naqavi et al., 2018). این شواهد تاکید می‌کنند که مدیریت تغذیه‌ای می‌تواند به عنوان رویکردی کارآمد برای ارتقای مقاومت گیاهان دارویی و افزایش کیفیت مواد موثره آن‌ها به کار گرفته شود.

گیاه کاکوتی (*Ziziphora clinopoioides* Lam)، از خانواده‌ی نعناعیان (Lamiaceae) و یکی از گیاهان دارویی ارزشمند ایران و آسیای غربی است که در نواحی کوهستانی ایران رویش دارد و در طب سنتی برای درمان اختلالات گوارشی، تنفسی و قلبی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mozaffarian, 2021). تحقیقات نشان داده‌اند که اسانس این گیاه حاوی ترکیبات فعال زیستی مهمی مانند پولگون، ایزومنتون، پیپریتنون و تیمول است. این ترکیبات دارای خواص آنتی آکسیدانی، ضدباکتریایی، ضد قارچی و ضد التهابی هستند و می‌توانند در بهبود عملکرد دستگاه گوارش، کاهش التهاب و محافظت از بدن نقش داشته باشند (Mazarei, 2023). با توجه به اهمیت و ارزش گیاه دارویی کاکوتی، دستیابی به ترکیبات دارویی غنی و با کیفیت همراه با عملکرد مطلوب گیاه از اولویت‌های اصلی در پژوهش‌های مرتبط با این گونه است. زیرا عناصر ریز مغذی به ویژه منگنز به عنوان کوفاکتور بسیاری از آنزیم‌های کلیدی، مستقیما در فرآیندهای فیزیولوژیکی و سنتز متابولیت‌های ثانویه از جمله فنل‌ها و فلاونوئیدها نقش ایفا می‌کند. علیرغم جایگاه ویژه منگنز در بهبود کیفیت دارویی گیاهان، تاکنون مطالعات اندکی درباره اثر آن بر کاکوتی صورت گرفته است. براین اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر محلول‌پاشی منگنز بر شاخص‌های فیزیولوژیکی، رشد و محتوای ترکیبات فعال گیاه دارویی کاکوتی انجام شد تابتواند ضمن پر کردن خلا علمی موجود، راهکارهایی عملی برای ارتقای کیفیت و ارزش دارویی این گیاه ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی تاثیر محلول‌پاشی منگنز بر رشد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه کاکوتی در گلخانه پژوهشی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان در سال ۱۴۰۴ انجام شد. آزمایش به صورت طرح کامل تصادفی با پنج تیمار و شش تکرار اجرا شد. تیمارها شامل محلول‌پاشی سولفات منگنز با غلظت‌های صفر (شاهد)، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ گرم در لیتر بودند. بذر گیاه کاکوتی که از گیاه مادری دو ساله کشت شده در مزرعه تحقیقاتی سال‌های گذشته جمع آوری شده بود، سرمادهی روی آن انجام شد و در سینی کشت با بستر پیت ماس در گلخانه کشت گردیده و پس از طی حدود یک ماه و نیم و آماده‌سازی گلدان‌ها، به گلدان‌های هفت لیتری حاوی خاک گلخانه منتقل شدند و آبیاری به صورت هفتگی انجام شد. محلول‌پاشی منگنز زمانی آغاز شد که گیاهان به مرحله‌ی رشدی رسیدند که بتوان محلول‌پاشی را انجام داد و این عمل هر دو هفته یکبار به مدت سه نوبت انجام شد. دو هفته پس از آخرین محلول‌پاشی، گیاهان برداشت شده و صفات مورفولوژیکی همچون ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد شاخه‌ی جانبی، وزن تر و خشک اندام هوایی و صفات فیزیولوژیکی مانند شاخص کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه اسپد (TYS-4N) ساخت کشور چین (WEST TUNE) اندازه‌گیری شد. عملکرد تر و خشک گیاه، با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم گرم اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک، گیاهان به صورت هوا خشک به مدت یک هفته خشک شدند و با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم گرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع گیاه، از خط‌کش استفاده شد.

در نهایت داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ آنالیز شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل نسخه ۲۰۱۶ استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر کاربرد سولفات منگنز بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه دارویی کاکوتی معنی‌دار بود. تعداد برگ و تعداد شاخه جانبی و شاخص کلروفیل به طور قابل توجهی تحت تاثیر سطوح مختلف منگنز قرار گرفتند که نشان دهنده نقش حیاتی این عنصر در رشد و نمو کاکوتی است.

جدول ۱. تاثیر سولفات منگنز بر صفات مورد بررسی گیاه دارویی کاکوتی

تیمار	ارتفاع گیاه (سانتیمتر)	تعداد شاخه جانبی	تعداد برگ	وزن تر بوته (گرم)	وزن خشک بوته (گرم)	شاخص اسپد
شاهد	۱۸/۵۵a	۷/۲۵c	۱۹/۲۵c	۱/۳۴a	۰/۳۵a	۵۳/۶۰c
۰/۱گرم در لیتر سولفات منگنز	۲۲/۴۲a	۱۰/۵۰bc	۲۲/۰۰bc	۱/۶۴a	۰/۴۹a	۵۷/۵۰abc
۰/۲گرم در لیتر سولفات منگنز	۲۲/۳۲a	۱۱/۰۰b	۲۳/۵۰bc	۱/۷۷a	۰/۴۵a	۵۴/۵۲bc
۰/۳گرم در لیتر سولفات منگنز	۲۲/۷۵a	۱۳/۷۵ab	۳۵/۷۵a	۱/۷۰a	۰/۳۶a	۶۰/۶۲ab
۰/۴گرم در لیتر سولفات منگنز	۲۲/۲۵a	۱۴/۵۰a	۲۷/۷۵b	۱/۷۳a	۰/۴۰a	۶۱/۱۰a

میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

کاربرد سولفات منگنز موجب افزایش ارتفاع گیاه دارویی کاکوتی شد. در تیمار حاوی ۰/۳گرم در لیتر، بیشترین مقدار ارتفاع مشاهده گردید. این نتیجه نشان می‌دهد که غلظت بهینه منگنز می‌تواند به حداکثر رشد رویشی گیاه کاکوتی منجر شود. در مقابل، کمترین ارتفاع در شاهد (بدون کاربرد منگنز) با میانگین ۱۸/۵۵سانتی متر مشاهده شد (جدول۱) که بیانگر اهمیت دسترسی به این عنصر در افزایش رشد طولی گیاه است.

نتایج نشان داد که وزن تر و خشک بوته گیاه کاکوتی تحت تاثیر تیمارهای منگنز معنی دار نشد. این نتیجه بیانگر آن است که اگر چه اندام‌های رویشی گیاه توسعه یافتند، اما این تغییرات به افزایش قابل توجه زیست توده منجر نشد. احتمال دارد که گیاه در این مرحله بیشتر انرژی خود را صرف شاخه‌دهی و برگ‌دهی نموده و فرصت کافی برای افزایش وزن کلی بوته فراهم نشده باشد. با این وجود، نتایج نشان می‌دهند که با افزایش غلظت منگنز تا سطح ۰/۳ گرم در لیتر، وزن تر بوته به طور محسوسی افزایش یافت که این موضوع با افزایش ارتفاع گیاه نیز همبستگی مثبتی دارد (جدول۱).

محلول‌پاشی ۰/۳ گرم در لیتر موجب افزایش تعداد برگ‌ها گردید (جدول۱). این امر باعث بهبود سطح فتوسنتز فعال گیاه می‌شود که می‌تواند در مراحل بعدی رشد، منجر به تولید بیشتر متابولیت‌های ثانویه گردد. این نتایج با پژوهش (Salehi et al., 2024) همسو است؛ آن‌ها در مطالعه‌ی خود بر مرزه تابستانی نشان دادند که محلول‌پاشی میکرو مغذی‌ها، به ویژه منگنز موجب بهبود نسبت برگ به ساقه می‌شود.

محلول‌پاشی ۰/۳ گرم در لیتر موجب افزایش تعداد شاخه‌های جانبی گردید (جدول۱). این موضوع نشان دهنده نقش منگنز در تحریک شاخه‌دهی و بهبود رشد جانبی گیاه است. افزایش شاخه‌های جانبی موجب پرپشت شدن بوته و ایجاد شرایط بهتر برای گسترش سطح سبزینه می‌شود که در گیاهان دارویی ارزشمند است.

بیشترین میزان شاخص کلروفیل به محلول‌پاشی ۰/۳ گرم مرتبط بود (جدول۱). افزایش معنی‌دار در شاخص کلروفیل بیانگر نقش مستقیم منگنز در مسیرهای متابولیکی و به ویژه کلروفیل است و توانایی بالاتر گیاه در انجام فتوسنتز را نشان می‌دهد (Zhou et al., 2020). این موضوع از نظر دارویی اهمیت دارد، زیرا در بسیاری از گیاهان دارویی، محتوی متابولیت‌های ثانویه با افزایش فتوسنتز و فعالیت سبزینه مرتبط است.

نتیجه‌گیری نهایی

در این پژوهش تاثیر محلول‌پاشی سولفات منگنز بر رشد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه کاکوتی بررسی شد نتایج حاصل نشان داد که تیمار ۰/۳گرم در لیتر در مقایسه با تیمارهای دیگر در اغلب صفات از جمله شاخص کلروفیل، تعداد برگ و تعداد شاخه جانبی بیشترین مقدار عملکرد را نشان داد. بنابراین استفاده از ریز مغذی‌ها می‌تواند با بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه، شرایط مناسب‌تری برای رشد و توسعه‌ی اندام‌های رویشی فراهم آورد و به عنوان یک راهکار مدیریتی مناسب در بهبود کیفیت و بهره‌وری کشت کاکوتی مورد توجه قرار گیرد تاضمن حفظ پایداری تولید، کیفیت ترکیبات دارویی و ارزش اقتصادی گیاه نیز افزایش یابد.

منابع

Mazarei Z. (2023). Chemical Composition and Biological Activity of *Ziziphora clinopodioides* Essential Oil: A review. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products 18(4):* e 137776.

Mozaffarian, V. (2012). Identification of medicinal and aromatic plants of Iran. Farhang Moaser Publishers.

Naqavi, MR., Abbasnejhad, Z., Tavassoli, A., Dadmehr, M. (2018). The effect of salinity stress and manganese and iron elements on morphological traits and yield of caraway medicinal plant *(Carum carvi*) in Zahedan conditions. *Journal of Plant Nutrition, 41(18)*: 2347-2357.

Salehi, H., Khadivi, A., Bagheri, V. (2024). The effect of foliar spraying of some micronutrients and lanthanum on the morphological and physiological characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.) under hydroponic and soil conditions. *BMC plant Biology, 24:*976

Singh, M., Asthana, A., Qureshi, I. (2017). Unraveling the impact of essential mineral nutrients on active constituents of selected medicinal and aromatic plants. *Essential Plant Nutrients*, 183-209.

Zhou, Y., Zhou, J., Chen,J., Chang, Y., Lin, X., Zhong , Z., Li, L. (2020). Effects of Zinc, Manganese, and Molybdenum Fertilizers on Growth and Main Medicinal Metabolites of *Stauntonia leucantha* Leaves. *Plant Physiology and Biochemistry, 155:*719-727.

Effect of Foliar Application of Manganese Sulfate on Growth and Physiological Traits of *Ziziphora clinopodioides*

Elham Adhami[1]*, Saeid Hazrati[1], Farhad Habibzadeh[2]
1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
2. Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
Corresponding Author: elhamadhami66@gmail.com

Abstract

Medicinal plants play an important role in human health, and to achieve sustainable methods to increase their production without harming the environment, careful nutritional management is required. This study aimed to investigate the effect of manganese sulfate foliar application on the growth and physiological characteristics of the Kakuti medicinal plant in 2025 in the research greenhouse of Azerbaijan Shahid Madani University. The experiment was conducted as a completely randomized design with six replications and five treatments. The experimental treatments included concentrations of zero (control), 0.1, 0.2, 0.3 and 0.4 g/L of manganese sulfate. The measured traits included height, fresh and dry weight of the plant, number of lateral branches, number of leaves and chlorophyll index. The results of analysis of variance showed that manganese foliar application had a significant effect on most of the studied traits. In particular, the concentration of 0.3 g/L caused the greatest increase in chlorophyll index, number of leaves, number of lateral branches, and other growth traits. These findings indicate that optimal manganese management, without causing negative environmental impacts, can be used as an effective and economical strategy to improve the growth, yield and quality of medicinal plants. This study, while confirming the vital role of micronutrients in improving physiological characteristics, can provide a basis for developing optimal and sustainable foliar spraying programs in Kakuti and other medicinal plants.

Keywords: Foliar application, Growth traits, Medicinal plants, Micronutrients, Photosynthesis.

مطالعه‌ی رسانایی‌سنجی ماده‌ی موثره‌ی عصاره‌ی حاصل از گیاه گل گاوزبان با سورفکتانت‌های زیستی

پریسا قاسمس ایلخچی*[۱]، رحمان سلامت آهنگری[۱]
۱- گروه شیمی، دانشکده شیمی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز-ایران
*نویسنده مسئول: pgh.chemist@gmail.com

چکیده

گیاه گل گاو زبان (*Borago officinalis* L) یکی از گیاهان دارویی مهم در صنایع مختلف داروسازی، غذایی، آرایشی-بهداشتی و طب سنتی است که به دلیل ترکیبات فعال زیستی مانند آلکالوئیدها، ساپونین‌ها و فلاونوئیدها، دارای اثرات درمانی متعددی از جمله خواص آرام‌بخش، ضدالتهابی و محافظت‌کننده قلبی دارد. در این پژوهش، رسانایی الکتریکی عصاره‌ی گیاه گل گاو زبان در حضور سورفکتانت‌های زیستی رامنولیپید و سورفکتین در گستره‌ی دمایی ۲۵ تا ۴۵ درجه سانتیگراد و غلظت‌های ۰/۰۱ تا ۰/۰۵ مولار بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش دما و غلظت، رسانایی افزایش یافت. پارامترهای فعال‌سازی شامل $\Delta H^{\ddagger}$، $\Delta S^{\ddagger}$ و $\Delta G^{\ddagger}$ از داده‌ها استخراج گردید. مقادیر $\Delta S^{\ddagger}$ منفی بیانگر تشکیل حالت گذار منظم‌تر بود و کاهش $\Delta G^{\ddagger}$ با افزایش دما نشان‌دهنده افزایش خودبه‌خودی فرآیند انتقال بار است. این نتایج می‌تواند در طراحی سامانه‌های دارورسانی نوین و کاربردهای دارویی مبتنی بر گیاهان دارویی مفید واقع شود.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای فعال‌سازی، رسانایی‌سنجی، سورفکتانت‌های زیستی، گیاه گل گاو زبان.

مقدمه

گیاهان دارویی به دلیل دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال مانند فلاونوئیدها، آلکالوئیدها و ساپونین‌ها، جایگاه ویژه‌ای در درمان‌های نوین و تحقیقات فیزیکوشیمیایی پیدا کرده‌اند. شناخت ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی این ترکیبات امکان درک بهتر برهم‌کنش‌های مولکولی و طراحی سامانه‌های دارورسانی نوین را فراهم می‌آورد.

یکی از گیاهان مهم دارویی، گیاه گل گاو زبان (*Borago officinalis* L) است که در ایران و مناطق مدیترانه‌ای کشت می‌شود. این گیاه به دلیل دارا بودن فلاونوئیدها، آلکالوئیدهای پیرو لیزیدینی و اسیدهای چرب ضروری، اثرات آرام‌بخش، ضدالتهابی و محافظت‌کننده قلبی دارد (Mozaffarian, 2012; Akinmoladun et al., 2021). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که مصرف عصاره این گیاه می‌تواند استرس اکسیداتیو را کاهش داده و به بهبود بیماری‌های عصبی و التهابی کمک کند.

برای مطالعه خواص فیزیکوشیمیایی گیاهان دارویی، روش‌های گوناگونی وجود دارد. یکی از مهم‌ترین این روش‌ها، رسانایی‌سنجی است که به دلیل سادگی و دقت بالا، در بررسی برهم‌کنش‌های یونی و تعیین پارامترهای ترمودینامیکی مانند انرژی فعال‌سازی (E_a)، آنتالپی ($\Delta H^{\ddagger}$)، آنتروپی ($\Delta S^{\ddagger}$) و انرژی آزاد گیبس ($\Delta G^{\ddagger}$) کاربرد دارد.

این روش پیش‌تر در مطالعه الکترولیت‌ها و همچنین در بررسی عصاره‌های گیاهی مورد استفاده قرار گرفته است (Barthel and Feuerlein, 1984; Segovia et al., 2015).

از سوی دیگر، سورفکتانت‌های زیستی به دلیل زیست‌سازگاری، سمیت پایین و توانایی تشکیل میسل، به عنوان جایگزینی پایدار برای سورفکتانت‌های سنتزی معرفی شده‌اند. رامنولیپید که توسط باکتری‌های جنس *Pseudomonas* تولید می‌شود و سورفکتین که از *Bacillus subtilis* به‌دست می‌آید، دو نمونه مهم از این ترکیبات هستند. این سورفکتانت‌ها توانایی بالایی در برهم‌کنش با مولکول‌های زیستی داشته و در دارورسانی و پایداری ترکیبات گیاهی نقش کلیدی ایفا می‌کنند (Perfumo et al., 2018; Banat et al., 2014).

با وجود مطالعات متعددی در زمینه خواص دارویی گیاه گل گاو زبان، تاکنون پژوهش جامعی درباره بررسی رسانایی عصاره این گیاه در حضور سورفکتانت‌های زیستی گزارش نشده است. هدف این پژوهش بررسی تأثیر رامنولیپید و سورفکتین بر ویژگی‌های رسانایی و پارامترهای ترمودینامیکی عصاره گل گاوزبان در دماها و غلظت‌های مختلف و تحلیل نقش این سورفکتانت‌ها در تغییر مکانیزم انتقال بار است.

مواد و روش‌ها

نمونه گیاه گل گاو زبان از عطاری معتبر تهیه و پس از خشک‌کردن، عصاره آن با روش تقطیر با بخار استخراج شد. سورفکتانت‌های زیستی رامنولیپید و سورفکتین از منابع میکروبی تهیه شدند. رسانایی ویژه محلول‌ها با دستگاه رسانایی‌سنج دیجیتال (با دقت ± ۰/۱ µS/cm) در دماهای ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شد. غلظت محلول‌ها در بازه ۰/۰۱ تا ۰/۰۵ مولار تنظیم گردید. داده‌های تجربی با استفاده از روابط آرنیوس و ایرینگ تحلیل شدند. انرژی فعال‌سازی (E_a) و پارامترهای فعال‌سازی ($\Delta H^{\ddagger}$، $\Delta S^{\ddagger}$، $\Delta G^{\ddagger}$) از نمودارهای $\ln \kappa$ بر حسب $1/T$ محاسبه گردید.

نتایج و بحث

داده‌های جدول‌های ۱ و ۲ و نمودارهای شکل‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهند که رسانایی ویژه (κ) عصاره گیاه گل گاو زبان در حضور سورفکتانت‌های زیستی با افزایش غلظت و دما افزایش می‌یابد. این روند ناشی از افزایش تعداد یون‌های آزاد در محلول و همچنین افزایش تحرک یونی در دماهای بالاتر است. در محیط‌های آبی، افزایش دما موجب کاهش ویسکوزیته حلال و افزایش ثابت دی‌الکتریک آن می‌شود و در نتیجه حرکت یون‌ها تسهیل می‌گردد.

با این حال، در حضور سورفکتانت‌های زیستی مانند رامنولیپید و سورفکتین، تغییرات رسانایی الگوی پیچیده‌تری دارد. در غلظت‌های پایین، افزایش رسانایی تقریباً خطی است، اما در غلظت‌های بالاتر انحراف از خط مستقیم مشاهده می‌شود. این موضوع می‌تواند ناشی از تشکیل میسل‌ها و تجمع‌های مولکولی باشد که بخشی از یون‌ها را در ساختار میسل محبوس می‌کنند و بنابراین از تحرک آزاد آن‌ها کاسته می‌شود.

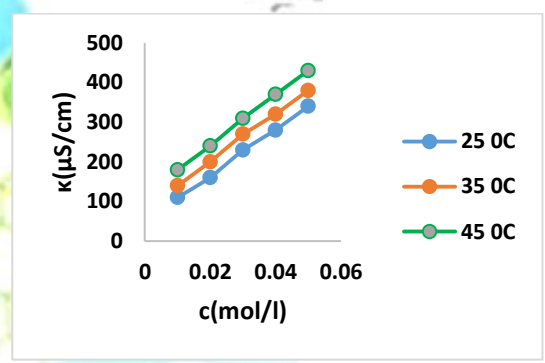
نتایج مشابه در پژوهش‌های کاچل و همکاران (۲۰۲۳) بر روی الکترولیت‌های ساده (Kachel et al., 2023) و همچنین در مطالعات اخیر بر روی عصاره‌های گیاهی (Akinmoladun et al., 2021) گزارش شده است. مقایسه این داده‌ها نشان می‌دهد که افزودن سورفکتانت‌های زیستی علاوه بر افزایش پایداری سیستم، رفتار رسانایی را نیز تغییر می‌دهد و امکان کنترل ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی محلول را فراهم می‌سازد.

جدول ۱. رسانایی عصاره گیاه گل گاوزبان+رامنولیپید

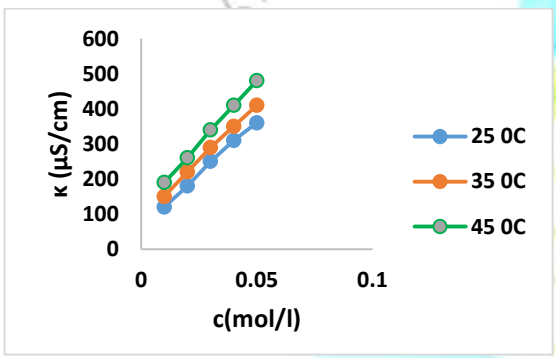
غلظت(مولار)	۲۵°C(µS/cm)	۳۵°C(µS/cm)	۴۵°C(µS/cm)
۰/۰۱	۱۲۰	۱۵۰	۱۹۰
۰/۰۲	۱۸۰	۲۲۰	۲۶۰
۰/۰۳	۲۵۰	۲۹۰	۳۴۰
۰/۰۴	۳۱۰	۳۵۰	۴۱۰
۰/۰۵	۳۶۰	۴۱۰	۴۸۰

جدول ۲. رسانایی عصاره گیاه گل گاوزبان + سورفکتین

غلظت(مولار)	۲۵°C(µS/cm)	۳۵°C(µS/cm)	۴۵°C(µS/cm)
۰/۰۱	۱۱۰	۱۴۰	۱۸۰
۰/۰۲	۱۶۰	۲۰۰	۲۴۰
۰/۰۳	۲۳۰	۲۷۰	۳۱۰
۰/۰۴	۲۸۰	۳۲۰	۳۷۰
۰/۰۵	۳۴۰	۳۸۰	۴۳۰

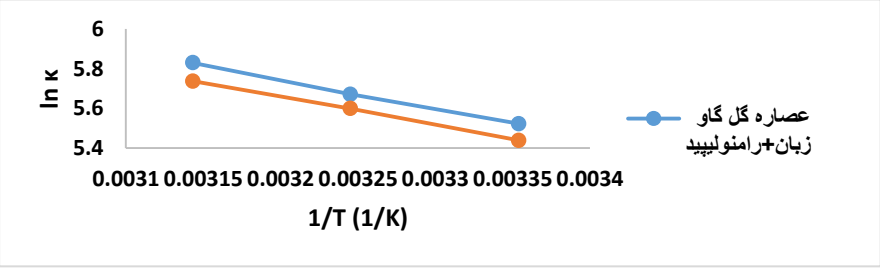


شکل ۱. رسانایی عصاره گیاه گل‌گاو زبان+ رامنولیپید



شکل ۲. رسانایی عصاره گیاه گل‌گاو زبان+ سورفکتین

شکل ۳ نمودار آرنیوس (ln κ در برابر ۱/T) را نشان می‌دهد. خطی بودن این نمودارها نشان‌دهنده آن است که فرآیند رسانش بار از مدل آرنیوسی تبعیت می‌کند. شیب نمودارها انرژی فعال‌سازی (E_a) را نشان می‌دهد که بیانگر حداقل انرژی مورد نیاز برای انتقال بار است.



شکل ۳. نمودار آرنیوس (ln κ بر حسب ۱/T) را برای محیط‌های مختلف در غلظت ۰/۰۳ مولار

نتایج نشان دادند که انرژی فعال‌سازی در حضور سورفکتانت‌های زیستی بالاتر از محیط آبی خالص است (جدول ۳). این موضوع بیانگر آن است که فرآیند انتقال بار در محیط‌های حاوی سورفکتانت نیازمند انرژی بیشتری است. علت آن را می‌توان به تشکیل ساختارهای میسلی و برهم‌کنش قوی‌تر بین مولکول‌های زیستی و ترکیبات عصاره نسبت داد. این نتیجه با پژوهش پرفومو و همکاران (۲۰۱۸) (Perfumo et al., 2018) مطابقت دارد که گزارش کرده‌اند وجود میسل‌ها می‌تواند مانع از حرکت آزاد یون‌ها شود و انرژی بیشتری برای عبور بار الکتریکی لازم باشد.

جدول ۳. پارامترهای ترمودینامیکی محاسبه‌شده شامل $\Delta H^{\ddagger}$، $\Delta S^{\ddagger}$ و $\Delta G^{\ddagger}$

غلظت (مولار)	انرژی اکتیواسیون E_a(kJ/mol)	آنتالپی فعال‌سازی $\Delta H^{\ddagger}$(kJ/mol)	آنتروپی فعال‌سازی $\Delta S^{\ddagger}$ (J/mol.K)	انرژی گیبس فعال‌سازی $\Delta G^{\ddagger}$ (kJ/mol)
رامنولیپید				
۰/۰۱	۱۹/۸	۱۷/۵	-۵۲	۱۳/۴
۰/۰۲	۲۰/۲	۱۷/۹	-۵۴	۱۳/۵
۰/۰۳	۲۰/۶	۱۸/۳	-۵۵	۱۳/۶
۰/۰۴	۲۰/۹	۱۸/۶	-۵۶	۱۳/۷
۰/۰۵	۲۱/۱	۱۸/۸	-۵۷	۱۳/۸
سورفکتین				
۰/۰۱	۲۰/۵	۱۸/۲	-۵۸	۱۳/۵
۰/۰۲	۲۰/۹	۱۸/۶	-۵۹	۱۳/۶
۰/۰۳	۲۱/۴	۱۹/۱	-۶۱	۱۳/۷
۰/۰۴	۲۱/۷	۱۹/۴	-۶۲	۱۳/۸
۰/۰۵	۲۲/۰	۱۹/۷	-۶۳	۱۳/۹

پارامترهای ترمودینامیکی محاسبه‌شده (جدول ۳) شامل $\Delta H^{\ddagger}$، $\Delta S^{\ddagger}$ و $\Delta G^{\ddagger}$ اطلاعات ارزشمندی درباره مکانیزم انتقال بار ارائه می‌دهند. $\Delta H^{\ddagger}$ مقادیر بالاتر در حضور سورفکتانت‌ها نشان می‌دهد که فرآیند انتقال بار نیازمند انرژی بیشتری برای غلبه بر برهم‌کنش‌های بین مولکولی است. $\Delta S^{\ddagger}$ مقادیر منفی بیانگر افزایش نظم در حالت گذار است. در واقع، در حضور سورفکتانت‌ها، مولکول‌های عصاره و یون‌ها در ساختاری منظم‌تر سازماندهی می‌شوند که به تشکیل کمپلکس‌های پایدار منجر می‌شود. $\Delta G^{\ddagger}$ نشان می‌دهد که فرآیند رسانش بار در دماهای بالاتر خودبه‌خودی‌تر می‌شود. این روند با نتایج مطالعات مشابه روی محلول‌های الکترولیتی در حضور حلال‌های مخلوط سازگار است.

نتیجه‌گیری نهایی

این نتایج بیانگر آن هستند که حضور سورفکتانت‌های زیستی نه تنها بر رسانایی و تحرک یونی اثرگذار است بلکه می‌تواند پایداری ترکیبات فعال زیستی گیاه را نیز افزایش دهد. این موضوع در طراحی سامانه‌های دارورسانی بر پایه عصاره‌های گیاهی اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا کنترل ویژگی‌های ترمودینامیکی و فیزیکوشیمیایی محلول امکان آزادسازی کنترل‌شده ترکیبات دارویی را فراهم می‌آورد. بنابراین، ترکیب عصاره گیاه گل گاوزبان با سورفکتانت‌های زیستی می‌تواند رویکردی نوین برای بهبود کارایی و پایداری داروهای گیاهی در صنایع دارویی و غذایی باشد.

منابع

Mozaffarian, V. (2012). Identification of medicinal and aromatic plants of Iran. Farhang Moaser Publishers.

Akinmoladun, F. O., et al. (2021). Medicinal properties of *Borago officinalis* L.: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 276, 114151.

Barthel, J., & Feuerlein, F. (1984). Dielectric properties of propylene carbonate and propylene carbonate solutions. *Journal of solution chemistry*, 13(6), 393-417.

Segovia, F. J., Luengo, E., Corral-Pérez, J. J., Raso, J., & Almajano, M. P. (2015). Improvements in the aqueous extraction of polyphenols from borage (*Borago officinalis* L.) leaves by pulsed electric fields: Pulsed electric fields (PEF) applications. *Industrial Crops and Products*, 65, 390-396.

Banat, I. M., et al. (2014). Microbial biosurfactants: Production, applications and future potential. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(24), 9915–9926.

Perfumo, A., et al. (2018). Biosurfactants: Production, properties and applications. *Journal of Applied Microbiology*, 124(1), 30–49.

Kachel, M., Krajewska, M., Stryjecka, M., Ślusarczyk, L., Matwijczuk, A., Rudy, S., & Domin, M. (2023). Comparative analysis of phytochemicals and antioxidant properties of borage oil (*Borago officinalis* L.) and milk thistle (Silybum marianum Gaertn). *Applied Sciences*, 13(4), 2560.

Conductometric Study of Bioactive Compounds in essential oil from Borage (*Borago officinalis* L.) Using Biosurfactants

Parisa Ghasemi Ilkhechi[1]*, Rahman Salamat Ahangari[1]
1. Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Shahid Madani University of Azerbaijan, Tabriz- Iran
Corresponding Author: pgh.chemist@gmail.com

Abstract

Borago officinalis L. (borage) is one of the most important medicinal plants, widely used in pharmaceutical, nutritional, and hygienic applications due to its bioactive compounds such as alkaloids, saponins, and flavonoids. These compounds exhibit various therapeutic properties, including sedative, anti-inflammatory, and cardioprotective effects. In this study, the electrical conductivity of borage extract was measured in the presence of biosurfactants (rhamnolipid and surfactin) over the temperature range of 25–45 °C and at concentrations of 0.01–0.05 M. The results revealed that conductivity increased with both temperature and concentration. Thermodynamic activation parameters ($\Delta H^{\ddagger}$, $\Delta S^{\ddagger}$, $\Delta G^{\ddagger}$) were calculated from the data. Negative values of $\Delta S^{\ddagger}$ indicated the formation of a more ordered transition state, while the decrease in $\Delta G^{\ddagger}$ with increasing temperature confirmed the enhanced spontaneity of charge transfer. These findings highlight the role of biosurfactants in improving the conductivity and stabilization of bioactive compounds in *Borago officinalis* L., providing insights for the design of innovative drug delivery systems based on medicinal plants.

Keywords: Biosurfactants, *Borago officinalis* L., Conductometry, Thermodynamic parameters.

استخراج اسیدهای فنولیک ریشه گیاه *Salvia atropatana* Bunge با روش میدان الکتریکی ولتاژ پایین و اندازه‌گیری آنها با HPLC

هانیه داداشی[۱] و حسین هاشم پور[۲*]

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

۲- هیات علمی، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

[*]نویسنده مسئول: hashempour@azaruniv.ac.ir

چکیده

در این کار پژوهشی اسیدهای فنولیک از ریشه گیاه *Salvia atropatana* با استفاده از روش میدان الکتریکی ولتاژ پایین استخراج شده سپس در ادامه کار، اسیدهای فنولیک با استفاده از HPLC شناسایی و تعیین مقدار گردیده‌اند. در تحقیق حاضر ریشه گیاه مورد نظر در پایان فصل رویشی، در اواخر تابستان از منطقه کوه عون بن علی تبریز واقع در شمال تبریز جمع آوری گردید سپس با دو روش خیساندن و میدان الکتریکی ولتاژ پایین استخراج اسیدهای فنولیک انجام گردید برای روند علمی کار، استخراج از طریق میدان الکتریکی، دوازده آزمایش از ترکیب سه مورد ولتاژ ۲۰، ۴۰ و ۶۰ ولت و چهار مورد فاصله الکترودی۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ سانتیمتر طراحی و عصاره‌گیری در مدن زمان ۵ دقیقه انجام گردید، سپس عصاره‌های بدست آمده با HPLC مورد آنالیز قرار گرفتند و از طریق مقایسه زمان بازداری و انجام عمل اسپایک استاندارد، اسیدهای فنولیک شناسایی گردیدند و با روش کالیبراسیون خارجی استاندارد تعیین مقدار شدند. مقایسه نتایج حاصل، آزمایش با بیشترین مجموع اسیدهای فنولیک بعنوان آزمایش بهینه انتخاب گردید و عصاره بدست آمده از روش خیساندن، آنالیزهای اندازه‌گیری خاصیت ضد اکسیدانی و محتوی فنولی کل انجام گردید. نتایج بدست آمده نشان دادند که روش استخراج با میدان الکتریکی راندمان بالایی در محتوی کل اسیدهای فنولی، محتوی فنول کل و خاصیت آنتی اکسیدانی نسبت به روش خیساندن داشت. لذا می‌توان روش میدان الکتریکی با ولتاژ پایین در استخراج ترکیبات فنولی و آنتی اکسیدانها بعنوان یک روش موثر در تحقیقات ترکیبات طبیعی بکار برد.

واژه‌های کلیدی : استخراج، اسید فنولی، سالویا آتروپاتانا، مریم گلی، میدان الکتریکی.

مقدمه

ترکیبات طبیعی و مواد موثره گیاهی در فرآیندی بنام استخراج می‌توانند از بافت گیاهی خارج شوند این فرآیند استخراج با توجه به ماهیت ترکیب طبیعی مورد نظر می‌تواند با روش‌های متفاوت انجام گیرد برای مثال ترکیبات فرار اکثرا از طریق سیستم‌های مبتنی بر تقطیر استخراج می‌گردند و یا ترکیبات غیر فرار در فرآیند استخراج به داخل حلال استخراج کننده وارد می‌گردند و در نهایت از تفاله گیاهی جدا شوند. هر روزه با گسترش مطالعات بر روی ترکیبات طبیعی روش‌های جدید برای استخراج استفاده می‌گردند که یکی از این روش‌ها را می‌توان استفاده از میدان‌های الکتریکی نام برد که در مقایسه با روش‌های کلاسیک می‌تواند راندمان بالاتری را در مدت زمان کمتر نتیجه دهد.

استفاده از میدان‌های الکتریکی در فرآیند استخراج، زمینه را برای ساده‌سازی و کوتاه کردن مراحل آماده‌سازی و استخراج نمونه فراهم می‌سازد. این روش در مقایسه با سایر روش‌های استخراجی استفاده شده در مطالعه ترکیبات

طبیعی بسیار نادر می‌باشد. قابلیت انتقال ذرات در محلول‌ها در حضور میدان الکتریکی منجر به استفاده از آن به عنوان روش استخراجی از بافت گیاه شده است. میدان‌های الکتریکی به علت تخریب سلول‌ها و افزایش نفوذپذیری در بافت‌های گیاهی و حیوانی، کارایی خود را در شاخه‌های بیوشیمی، زیست‌شناسی، پزشکی و داروسازی نشان داده است. روش‌های استخراج با اعمال میدان الکتریکی به ۲ گروه دسته بندی می‌شوند: ۱- استفاده از میدان الکتریکی پالسی ۲- ایجاد میدان الکتریکی مستقیم (Gavahian et al., 2018).

در استخراج به روش میدان الکتریکی پالسی با ولتاژ بالا، مکانیسم اصلی بر پایه شکست غشای سلول‌ها می‌باشد. سازوکار اثر میدان‌های الکتریکی پالسی بر سلول‌های گیاهی و جانوری بر مبنای ایجاد روزنه‌های بسیار ریز بر اثر جریان-های الکتریکی یا فرآیند الکتروپوراسیون[1] و افزایش قابلیت نفوذ در غشا می‌باشد. مهم‌ترین ویژگی‌های این روش نسبت به فرآیندهای حرارتی این است که تخریب دیواره و غشای سلولی تحت اثر میدان‌های الکتریکی بدون کمترین آسیب به قسمت‌های دیگر انجام می‌شود و برخلاف روش حرارتی ساختمان سلول حفظ می‌گردد همچنین مواد درون سلول به سهولت از سلول خارج شده و استخراج در حداقل زمان و با مصرف انرژی کمتری صورت می‌گیرد(Yan et al. 2017) .

استخراج به روش میدان الکتریکی جریان مستقیم نسبت به روش اول مقرون به صرفه‌تر می‌باشد زیرا هزینه یک ابزار میدان الکتریکی پالسی و به کار بردن آن برای یک محیط دانشگاهی کوچک نسبتا بالاست. این روش با بکارگیری ولتاژ مستقیم و پایین در محیط استخراج مابین الکترودهای بی‌اثر، موجب بوجود آمدن یک اختلاف پتانسیل غشایی در غشای سلولی می‌شود که این امر موجب شکستن غشاء و در نتیجه افزایش نفوذپذیری می‌گردد. همچنین ایجاد میدان الکتریکی باعث افزایش قطبیت در ترکیبات طبیعی شده و به انحلال در حلال استخراجی کمک می‌کند. از رویکرد دیگر، حتی می‌توان اثر اهمیک این میدان‌ها از طریق افزایش دمای محیط استخراج که باعث انحلال بیشتر ترکیبات طبیعی می‌گردند را نیز در نظر گرفت (Sui et al., 2021).

در مطالعه‌ای استخراج ترکیبات فنولی بر روی عصاره زیتون با استفاده از روش‌های امواج ماوراء صوت و اعمال میدان‌های الکتریکی نشان داده شده که روش استخراج با ولتاژ بالا[2] بیشترین محتوی فنولی به دست می‌آید (Roselló-Soto et al. 2015). در مطالعه‌ای دیگر استخراج ترکیبات فنولی از پوست انار و بهینه‌سازی این ترکیبات تحت شرایط مختلف با روش استخراج با ولتاژ بالا بررسی شده است که در مقایسه با روش‌های سنتی استخراج باعث افزایش بازده عصاره‌گیری گردیده است (Xi et al., 2017). این مطالعه با هدف بهینه‌سازی پارامترهای استخراج ترکیبات زیست‌فعال گیاهی با استفاده از میدان‌های الکتریکی و ارزیابی کیفی و کمی عصاره‌های حاصل انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

استخراج به روش میدان الکتریکی

در این روش از جریان الکتریکی با مقادیر ولتاژ ۴۰، ۵۰ و ۶۰ ولت برای استخراج عصاره‌ها استفاده شده است. ابتدا ۱ گرم از گیاه که قبلا خشک و پودر گردیده، توزین و به مخزن منتقل شد. الکترودهای استفاده شده در استخراج، صفحاتی از جنس گرافیت و سطح تماس آن‌ها با حلال برابر ۳۰ سانتی‌متر مربع است و فاصله‌ی الکترودها در مخزن‌های استخراج در فاصله الکترودی ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ سانتی‌متر تنظیم شد. با در نظر گرفتن سطح تماس الکترودها

1. Electroporation
2. High voltage electrical discharges

مقدار مشخصی از حلال متانول ۵۰ درصد (به ترتیب ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۷۵ میلی لیتر) بر روی عصاره‌ها اضافه گردید تا سطح تماس الکترودها با حلال ثابت باقی بماند. الکترودها با استفاده از سیم‌های رابط به منبع تغذیه وصل شدند و به مدت ۵ دقیقه تحت اعمال ولتاژ قرار گرفتند عصاره‌های به دست آمده با استفاده از کاغذ صافی فیلتر شده و برای تبخیر حلال و تغلیظ نمونه از دستگاه روتاری استفاده گردید سپس عصاره‌ها جهت آنالیزهای بعدی در یخچال در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند.

اندازه‌گیری خاصیت ضد اکسیدانی با روش DPPH

برای اندازه‌گیری خاصیت ضد اکسیدانی از روش ارائه شده توسط برند- ویلیامز و همکاران با ایجاد کمی تغییرات، با استفاده از رادیکال‌های آزاد DPPH و اسپکتروفتومتر پلیت ریدر انجام گردید و در نهایت فعالیت مد نظر به صورت AAI یا همان ضریب فعالیت ضد اکسیدانی گزارش شد.

اندازه‌گیری محتوای فنول کل

اندازه‌گیری محتوی فنول کل بر پایه‌ی استفاده از استاندارد گالیک اسید و معرف فولین سیوکالتیو و با استفاده از روش ارایه شده توسط کریست و مولر با اعمال اندکی تغییرات انجام گردید.

اندازه‌گیری و شناسایی اسیدهای فنولیک با HPLC

برای جداسازی و اندازه‌گیری مقادیر متابولیت‌های ثانویه‌ی مورد نظر در گیاه، فاز متحرک به صورت ترکیبی از متانول و آب که در زمان‌های مختلف دارای درصدی متفاوت بودند، مورد استفاده قرار گرفت. روش شویش گرادیانت با استفاده از آب (فاز متحرک A، دارای ٪ ۰/۰۲ تری فلوروواستیک اسید) و متانول (فاز متحرک B) بر روی ستون C18 استفاده گردید. سرعت فاز متحرک ml/min ۰/۵ و طول موج دتکتور nm ۲۷۵ تنظیم گردید. برای شناسایی و تعیین مقدار اسیدهای فنولیک از آنالیز مخلوط استانداردهای آن‌ها استفاده گردید و با استفاده زمان بازداری و اسپایک، شناسایی‌ها انجام گردید و تعیین مقادیر نیز با استفاده از روش کالیبراسیون استاندارد خارجی انجام شدند.

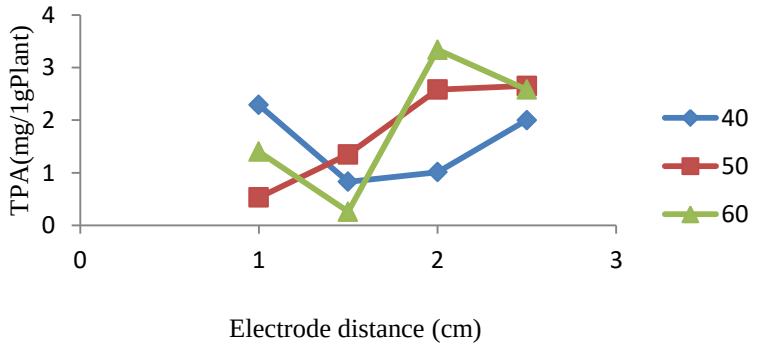
نتایج و بحث

نتایج نشان دادند که استفاده از میدان الکتریکی نسبت به روش خیساندن دارای فواید زیادی است و با کاهش زمان استخراج به ۵ دقیقه، مجموع مقادیر اسیدهای فنولیک استخراج شده، فعالیت ضد اکسیدانی و مجموع محتوی فنول کل مقادیر بالاتری را از خود نشان دادند. در نمودار شماره ۱ نتایج حاصل از آنالیز اسیدهای فنولیک برای ۱۲ آزمایش انجام شده توسط استخراج با میدان الکتریکی آورده شده است.

همانطوریکه دیده می‌شود عصاره بدست آمده در ولتاژ ۶۰ و فاصله الکترودی ۲ سانتی‌متر بیشترین مقدار کل اسیدهای فنولیک به مقدار mg/g ۳/۳۴ گیاه خشک بدست آمده است. همچنین آنالیز عصاره بدست آمده با روش خیساندن مقدار کل اسیدهای فنولیک را mg/g ۲/۲۹ گیاه خشک نتیجه داده است.

بررسی فعالیت ضد اکسیدانی با روش DPPH برای اندیس فعالیت ضد اکسیدانی یا AAI مقادیر ۰/۹۷ و ۰/۵۴ را بترتیب برای عصاره‌های بدست آمده از استخراج با میدان الکتریکی و استخراج بروش خیساندن نتیجه شده است که نشان دهنده فعالیت بالای ضد اکسیدانی عصاره استخراج شده با میدان الکتریکی است.

همچنین آنالیزهای مربوط به محاسبه محتوی کل فنولی نشانگر مقدار بالا برای عصاره بدست آمده از میدان الکتریکی بوده است که مقدار ۱۰/۲۴ mg GAE/g در مقابل ۰/۸۷ mg GAE/g از گیاه خشک را گزارش شده است. این نتیجه نشانگر استخراج ترکیبات زیادتر فنولی نسبت به روش خیساندن کلاسیک می‌باشد. تحقیقات نشان داده استفاده از میدان الکتریکی در استخراج ترکیبات موثره می‌تواند نسبت به روش‌های کلاسیک دارای راندمان بهتری باشد و با کاهش زمان استخراج موجب کاهش هزینه‌ها در کارهای صنعتی گردد (Moharrami and Hashempour, 2021).



نمودار ۱. نتایج حاصل از آنالیز مجموع اسیدهای فنولیک برای ۱۲ آزمایش استخراج با میدان الکتریکی

نتیجه‌گیری نهایی

براساس یافته‌های این تحقیق، تکنیک استخراج با میدان الکتریکی در شرایط بهینه (ولتاژ ۶۰ ولت و فاصله الکترودی ۲ سانتی‌متر) به عنوان روشی کارآمد، سریع و مقرون به صرفه برای استخراج ترکیبات فنولیک با فعالیت ضد اکسیدانی بالا معرفی می‌شود که می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش‌های استخراج سنتی در مقیاس صنعتی محسوب گردد. کاربرد این روش نوین نه تنها موجب افزایش قابل توجه بازدهی استخراج، بلکه باعث کاهش چشمگیر زمان و هزینه‌های فرآیند نیز خواهد شد.

منابع

Gavahian, M., Chu, Y. H., and Sastry, S. (2018). Extraction from food and natural products by moderate electric field: Mechanisms, benefits, and potential industrial applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(4), 1040-1052.

Sui, Y., Huang, W. C., Wu, Y., Qi, X., & Mao, X. (2021). Lipid extraction from Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) by-product in low-voltage DC electric field and its mechanism. Journal of Cleaner Production, 283, 124673.

Yan, L. G., He, L., and Xi, J. (2017). High intensity pulsed electric field as an innovative technique for extraction of bioactive compounds—A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, *57*(13), 2877-2888.

Moharrami, S., & Hashempour, H. (2021). Comparative study of low-voltage electric field-induced, ultrasound-assisted and maceration extraction of phenolic acids. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 202, 114149.

Roselló-Soto, E., Barba, F. J., Parniakov, O., Galanakis, C. M., Lebovka, N., Grimi, N., & Vorobiev, E. (2015). High voltage electrical discharges, pulsed electric field, and ultrasound assisted extraction of protein and phenolic compounds from olive kernel. Food and Bioprocess Technology, 8(4), 885-894.

Xi, J., He, L., & Yan, L. G. (2017). Continuous extraction of phenolic compounds from pomegranate peel using high voltage electrical discharge. Food Chemistry, 230, 354-361.

Extraction of phenolic acids from Salvia atropatana Bunge roots using low-voltage electric field-assisted extraction and their quantification by HPLC

Haniyeh Dadashi[1], Hossein Hashempour*[1]
1. Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
*Corresponding Author: hashempour@azaruniv.ac.ir

Abstract

In this study, phenolic acids were extracted from *Salvia atropatana* roots using low-voltage electric field-assisted extraction (EFAE) and subsequently identified and quantified by HPLC. The plant roots were collected at the end of the growing season in early autumn from the Oon Ben Ali mountain region located in northern Tabriz, Iran. Two extraction methods were employed: conventional maceration and low-voltage EFAE. For the EFAE process, an experimental design comprising twelve treatments was implemented, combining three voltage levels (20, 40, and 60 V) with four electrode distances (1, 1.5, 2, and 2.5 cm). All extractions were performed for 5 minutes. The obtained extracts were analyzed by HPLC, with phenolic acids identified through retention time comparison and standard spiking. Quantification was achieved using external standard calibration. Based on the results, the treatment yielding the highest total phenolic acid content was selected as optimal. Comparative analyses of antioxidant activity and total phenolic content were conducted for both the optimized EFAE extract and the maceration extract. The results demonstrated that the EFAE method exhibited significantly higher efficiency in terms of total phenolic acid content, total phenolic content, and antioxidant activity compared to conventional maceration. These findings suggest that low-voltage electric field-assisted extraction can be effectively employed as an efficient method for extracting phenolic compounds and antioxidants in natural product research.

Keywords: Electrical Field, extraction, *Salvia atropatana*, phenolic acid, *Salvia*

ارزیابی فعالیت‌های بیولوژیکی عصاره برگ ازگیل (*Mespilus germanica*) در دو منطقه جغرافیایی

مصطفی گواهی*[1]، الهه درویشی[1]

۱- گروه نانوزیست فناوری، دانشکده زیست فناوری، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران

*نویسنده مسئول: m.govahi@ausmt.ac.ir

چکیده

ازگیل (*Mespilus germanica*) یکی از گیاهان با خواص دارویی و بیولوژیکی متعدد است که در مناطق مختلف ایران رشد می‌کند. هدف از این تحقیق، بررسی و مقایسه فعالیت‌های بیولوژیکی عصاره برگ ازگیل جمع آوری‌شده از دو منطقه بهشهر و آمل در استان مازندران است. نمونه‌ها در فصل بهار جمع آوری و خشک شدند. عصاره‌گیری با روش خیساندن در متانول ۸۰٪ صورت گرفت. فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی عصاره‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین هاله عدم رشد مربوط به باکتری *Staphylococcus aureus* به میزان ۰/۲۲±۲۶ در منطقه بهشهر بود. منطقه بهشهر دارای میزان فنل و فلاونوئید بیشتر و در نتیجه اثرات ضد باکتریایی بالاتری نسبت به منطقه آمل بوده است. علت این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از شرایط اقلیمی، خاک و عوامل محیطی متفاوت در دو منطقه مورد مطالعه باشد. یافته‌های این تحقیق می‌تواند در انتخاب منابع گیاهی مناسب برای مصارف دارویی و صنعتی مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: ازگیل، اقلیم، فعالیت آنتی اکسیدانی، فعالیت باکتریایی

مقدمه

امروزه در اکثر کشورهای جهان دانش گیاه درمانی در دستور کار پژوهش‌های مجامع علمی قرار گرفته و رویکرد به طب گیاهی همواره روند رو به رشد داشته است. یافتن نیروهای شفابخش موجود در طبیعت، همواره یکی از قدیمی‌ترین ایده‌های بشر بوده است. قدمت شناخت خواص دارویی گیاهان، شاید بیرون از حافظه تاریخ باشد. یکی از دلایل مهم این قدمت، حضور باورهای ریشه‌دار مردم سرزمین‌های مختلف در خصوص استفاده از گیاهان دارویی است. گیاهان دارویی در مناطق وسیعی از ایران مانند استان‌های خراسان، فارس، آذربایجان شرقی و غربی، کرمان، گیلان، مازندران، ایلام، اصفهان، لرستان، همدان و اردبیل تولید می‌شوند و تولید این محصولات وابستگی زیادی به شرایط اقلیمی دارد. این گونه‌های دارویی، منبع غنی از مواد موثره اساسی برای ساخت بسیاری از داروها می‌باشند. این مواد اگرچه اساساً با هدایت فرآیندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند ولی ساخت آن‌ها به طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. کیفیت و میزان متابولیت‌های یک گیاه در رویشگاه‌ها و مناطق مختلف تغییر می‌یابد، که دلیل این امر نوسان فعالیت‌های متابولیکی گیاه تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی است. زمانی که برخی عوامل محیطی تغییر کند، باید موجود زنده به هر نحوی با محیط جدید سازگار شود، که این سازگاری بر یک جریان و فرآیند بیوشیمیایی و ریختی استوار است. در پی این اصل، همچنان این روند سازگاری ادامه دارد و در شرایط اقلیمی و اکولوژی متفاوت، این متابولیسم در گیاهان مختلف کم و بیش دستخوش تغییر می‌شوند، لذا گونه‌های یکسان و متفاوت این گیاهان در

شرایط اقلیمی و اکولوژی خاص از نظر کمیت و کیفیت مواد مؤثره، تیپ‌های شیمیایی (مونه) متفاوت و متنوعی را تشکیل می‌دهند، که این تنوع خود منجر به تفاوت در دامنه فعالیت‌های دارویی و بیولوژیک نیز می‌شود (Zamani et al., 2024). گیاهان دارویی از دیرباز نقش مهمی در درمان بیماری‌ها و حفظ سلامت انسان داشته‌اند. یکی از این گیاهان، ازگیل (*Mespilus germanica*) است که به‌دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی و آنتی‌اکسیدانی، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. شرایط محیطی مانند اقلیم، نوع خاک، ارتفاع از سطح دریا و میزان نور خورشید می‌توانند بر ترکیبات شیمیایی و فعالیت‌های بیولوژیکی گیاهان تأثیرگذار باشند. استان مازندران با تنوع اقلیمی بالا، بستری مناسب برای بررسی این تأثیرات فراهم می‌آورد. در این پژوهش، فعالیت‌های بیولوژیکی عصاره برگ ازگیل در دو منطقه بهشهر و آمل مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته تا نقش عوامل محیطی در خواص دارویی این گیاه مشخص شود.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده زیست فناوری دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل در سال ۱۴۰۳ انجام شد. نمونه‌های برگ تازه گیاه ازگیل پس از برداشت از درخت با آب روان شسته و در سایه خشک شد. پس از آسیاب شدن برگ‌ها نمونه‌ها با ۸۰ میلی‌لیتر متانول و ۲۰ میلی‌لیتر آب استریل ترکیب شد و به مدت یک ساعت روی هیتر استیرر با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از آن به مدت ۷۲ ساعت در دستگاه انکوباتور شیکردار در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۹۰ دور بر دقیقه قرار گرفت. سپس به مدت یک ساعت در دمای محیط در حالت سکون قرار داده‌شد. عصاره‌ی حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با ۶۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفوژ و سپس با کاغذ واتمن شماره یک صاف گردید. حلال با دستگاه روتاری از ترکیب جدا شد، سپس در پتری دیش ریخته و در آون در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد خشک شد. نمونه‌های خشک شده پس از جمع‌آوری به منظور انجام آزمایش‌های بعدی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای تعیین مقدار فنل کل عصاره‌ها از روش فولین-سیوکالتیو (Folin–Ciocalteu) استفاده شد (Pérez et al., 2023). همچنین برای سنجش فلاونوئید کل از روش آلومینیوم کلرید استفاده شد (Chang et al., 2002). برای بررسی فعالیت ضدباکتریایی عصاره‌ها از روش انتشار دیسک استفاده شد. باکتری‌های گرم منفی *Salmonella typhimurium* و گرم مثبت *Staphylococcus aureus* از محیط کشت تازه تهیه شدند. محیط کشت مولر هینتون آگار آماده شده و در پتری دیش‌ها ریخته شدند. سوسپانسیون باکتری‌ها با چگالی معادل ۰/۵ مک فارلند تهیه و روی سطح محیط کشت ریخته شد. دیسک‌های استریل کاغذی با ۲۰ میکرولیتر از عصاره آغشته شده و روی محیط کشت قرار گرفتند. سپس پتری دیش‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند. قطر ناحیه عدم رشد با خط‌کش بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد (Bauer et al., 1996). داده‌های به دست آمده از آزمایش ابتدا نرمال گردیده و سپس با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS 25 در سطح احتمال پنج درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج تعیین محتوای فنل و فلاونوئید کل عصاره متانولی ازگیل که بر اساس منحنی استاندارد گالیک اسید اندازه‌گیری شده‌بود، نشان داد که که این گیاه دارای محتوای فنل کل ۰/۰۳ ± ۲/۴۹ و ۰/۰۵ ± ۲/۸۴ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم عصاره و فلاونوئید کل ۰/۱۶ ± ۵/۴۸ و ۰/۱۶ ± ۶/۱۰ میلی گرم گالیک اسید در گرم عصاره به ترتیب در دو منطقه آمل و بهشهر می‌باشد. تفاوت در میزان ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی بین دو منطقه آمل و بهشهر، می‌تواند ناشی از تغییر شرایط محیطی نظیر دما، میزان بارندگی، ارتفاع از سطح دریا و نوع خاک باشد. تحقیقات گذشته نشان

داده‌اند که شرایط اقلیمی و موقعیت جغرافیایی تأثیر قابل توجهی بر تولید متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارند، به‌طوری‌که گیاهان در مناطق با تنش‌های محیطی بیشتر، معمولاً ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی بالاتری تولید می‌کنند (Rabie et al., 2020).

نتایج بررسی فعالیت ضدباکتریایی عصاره برگ ازگیل روی باکتری‌های گرم منفی *Salmonella typhimurium* و گرم مثبت *Staphylococcus aureus* بر حسب میلی‌متر در جدول ۱ گزارش شده است. بیشترین هاله عدم رشد در باکتری *S. typhimurium* به میزان ۰/۲۱±۲۳ میلی‌متر در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر در منطقه بهشهر مشاهده شد. همچنین بیشترین هاله عدم رشد در باکتری *S. aureus* به میزان ۰/۲۲±۲۶ میلی‌متر در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر در منطقه بهشهر مشاهده شد. همچنین در بین دو باکتری نیز باکتری گرم مثبت نسبت به باکتری گرم منفی در هر دو منطقه هاله عدم رشد بیشتری از خود نشان داد.

جدول ۱. جدول نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل حاصل از بررسی فعالیت ضد باکتریایی غلظت‌های مختلف عصاره ازگیل علیه دو سویه باکتری در دو منطقه آمل و بهشهر بر حسب میلی‌متر

میکرو ارگانیسم	منطقه جغرافیایی	غلظت عصاره (میلی‌گرم/میلی‌لیتر) ۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	آنتی‌بیوتیک	نوع آنتی‌بیوتیک
S. typhimurium	آمل	j۰/۱۰±۱۰	hi۰/۱۷±۱۲	f۰/۱۷±۱۷	cd۰/۱۹±۲۱	۰/۰±۱۸	جنتامایسین
	بهشهر	ij۰/۱۲±۱۱	g۰/۱۶±۱۴	e۰/۱۶±۱۹	bc۰/۲۱±۲۳	۰/۰±۱۸	جنتامایسین
S. aureus	آمل	gh۰/۱۲±۱۳	f۰/۱۱±۱۷	de۰/۱۵±۲۰	b۰/۲۱±۲۴	۰/۰±۲۰	وانکومایسین
	بهشهر	g۰/۱۱±۱۴	e۰/۱۳±۱۹	bc۰/۲۰±۲۳	a۰/۲۲±۲۶	۰/۰±۲۰	وانکومایسین

میانگین‌های دارای حروف مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار آماری بر اساس آزمون دانکن ($P \leq 5\%$) می‌باشند.

افزایش غلظت ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در عصاره‌های گیاهی با تقویت اثرات ضدباکتریایی آن‌ها ارتباط مستقیم دارد. این ترکیبات با ایجاد اختلال در ساختار غشای سلولی، مهار آنزیم‌های حیاتی و القای استرس اکسیداتیو در سلول‌های باکتریایی، موجب کاهش رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها می‌شوند. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که عصاره‌هایی با محتوای بالاتر از این متابولیت‌های ثانویه، فعالیت ضدباکتریایی قوی‌تری در برابر باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی از خود نشان می‌دهند. به‌عنوان نمونه، در مطالعه‌ای توسط Rabiei و همکاران (۲۰۲۰)، رابطه معنی‌داری بین میزان فنل و فلاونوئید موجود در عصاره گیاه *Crocus pallasii* و اثر بازدارندگی آن بر رشد *Staphylococcus aureus* و *Escherichia coli* گزارش شد. شرایط اقلیمی متفاوت نقش تعیین‌کننده‌ای در تولید ترکیبات و متبولیت‌های ثانویه گیاهی دارند. این ترکیبات، از جمله فنل‌ها، فلاونوئیدها و اسانس‌های فرار، مسئول اصلی فعالیت‌های ضد میکروبی گیاهان هستند. تغییر در عوامل محیطی می‌تواند منجر به افزایش یا کاهش غلظت این ترکیبات شود و در نتیجه، اثر ضد میکروبی عصاره گیاه را تحت تأثیر قرار دهد.

نتیجه‌گیری نهایی

در کل می‌توان نتیجه گرفت که عصاره برگ گیاه ازگیل دارای مقادیر قابل توجهی از ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی است که با فعالیت ضدباکتریایی آن همبستگی مستقیم دارد. همچنین، تفاوت اقلیمی بین مناطق نمونه‌برداری تأثیر قابل توجهی بر میزان این ترکیبات و قدرت ضدمیکروبی عصاره‌ها داشت. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که شرایط

محیطی و محتوای ترکیبات و متابولیت‌های ثانویه گیاهی نقش مهمی در اثربخشی دارویی گیاهان دارند و باید در انتخاب منابع گیاهی برای کاربردهای درمانی مورد توجه قرار گیرند. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای توسعه فرآورده‌های گیاهی با خواص ضدمیکروبی، به‌ویژه در صنایع دارویی و بهداشتی، مورد استفاده قرار گیرد و در انتخاب مناطق مناسب برای کشت و بهره‌برداری از گیاهان دارویی راهگشا باشد.

منابع

Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. American Journal of Clinical Pathology, 45(4), 493–496.

Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Ffood and Ddrug Aanalysis*, *10*(3).

Moudi, M., Zivyar, N., & Bagherzade, G. (2020). Identification of phenolic and flavenoid compounds in *Crocus pallasii* subsp. haussknechtii (Boiss. & Reut. ex Maw) B. Mathew. and antibacterial analysis. *Journal of Saffron Research*, *8*(1), 127-140.

Pérez, M., Dominguez-López, I., & Lamuela-Raventós, R. M. (2023). The chemistry behind the folin–ciocalteu method for the estimation of (poly) phenol content in food: Total phenolic intake in a mediterranean dietary pattern. *Journal of Aagricultural and Ffood Cchemistry*, *71*(46), 17543-17553.

Rabie, M., Bijary, N., Asri, Y., & Bakhshi Khaniki, G. (2020). The effect of some environmental factors on morphological, anatomical and phytochemical traits of Jujube (*Ziziphus jujuba* Miller) in South Khorasan province, Iran. *Journal of Plant Biological Sciences*, *12*(2), 97-116.

Zamani, Z., Tamartash, R., Heidari, Q., & Jafarian Jelodar, Z. (2024). Investigating the effect of ecological factors on essential oil composition of medicinal species *Stachys lavandulifolia* Vahl. in Baghtilak rangeland of Sari. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, *30*(4), 489-504.

Comparison of the biological activities of medlar (*Mespilus germanica*) leaf extracts from two geographical regions

Mostafa Govahi[1], Elahe Darvishi[1]
1. Department of Nanobiotechnology, Faculty of Biotechnology, Amol University of Special Modern Technologies, Amol 4615664616, Iran
*Corresponding Author: m.govahi@ausmt.ac.ir

Abstract

medlar (*Mespilus germanica*) is a medicinal plant with diverse biological properties that grows in various regions of Iran. This study aimed to investigate and compare the biological activities of leaf extracts of *M. germanica* collected from two regions—Behshahr and Amol—in Mazandaran province. Samples were collected and dried during the spring season, and extraction was performed using 80% methanol via maceration. The antioxidant and antibacterial activities of the extracts were evaluated. The results indicated that the largest inhibition zone (26 ± 0.22 mm) against *Staphylococcus aureus* was observed in the Behshahr sample. The extract from Behshahr exhibited higher levels of phenolic and flavonoid compounds, resulting in stronger antibacterial effects compared to the Amol sample. These differences may be attributed to variations in climate, soil composition, and environmental factors between the two regions. The findings of this study may contribute to the selection of suitable plant sources for pharmaceutical and industrial applications.

Keywords: *Mespilus germanica*, Climate, Antioxidant activity, Antibacterial activity

ارتباط بین عوامل خاکی و درصد اسانس جمعیت‌های مختلف گیاه زیره سیاه اروپایی *Carvi Carvi* L.

نعیمه نجفی[1*]، سعید حضرتی[1] و حمید محمدی[1]

۱- گروه کشاورزی زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

*نویسنده مسئول: naimeh.namnam@yahoo.com

چکیده

عوامل محیطی و خاکی نقش تعیین‌کننده‌ای در فرآیندهای تولید و تجمع متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی و معطر ایفا می‌کنند و بر فعالیت دارویی و بیولوژیکی آنها تأثیر مستقیم می‌گذارند. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر ویژگی‌های خاک بر درصد اسانس زیره سیاه اروپایی در هشت جمعیت مختلف شمال غرب ایران انجام شد. موقعیت جغرافیایی هشت منطقه در استان‌های شمال غرب کشور با استفاده از GPS ثبت گردید. نمونه‌های بذر زیره سیاه از هر منطقه جمع‌آوری و پس از خشک کردن، فرآیند اسانس‌گیری با استفاده از دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب انجام شد. خصوصیات مختلف خاک شامل هدایت الکتریکی، ماده آلی، نیتروژن، پتاسیم، فسفر و pH مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که میانگین درصد اسانس بین جمعیت‌های مختلف تفاوت معنی‌داری داشت. جمعیت لیقوان سهند با ۲/۵۹ درصد بالاترین میزان اسانس را داشت که با جمعیت اسپره‌خون (۲/۳۵درصد) اختلاف آماری معنی‌داری نشان نداد. کمترین درصد اسانس به ترتیب در جمعیت‌های اهر و سبلان مشاهده شد. تجزیه همبستگی نشان داد که بین درصد اسانس و فسفر خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد، در حالی که با ماده آلی خاک همبستگی منفی معنی‌داری مشاهده گردید. تجزیه واریانس داده‌ها تأثیر معنی‌دار مناطق نمونه‌برداری بر تمامی صفات خاکی مورد بررسی و همچنین بر درصد اسانس را تأیید کرد. این پژوهش وجود تنوع قابل توجه در درصد اسانس بین جمعیت‌های مختلف زیره سیاه اروپایی را نشان داد که تحت تأثیر مستقیم عوامل خاکی و محیطی قرار می‌گیرد. نتایج تجزیه چندمتغیره نیز این تنوع را تأیید کرد. این یافته‌ها پایه‌ای علمی برای شناسایی و انتخاب جمعیت‌های برتر زیره سیاه جهت اهداف دارویی و صنعتی فراهم می‌آورد و می‌تواند در بهینه‌سازی شرایط کشت این گیاه دارویی ارزشمند مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: عوامل خاکی، عوامل ژنتیکی، درصد اسانس، ماده آلی، نیتروژن خاک.

مقدمه

گیاهان دارویی از دیرباز تا کنون نقش بنیادی در تأمین بهداشت و سلامت جوامع بشری ایفا کرده‌اند و همواره به‌عنوان منابع اصلی درمان و پیشگیری از بیماری‌ها مورد توجه قرار گرفته‌اند (Anand et al., 2019). این بخش حیاتی از منابع طبیعی که قدمتی همپای تاریخ بشر دارد، یکی از مهم‌ترین منابع تأمین نیازهای غذایی و دارویی انسان در طول قرون متمادی بوده است. از منظر تاریخی، گیاهان نقش کلیدی در توسعه تمدن‌های بشری داشته و تحقیقات گسترده‌ای برای کشف فرآورده‌های طبیعی و مواد دارویی گیاهی انجام پذیرفته است.

در دهه‌های اخیر، گرایش جوامع به استفاده از داروها و درمان‌های گیاهی و به‌طورکلی فرآورده‌های طبیعی افزایش چشمگیری یافته است. این روند رو به رشد عمدتاً ناشی از عوارض جانبی داروهای شیمیایی از یک سو و نگرانی‌های زیست‌محیطی ناشی از آلودگی‌هایی است که کره زمین را تهدید می‌کند (Vaou et al., 2021).

زیره سیاه اروپایی (*Carum carvi* L.) گیاهی دوساله از خانواده چتریان (Apiaceae) است که بومی نواحی غربی آسیا و اروپا محسوب می‌شود. پراکنش طبیعی این گونه در آسیا شامل مناطقی در ایران، ترکمنستان، افغانستان، پاکستان، کشمیر و آسیای مرکزی است. در ایران، حضور این گیاه در استان‌های گلستان (گرگان)، اصفهان (نزدیک نایین)، فارس (بین فسا و شیراز، کوه بیشه نزدیک استهبانات)، کرمان (کوه جوپار، جبال بارز بین بم و جیرفت)، تهران (پس قلعه)، سیاه‌کوه دامغان و سمنان گزارش شده است. در استان آذربایجان شرقی نیز در نواحی لمبران، لیقوان، اسپره خون، دامنه‌های سهند، سبلان و گنبرف حضور دارد.

زیره سیاه اروپایی دارای ۸ درصد تانن، ، موم، موسیلاژ، مواد رزینی، مواد قندی مختلف ۱۹ الی ۲۰ درصد، مواد نیتروژن دار و ۳/۵ الی ۹ درصد اسانس است (Hajlaoui et al., 2021). که به‌عنوان طعم‌دهنده در صنایع غذایی، عطرسازی و داروسازی کاربرد وسیعی دارد. خواص دارویی متنوع آن شامل اثرات ادرارآور، ضدهیپرگلیسمی، ضدهیپرکلسترولی و ضدسرطانی است. ترکیب کارون به‌عنوان جزء اصلی اسانس زیره سیاه اروپایی دارای فعالیت بیولوژیکی قابل توجهی بوده و خواص ضدمیکروبی مؤثری نشان می‌دهد. علاوه بر این، اسانس دانه این گیاه سرشار از اسید پتروسلینیک، اسید چرب غیرمعمولی است که از نظر صنعتی و تغذیه‌ای اهمیت ویژه‌ای دارد و در نظارت بر متابولیسم چربی و کنترل سطح چربی خون کاربرد بالینی دارد (Hajlaoui et al., 2021).

آگاهی از جنبه‌های مختلف فیتوشیمیایی گیاهان دارویی، محققان را در تعیین راهبردهای بهره‌برداری، اصلاح و اهلی‌سازی یاری می‌کند. ارزیابی درصد اسانس ژنوتیپ‌های گیاهان دارویی یکی از اولین مراحل شناسایی منابع ژنتیکی محسوب می‌شود. این روش علاوه بر اینکه کم‌هزینه و قابل اجرا است، نگرش کلی و جامعی درباره پتانسیل ژرم‌پلاسم مورد مطالعه ارائه می‌دهد.

وجود همبستگی بین محتوای اسانس و برخی خصوصیات خاکی که ارزیابی مستقیم آن‌ها پیچیده است، می‌تواند به اصلاح‌گران در بهره‌گیری از این صفات به‌عنوان نشانگرهای انتخابی در برنامه‌های اصلاحی کمک شایانی نماید. بنابراین، شناخت دقیق تأثیر عوامل خاکی بر تولید اسانس در جمعیت‌های مختلف زیره سیاه اروپایی اهمیت فراوانی در بهینه‌سازی تولید و توسعه کشت این گیاه ارزشمند دارد‌این پژوهش با هدف کلی بررسی تأثیر عوامل خاکی بر درصد اسانس زیره سیاه اروپایی در جمعیت‌های مختلف شمال غرب ایران و شناسایی جمعیت‌های برتر از نظر تولید اسانس انجام شد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری مواد گیاهی و انتخاب محل های پراکنش

تحقیق حاضر به منظور بررسی تنوع در درصد اسانس جمعیت‌های مختلف زیره سیاه اروپایی استان‌های واقع در شمال غرب کشور ایران انجام شد. ابتدا با مطالعه منابع معتبر و بررسی نواحی مختلف مناطق پراکنش زیره سیاه اروپایی، واقع در استان‌های شمال غرب کشور شناسایی شده و سپس در ادامه با سفر به مکان‌های شناسایی شده، موقعیت مکانی دقیق جمعیت‌ها (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) توسط دستگاه GPS مشخص گردید. در این پژوهش هشت جمعیت زیره سیاه اروپایی از مناطق گنبرف (آذرشهر-آذربایجان شرقی)، اسپره خون (آذربایجان

شرقی)، لیقوان سهند (آذربایجان شرقی)، اهر (آذربایجان شرقی)، ورگه سران (اردبیل)، سبلان (اردبیل)، لمبران (آذربایجان شرقی) و سراب (آذربایجان شرقی) مورد بررسی قرار گرفت. در هنگام جمع‌آوری جمعیت‌ها سعی بر آن بود که از گستره وسیعی از اقلیم استان‌های مورد نظر که این گیاه پراکنش دارد جمع‌آوری صورت گیرد. جهت شناسایی جمعیت‌های زیره سیاه اروپایی، نمونه‌های بذر در فصل بذردهی (اواسط خرداد تا اواخر تیر) از مناطق مورد مطالعه جمع‌آوری و جهت شناسایی به آزمایشگاه گیاهان دارویی و معطر منتقل شد.

بررسی خصوصیات خاک و اقلیمی منطقه

جهت ارزیابی خصوصیات خاک هر کدام از مناطق مورد مطالعه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر تعداد سه نمونه برداشت شد و جهت اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاک منتقل شد. در این مرحله صفاتی مانند هدایت الکتریکی (EC)، pH، ماده آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

استخراج اسانس

به منظور استخراج اسانس، بذر از مناطق جمع‌آوری گردید و نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، در محیط آزمایشگاه، تحت شرایط سایه، خشک شدند. نمونه‌های بذر خشک شده که هر کدام دارای ۳ تکرار بوده، پس از تعیین وزن خشک، برای اسانس‌گیری آماده گردید. جهت اسانس‌گیری ۵۰ گرم بذر را خرد کرده به همراه ۷۰۰ میلی‌لیتر آب درون بالن ۱۰۰۰ میلی‌لیتری دستگاه کلونجر نصب در دستگاه شوف بالن قرار داده شد تا با روش تقطیر با آب پس از ۱۵۰ دقیقه اسانس نمونه‌ها استخراج گردد.

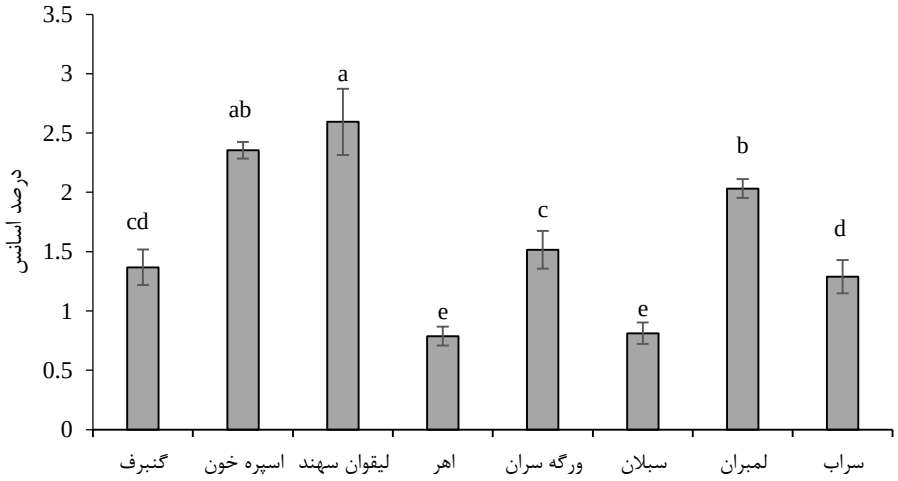
تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه صفات مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ۹/۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسات میانگین داده‌ها به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال آماری پنج درصد انجام شد و سپس نمودارها با استفاده نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

محتوی اسانس

بر پایه نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی مشاهده شد که بین جمعیت‌های مختلف زیره سیاه اروپایی از نظر صفت درصد اسانس اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که جمعیت لیقوان سهند (۲/۵۹ درصد) دارای بیشترین مقدار اسانس در بین کلیه جمعیت‌های مورد مطالعه بود که با جمعیت اسپره خون (۲/۳۵ درصد) اختلاف معنی‌داری از نظر آماری نداشت. در مقابل کمترین مقدار درصد اسانس مربوط به جمعیت‌های اهر (۰/۷۸ درصد) و سبلان (۰/۸۱ درصد) بود که در یک سطح آماری قرار داشتند (نمودار ۱).



جمعیت های زیره سیاه اروپایی

نمودار ۱. مقایسه میانگین مربوط به صفت درصد اسانس در جمعیت‌های مختلف زیره سیاه اروپایی. ستون‌های موجود در نمودار نشان دهنده‌ی میانگین ±SE می‌باشد.

درصد اسانس در گیاهان دارویی صفتی پیچیده است که تحت تأثیر متقابل عوامل ژنتیکی، محیطی و خاکی قرار می‌گیرد که در این میان، نقش اثرات خاکی بسیار چشمگیر است (Rai and Agrawal, 2023). نتایج این مطالعه نشان داد که جمعیت اسپره خون با برتری همزمان در چندین خصوصیت خاکی شامل ماده آلی، pH، هدایت الکتریکی و نیتروژن، عملکرد مطلوبی از نظر محتوای اسانس داشت. عوامل فیزیکی و شیمیایی خاک نقش بنیادی در سنتز اسانس گیاهان دارویی ایفا می‌کنند. غلظت بالای نیتروژن در خاک منطقه اسپره خون منجر به بهبود جذب این عنصر حیاتی توسط گیاه و در نتیجه تحریک سنتز ترکیبات اسانس شد. نیتروژن از طریق بهبود فرایند فتوسنتز، تنظیم عملکرد روزنه‌ها، تقویت فعالیت ریشه‌ها و بهینه‌سازی انتقال محصولات فتوسنتزی رشد و نمو کلی گیاه را ارتقا می‌دهد (Mu and Chen, 2021).

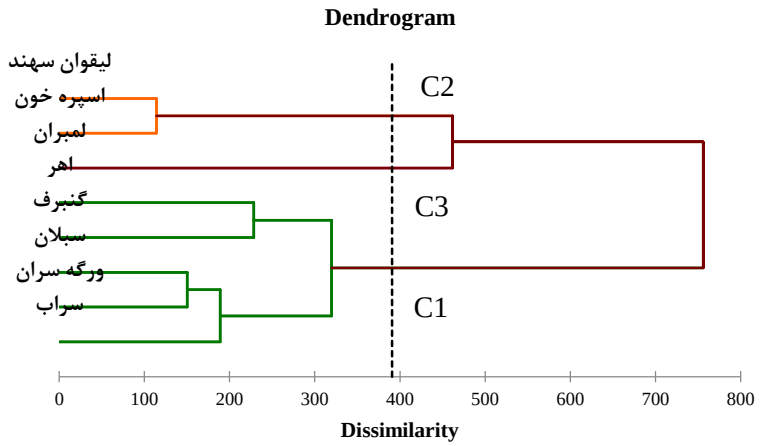
ماده آلی خاک از طریق بهبود ساختار خاک، توسعه سیستم ریشه‌ای و تسهیل جذب عناصر غذایی، فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه را ارتقا داده و بر بهبود سنتز اسانس جمعیت اسپره خون تأثیر مثبت گذاشت (Dehsheikh et al., 2021).

تغییرات pH خاک موجب تحولات اساسی در سنتز متابولیت‌های ثانویه می‌شو (Khalil (et al., 2020) . منطقه اسپره خون با pH مطلوب (۷/۷) شرایط بهینه‌ای برای جذب عناصر غذایی و توسعه سیستم ریشه‌ای فراهم کرد که منجر به تحریک سنتز اسانس گردید.

جمعیت‌های اهر و سبلان علی‌رغم برتری در برخی خصوصیات خاکی، محتوای اسانس پایینی داشتند. این موضوع احتمالاً به دلیل ارتفاع کم این مناطق (۱۳۶۰ و ۱۸۰۰ متر به‌ترتیب) و شرایط دمایی و نوری ناشی از آن بوده است. همچنین پتانسیل ژنتیکی این جمعیت‌ها در سنتز اسانس محدودتر به نظر می‌رسد، زیرا در حضور شرایط مساعد خاکی نیز عملکرد مطلوبی نداشتند.

گروه‌بندی جمعیت‌های زیره سیاه اروپایی بر اساس خصوصیات خاک و درصد اسانس

بر اساس نتایج تجزیه کلاستر مشاهده شد که هشت رویشگاه مورد بررسی از نظر خصوصیات محیطی به سه گروه مجزا تفکیک شدند (نمودار ۲). بای پلات حاصل از مولفه‌های اول و دوم نشان داد که رویشگاه‌های ورگه سران، اهر، سراب و گنبرف در یک گروه قرار گرفتند و با صفت pH همبستگی بالایی داشتند. از سویی دیگر رویشگاه‌های سبلان و اسپره خون به دلیل دارا بودن خصوصیات نزدیک به هم در یک گروه به طور مشترک قرار گرفتند و با صفات هدایت الکتریکی و فسفر خاک رابطه قوی داشتند. رویشگاه لیقوان سهند به فاصله زیاد نسبت به سایر رویشگاه‌ها به تنهایی در یک گروه تفکیک شد. رویشگاه لیقوان سهند از نظر صفات میزان نیتروژن و ماده آلی خاک و ارتفاع از سطح دریا در مقایسه با سایر رویشگاه‌ها برتر بود. همچنین رویشگاه لمبران نیز به دلیل دارا بودن فاصله زیاد نسبت به سایر رویشگاه‌ها به تنهایی در یک گروه تفکیک شد. رویشگاه لمبران از نظر صفت پتاسیم خاک در مقایسه با سایر رویشگاه‌ها غنی‌تر بود.



شکل ۲. دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر بر اساس خصوصیات محیطی در رویشگاه‌های مختلف.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این مطالعه نشان داد که سنتز اسانس در زیره سیاه اروپایی تحت تأثیر عوامل خاکی قرار دارد. جمعیت لیقوان سهند با استفاده بهینه از شرایط مساعد خاک (بالاترین ماده آلی و نیتروژن) و ارتفاع مناسب، بیشترین محتوای اسانس را تولید کرد. این یافته‌ها بر اهمیت انتخاب مناطق مناسب و مدیریت بهینه خاک برای بهبود کیفیت و کمیت اسانس در کشت تجاری زیره سیاه اروپایی تأکید می‌کند.

منابع

Anand U, Jacobo-Herrera N, Altemimi A, Lakhssassi N. (2019). A comprehensive review on medicinal plants as antimicrobial therapeutics: potential avenues of biocompatible drug discovery. Metabolites 9 (11): 258.

Dehsheikh AB, Sourestani MM, Zolfaghari M, Enayatizamir N.(2020). Changes in soil microbial activity, essential oil quantity, and quality of Thai basil as response to biofertilizers and humic acid. *Journal of Cleaner Production* 256: 120439.

Hajlaoui H, Arraouadi S, Noumi E, Aouadi K, Adnan M, Khan MA, Snoussi M. (2021). Antimicrobial, antioxidant, anti-acetylcholinesterase, antidiabetic, and pharmacokinetic properties of *Carum carvi L.* and *Coriandrum sativum L.* essential oils alone and in combination. Molecules 26 (12): 3625.

Khalil N, Bishr M, Desouky S, Salama O. (2020). *Ammi visnaga L.*, a potential medicinal plant: A review. *Molecules* 25 (2): 301.

Mu X, Chen Y. (2021). The physiological response of photosynthesis to nitrogen deficiency. *Plant Physiology and Biochemistry* 158: 76-82.

Rai K, Agrawal SB. (2023). Effects of elevated ultraviolet-B on the floral and leaf characteristics of a medicinal plant Wedelia chinensis (Osbeck) Merr. along with essential oil contents. *Tropical Ecology* 64 (2): 307-323.

Vaou N, Stavropoulou E, Voidarou C, Tsigalou C, Bezirtzoglou E. (2021). Towards advances in medicinal plant antimicrobial activity: A review study on challenges and future perspectives. *Microorganisms* 9 (10): 2041.

Relationship between soil factors and essential oil percentage of different populations of *Carum Carvi L.*

Naimeh Najafi[1]*, Saeid Hazrati[1], Hamid Mohammadi[1]
1. Shahid Madani University of Azerbaijan (Department of Agriculture, Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Tabriz, Iran)
*Corresponding Author: naimeh.namnam@yahoo.com

Abstract

Environmental and soil factors play a decisive role in the production and accumulation of secondary metabolites in medicinal and aromatic plants, directly influencing their pharmacological and biological activities. This study was conducted to investigate the effect of soil characteristics on the essential oil percentage of European black cumin across eight different populations in northwestern Iran. The geographical coordinates of eight regions in the northwestern provinces of the country were recorded using GPS. Black cumin seed samples were collected from each region, dried, and essential oil extraction was performed using a Clevenger apparatus by water distillation method. Various soil properties including electrical conductivity, organic matter, nitrogen, potassium, phosphorus, and pH were analyzed. Results showed that the mean essential oil percentage differed significantly among different populations. The Lighvan Sahand population had the highest essential oil content at 2.59%, which showed no statistically significant difference from the Sparakhon population (2.35%). The lowest essential oil percentages were observed in Ahar and Sabalan populations, respectively. Correlation analysis revealed a significant positive correlation between essential oil percentage and soil phosphorus, while a significant negative correlation was observed with soil organic matter. Analysis of variance confirmed the significant effect of sampling regions on all investigated soil traits as well as on essential oil percentage. This study demonstrated significant variation in the essential oil content of different European black cumin populations, which was directly influenced by edaphic and environmental factors. Multivariate analysis further substantiated this variability. These findings provide a scientific basis for identifying and selecting superior black cumin populations for medicinal and industrial use, as well as for optimizing the cultivation conditions of this valuable plant.

Keywords: Essential oil percentage, Genetic factors, Organic matter, Soil factors, Soil nitrogen.

بررسی ساختار بازار و قیمت صادراتی گیاهان دارویی در ایران (مطالعه موردی: انیسون، گشنیز، زیره، رازیانه و میوه‌های سرو کوهی)

محمد خداوردیزاده*[1]، عذرا جوان بخت[1] و سما حسین زاده[1]
۱- گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
*نویسنده مسئول: Mo.khodaverdizadeh@urmia.ac.ir

چکیده

گسترش صادرات غیرنفتی و تنوع بخشیدن به درآمدهای صادراتی کشور به منظور کاهش آسیب‌پذیری اهداف توسعه اقتصادی، ضرورت دارد. کشت و فرآوری گیاهان دارویی صنعت نوظهوری در جهان است و سالانه بخش قابل‌توجهی از تجارت جهانی را به خود اختصاص می‌دهد. با توجه به اهمیت گیاهان دارویی در صادرات کشور، این مطالعه با هدف تعیین ساختار بازار صادرات گیاهان‌دارویی (انیسون، گشنیز، زیره، رازیانه و میوه‌های سرو کوهی) ایران صورت پذیرفته است. دوره مورد مطالعه این تحقیق ۲۰۲۳-۲۰۰۴ می‌باشد. جهت تعیین ساختار بازار گیاهان دارویی از دو شاخص نسبت تمرکز و هرفیندال استفاده گردید. بررسی ساختار بازار صادرات ایران نشان داد که ساختار بازار مورد نظر طی دوره مورد بررسی از نوع بنگاه مسلط و انحصار چندجانبه بسته می‌باشد و تنوع در صادرات در ایران خیلی پایین می‌باشد. همچنین کشورهای امارات، پاکستان، عراق، ژاپن، کره جنوبی و ترکیه بزرگترین شرکای تجاری ایران طی دوره مورد مطالعه بوده اند. نتایج نشان داد که کشور ایران علی‌رغم داشتن سهم مناسب در صادرات جهانی دارای قیمت صادراتی پایین می‌باشد که علت این امرضعف در فرایند بازاریابی جهانی گیاهان دارویی می‌باشد. بنابراین ارتباط با بازارهای نوپا و جدید با هدف افزایش قدرت چانه زنی ایران در بازارهای جهانی می‌تواند در افزایش قیمت صادراتی، افزایش سهم صادراتی ایران موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: ایران، ساختار بازار، صادرات، قیمت، گیاهان دارویی

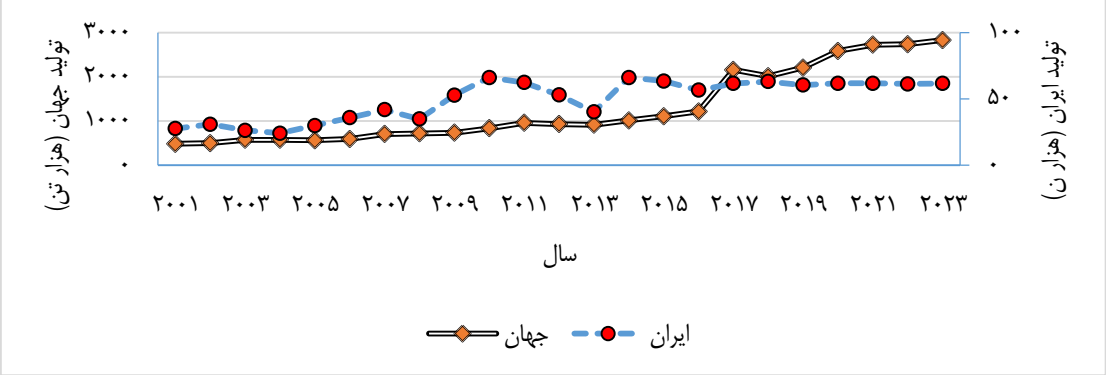
مقدمه

نوسانات شدید درآمدهای حاصل از صدور نفت خام، افزایش جمعیت کشور و از همه مهم‌تر پایان‌پذیر بودن منابع نفتی، سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان کشور را به این باور رسانده است که توسعه صادرات غیرنفتی و رهایی از اقتصاد تک محصولی، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر هست. در ششمین برنامه پنج ساله توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور جهش در صادرات غیرنفتی، محور اصلی توسعه پایدار معرفی شد. در راستای تحقق بخشیدن به اهداف توسعه صادرات غیرنفتی، صادرات محصولات کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (عزیزی، ۱۳۸۳). گیاهان دارویی یکی از منابع بسیار ارزشمند در گستره وسیع منابع طبیعی ایران هستند. تقریباً بیش از ۸۰ درصد گیاهان دارویی مشهور و قابل مصرف در دنیا در اکثر نقاط ایران کشت می‌شود. با توجه به تاکید سازمان بهداشت جهانی (WHO)[1] در

1. World Health Organization (WHO)

جایگزینی تدریجی مواد طبیعی به جای مواد شیمیایی، کشورهای مختلف جهان نسبت به سرمایه‌گذاری، کشت و تولید انبوه گیاهان دارویی و استفاده از آن در صنایع مختلف، بهداشتی، دارویی، غذایی و سایر اقدام کرده اند. مصرف گیاهان دارویی در جهان نه‌تنها به‌خاطر اثرات فوق‌العاده در درمان طبیعی بیماری‌ها و دوری از عوارض مصرف داروهای شیمیایی است بلکه مصرف آنها در صنایع بهداشتی و آرایشی، صنایع غذایی، کارخانه‌های شکلات‌سازی و کارخانجات عطرسازی هم در حال افزایش است. کشور ایران، در زمینه تولید محصولات مختلف کشاورزی به لحاظ آب و هوایی دارای موقعیت مناسبی می‌باشد، که زمینه را برای تولید محصولات مختلف فراهم آورده است. گیاهان دارویی از جمله محصولات کشاورزی می‌باشند که در حوزه مطالعات اقتصادی کمتر ظهور کرده‌اند و توجه کمی به آنها شده است. البته عدم دسترسی راحت به اطلاعات مورد نیاز خود می‌تواند عامل بازدارنده باشد (کشفی بناب، ۱۳۸۹).

کشور ایران از تولیدکنندگان و صادرکنندگان گیاهان دارویی در جهان به شمار می‌رود[1]. انیسون ، گشنیز، زیره، رازیانه و میوه‌های سرو کوهی از جمله مهم‌ترین اقلام صادراتی ایران می‌باشند. طبق آمار سازمان خوار و بار کشاورزی (فائو)[2] انیسون، گشنیز، زیره، رازیانه و میوه‌های سرو کوهی محصولات اصلی صادراتی گیاهان دارویی ایران را تشکیل می‌دهد. طبق نمودار ۱، تولید جهانی گیاهان دارویی منتخب در طی دوره ۲۰۲۳- ۲۰۰۱ روند صعودی داشته و از ۴۸۳۶۵۵ تن به ۲۸۳۰۰۱۶ تن در سال ۲۰۲۳ رسیده‌است[3]. به عبارت دیگر تولید جهانی این گیاهان ۶ برابر شده‌است. این در حالی است که تولید گیاهان دارویی منتخب ایران در این دوره بیش از دو برابر افزایش یافته و از ۲۷۵۳۵ تن در سال ۲۰۰۱ به ۶۱۵۵۴ تن در سال ۲۰۲۳ رسیده است.



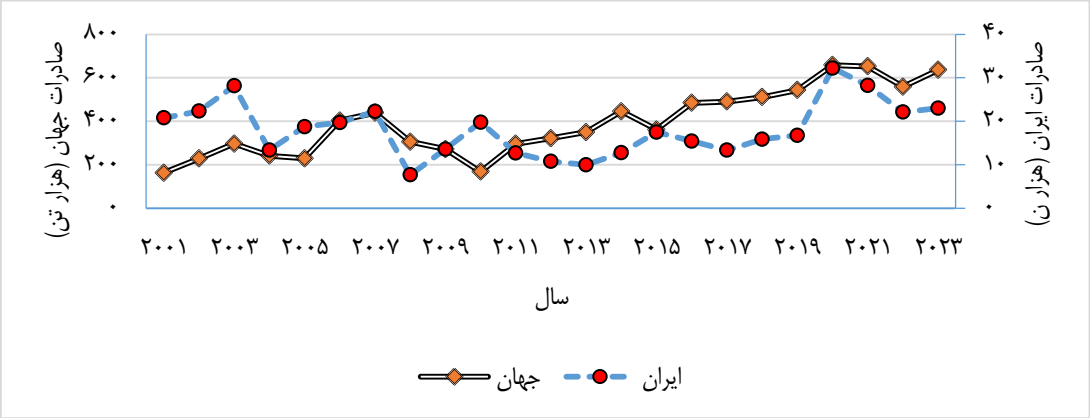
نمودار ۱. مقدار تولید گیاهان دارویی منتخب در ایران و جهان، منبع: FAO

هم‌چنین طبق آمار مرکز تجارت بین‌الملل (ITC) و نمودار ۲، صادرات جهانی گیاهان دارویی منتخب از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ دارای روند صعودی بوده است. بر این اساس میزان صادرات گیاهان دارویی یاد شده از ۱۶۲۷۲۵ تن در سال ۲۰۰۱ به ۶۳۶۰۸۴ تن در سال ۲۰۲۳ رسیده است. یعنی صادرات جهانی این گیاهان حدود چهار برابر افزایش یافته است. این در حالی است که صادرات ایران از ۲۰۷۸۴ تن در سال ۲۰۰۱ به ۲۳۰۲۳ تن در سال ۲۰۲۳ رسیده است. سهم ایران از کل صادرات گیاهان دارویی دنیا از ۱۲/۵ درصد در سال ۲۰۰۱ به ۳/۵ درصد در سال ۲۰۲۳ کاهش

1. FAO
2. Food and Agriculture Organization (FAO)

۳. تمامی اطلاعات مربوط به سایت فائو می‌باشد.

پیدا کرده است. سهم ایران از تولید جهانی گیاهان دارویی منتخب نیز از ۵/۷ درصد در سال ۲۰۰۱ به ۲/۱۸ درصد در سال ۲۰۲۳ رسیده است. بنابراین ملاحظه می‌شود که سهم ایران از صادرات و تولید جهانی روند کاهشی شدیدی را طی کرده است.



نمودار ۲. صادرات گیاهان دارویی منتخب در ایران و جهان، منبع: مرکز تجارت بین الملل(ITC)

مطالعات مختلفی به بررسی ساختار بازار محصولات مختلف پرداخته‌اند. حامدی (۱۳۹۹) ساختار بازار جهانی انجیرخشک شده، صادقی و همکاران (۱۳۹۰) ساختار بازار زعفران، شنگایی و همکاران (۱۳۹۳) ساختار بازار صادراتی کشمش ایران، میرباقری و همکاران (۱۳۹۸) ساختار بازار زعفران ایران، آگوم و همکاران (۲۰۱۲) ساختار بازار عمده‌فروشی ماهی منجمد کشور نیجریه و فولایان و همکاران (۲۰۰۶) ساختار بازار کاکائو در جنوب‌غربی نیجریه را بررسی کردند. بررسی‌های انجام شده نشان داده است که مطالعه‌ای ساختار بازار صادراتی گیاهان دارویی ایران را طی دوره ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳ بررسی ننموده است. لذا در این مطالعه هدف تعیین ساختار بازار صادرات گیاهان دارویی منتخب ایران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تمرکز یکی از جنبه‌ها و ابعاد مهم ساختار بازار می‌باشد به طوری که محققین در اکثر مطالعات خود پیرامون ارتباط ساختار و عملکرد بازار از این شاخص استفاده می‌نمایند. از جمله شناخته شده‌ترین شاخص‌های تمرکز می‌توان به نسبت تمرکز n بنگاه[1] (CR_n) و شاخص هرفیندال[2] (HI) اشاره نمود (حسینی و هومن[3]، ۱۳۸۶).

۱- نسبت تمرکز (CR_i)

نسبت تمرکز n بنگاه (CR_n) مبین نسبت مجموع اندازهٔ فروش n تا از بزرگترین بنگاه‌های موجود در بازار به کل اندازه بازار است. شاخص فوق را می‌توان به صورت رابطه (۱) ارائه کرد (حسینی و هومن، ۱۳۸۶).

1. Concentration Ratio
2. Herfindahl Index

۳. به نقل از مادلا و همکاران

$$CR_n = \sum_{i=1}^{n} s_i \qquad i = 1,...k \qquad k > n \qquad (۱)$$

در این رابطه k تعداد بنگاه‌های فعال در صنعت، n تعداد بنگاه‌های بزرگ، s_i سهم بازار بنگاه iام و CR_n نسبت تمرکز n بنگاه می‌باشد. بازارهای واقعی را با توجه به مقدار این شاخص می‌توان از انحصار کامل تا رقابت کامل تقسیم‌بندی کرد. اگر یک بنگاه تمامی بازار را در اختیار داشته باشد، شاخص تمرکز آن ۱۰۰ درصد بوده و بازار انحصار کامل نام دارد. بازاری که یک بنگاه آن بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد بازار را در اختیار داشته باشد، بازار بنگاه مسلط[1] نام دارد. بازاری که سهم تجمعی چهار بنگاه برتر آن جمعاً ۶۰-۱۰۰ درصد باشد، به انحصار چند جانبه بسته[2] (محکم) و بازاری که سهم چهار بنگاه برتر آن در مجموع کم تر از ۴۰ درصد باشد، به انحصار چند جانبه باز[3] معروف است (حسینی، ۱۳۷۶).

۲- شاخص هرفیندال (HI)

این شاخص در واقع برای رفع برخی نواقص نسبت‌های تمرکز، توسط هرفیندال پیشنهاد شد. عکس این شاخص نوع بازار را نشان می‌دهد. همان‌طور که در رابطه (۲) نشان داده شده است شاخص هرفیندال عبارت است از مجموع توان دوم سهم بازار کلیه بنگاه‌های فعال در صنعت.

$$HI = \sum_{i=1}^{n} s_i^{2} \qquad (۲)$$

در این رابطه s_i سهم بازار بنگاه i ام و n تعداد بنگاه‌های فعال در صنعت می‌باشد. این شاخص بین دو عدد صفر و یک قرار دارد و هر چه به عدد صفر نزدیک شود بازار به سمت رقابتی شدن (تمرکز کم‌تر) و هر چه به عدد یک نزدیک شود بازار به سمت انحصاری شدن(تمرکز بیشتر) حرکت می‌کند. انواع ساختار بازار و ویژگی آن‌ها در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. ساختار بازارها و خصوصیات آن‌ها از نظر تعداد و اندازه بنگاه‌ها

شرح	نسبت‌های تمرکز	شاخص هرفیندال (HI)	ویژگی اصلی بازار
رقابت کامل	$CR_i \to 0$	$HI \to 0$	بیش از ۵۰ بنگاه رقیب بدون در انحصار داشتن سهم در خور توجهی از بازار وجود دارند.
رقابت انحصاری	$CR_1 < 10$	$(1/HI) \to 10$	هیچ کدام از بنگاه‌های رقیب، بیش از ۱۰ درصد بازار را در انحصار ندارند.
انحصار چند جانبه باز	$CR_4 < 40$	$6 < (1/HI) \le 10$	۴ بنگاه حداکثر ۴۰ درصد بازار را در انحصار دارند.
انحصار چند جانبه بسته	$CR_4 > 60$	$3 < (1/HI) \le 6$	۴ بنگاه حداقل ۶۰ درصد بازار را در انحصار دارند.
بنگاه مسلط	$CR_1 \ge 50$	$1 < (1/HI) \le 3$	بیش از ۵۰ درصد بازار را در انحصار یک بنگاه است
انحصار کامل	$CR_1 \to 100$	$HI \to 1$	یک بنگاه کل بازار را در انحصار دارد.

مأخذ: حسینی(۱۳۷۵) به نقل از: مادالا و همکاران (۱۹۹۵)

1. Dominant Firm Market
2. Tight Oligopoly
3. Loose Oligipoly

اطلاعات و داده‌های مربوط به تولید و صادرات گیاهان دارویی کشورها از سایت فائو (FAO) و مرکز تجارت بین‌الملل (ITC) اخذ شده است. لازم به ذکر است که کشورهای مورد مطالعه در این تحقیق، شامل کلیه کشورهای صادرکننده گیاهان دارویی منتخب (انیسون، گشنیز، زیره، رازیانه و میوه‌های سرو کوهی) در جهان می‌باشد. دوره زمانی تحقیق نیز سال‌های ۲۰۰۴ الی ۲۰۲۳ را شامل می‌شود.

نتایج و بحث

یافته‌های حاصل از محاسبات مربوط به نوع ساختار بازار صادراتی گیاهان دارویی منتخب کشور ایران (انیسون، گشنیز، زیره، رازیانه و میوه‌های سرو کوهی) طی دوره مورد بررسی در جدول ۲ آورده شده است. مطابق نتایج حاصل در سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۶ نوع ساختار بازار صادراتی ایران به صورت انحصار چند جانبه بسته می‌باشد و در بقیه سال‌ها ساختار بازار صادراتی ایران از نوع بنگاه مسلط می‌باشد. به عبارت دیگر در اکثر سال‌های مورد مطالعه بیش از ۵۰ درصد صادرات ایران به یک نوع کشور خاص مثلا پاکستان یا امارات می‌باشد و تنوع صادراتی ایران بسیار پایین می‌باشد. بررسی روند شاخص‌های نسبت تمرکز ۱ و ۴ کشوری (CR1 و CR2) طی دوره مورد بررسی نشان داد که این شاخص‌های طی دوره مورد بررسی روند صعودی دارند. یعنی تمرکز صادرات ایران به چند کشور خاص می‌باشد و از تنوع مناسبی برخوردار نیست. در سال ۲۰۰۴ نسبت‌های تمرکز یک کشوری و چهار کشوری نشان میدهد که ۵۶ درصد صادرات ایران به کشور امارات و ۸۶ درصد صادرات ایران به کشورهای امارات، پاکستان، ویتنام، ژاپن انجام می‌شود. نتایج عکس شاخص هرفیندال نشان داد که این شاخص طی دوره مورد بررسی روند کاهشی داشته و بازار صادرات ایران از نوع رقابتی به سمت انحصاری در حال حرکت می‌باشد. به عبارت دیگر واردکنندگان گیاهان دارویی از ایران حالت انحصاری به خود گرفته و کشور ایران سیاست تنوع صادراتی را در پیش نگرفته است. مقدار عکس شاخص هرفیندال تاییدی بر تنوع پایین شرکای تجاری ایران می‌باشد. مطابق نتایج جدول ۲، طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۳ عمده شرکای تجاری و مشتریان ایران شامل کشورهای پاکستان، امارات، ویتنام، ترکیه، ژاپن، عراق، کره جنوبی می‌باشد.

جدول ۲. ساختار بازار صادراتی گیاهان دارویی ایران

ساختار بازار	شرکای اصلی تجاری	۱/ HHI	HHI	CR_4	CR_1	سال
بنگاه مسلط	امارات، پاکستان، ویتنام، ژاپن	۲,۷۶	۰,۳۶	۰,۸۶	۰,۵۶	۲۰۰۴
انحصار چندجانبه بسته	امارات، پاکستان، آمریکا، ویتنام	۴,۲۱	۰,۲۴	۰,۷۷	۰,۴۴	۲۰۰۵
انحصار چندجانبه بسته	پاکستان، امارات، ژاپن، ازبکستان	۳,۲۳	۰,۳۱	۰,۸۷	۰,۴۷	۲۰۰۶
انحصار چندجانبه بسته	پاکستان، امارات، ژاپن، کلمبیا	۳,۲۵	۰,۳۱	۰,۸۸	۰,۴۲	۲۰۰۷
بنگاه مسلط	پاکستان، ژاپن، امارات، عراق	۲,۴۴	۰,۴۱	۰,۹۶	۰,۶۰	۲۰۰۸
بنگاه مسلط	پاکستان، ژاپن، امارات، عراق	۱,۶۱	۰,۶۲	۰,۹۶	۰,۷۸	۲۰۰۹
بنگاه مسلط	پاکستان، امارات، ژاپن، عراق	۱,۶۰	۰,۶۳	۰,۹۴	۰,۷۹	۲۰۱۰
بنگاه مسلط	پاکستان، ژاپن، امارات، عراق	۱,۷۲	۰,۵۸	۰,۹۵	۰,۷۵	۲۰۱۱
بنگاه مسلط	پاکستان، ژاپن، امارات، کره جنوبی	۱,۶۹	۰,۵۹	۰,۹۷	۰,۷۵	۲۰۱۲
بنگاه مسلط	پاکستان، امارات، ژاپن، عراق	۱,۸۷	۰,۵۳	۰,۹۵	۰,۷۲	۲۰۱۳
بنگاه مسلط	پاکستان، امارات، ژاپن، عراق	۱,۶۳	۰,۶۱	۰,۹۶	۰,۷۷	۲۰۱۴
بنگاه مسلط	پاکستان، ژاپن، امارات، کره جنوبی	۱,۵۱	۰,۶۶	۰,۹۶	۰,۸۱	۲۰۱۵

ادامه جدول ۲

ساختار بازار	شرکای اصلی تجاری	۱/ HHI	HHI	CR_4	CR_1	سال
بنگاه مسلط	پاکستان، ژاپن، کره جنوبی، بحرین	۱,۳۴	۰,۷۵	۰,۹۸	۰,۸۶	۲۰۱۶
بنگاه مسلط	پاکستان، ژاپن، امارات، بحرین	۱,۶۹	۰,۵۹	۰,۹۸	۰,۷۳	۲۰۱۷
بنگاه مسلط	پاکستان، امارات، افغانستان، ژاپن	۱,۵۶	۰,۶۴	۰,۹۶	۰,۷۹	۲۰۱۸
بنگاه مسلط	پاکستان، امارات، ژاپن، عراق	۲,۲۳	۰,۴۵	۰,۹۹	۰,۶۳	۲۰۱۹
بنگاه مسلط	پاکستان، امارات، ترکیه، بنگلادش	۲,۰۴	۰,۴۹	۰,۹۵	۰,۶۷	۲۰۲۰
بنگاه مسلط	پاکستان، عراق، امارات، ترکیه	۱,۸۵	۰,۵۴	۰,۹۷	۰,۷۲	۲۰۲۱
بنگاه مسلط	پاکستان، امارات، ترکیه، عراق	۱,۹۷	۰,۵۱	۰,۹۴	۰,۶۹	۲۰۲۲
بنگاه مسلط	پاکستان، امارات، عراق، ترکیه	۱,۷۲	۰,۵۸	۰,۹۴	۰,۷۵	۲۰۲۳

نوع ساختار بازار طی دوره مورد بررسی به ضررکشور ایران و به نفع کشورهای وارد کننده می‌باشد به طوری‌که ضربه‌پذیری بازار صادراتی گیاهان دارویی ایران و قدرت انحصاری متقاضیان گیاهان دارویی صادراتی ایران (انحصار خرید) افزایش یافته است. به عبارت دیگر طی دوره مورد بررسی بازارهای هدف تجاری ایران متنوع نبوده و بر روی چند کشور خاص متمرکز بوده است که این امر موجب عدم ثبات و کاهش در درآمد ارزی حاصل از صادرات گیاهان دارویی و کاهش قدرت چانه زنی ایران در بازار جهانی گیاهان دارویی می‌گردد.

مطابق جدول ۳، قیمت صادراتی عمده کشورهای صادرکننده گیاهان دارویی طی سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳ تعیین شده است. مطابق این جدول کشور ایران با قیمت یک دلار به ازای هر کیلوگرم کمترین قیمت صادراتی و کشور چین با قیمت پنج دلار بیشترین قیمت صادراتی را دارد. ملاحظه می‌شود که قیمت صادراتی کشور ایران طی دوره مورد بررسی روند نزولی دارد. بعد از کشور چین کشور ویتنام با ۳/۴ دلار، ترکیه با ۳/۱ دلار، هند با ۲/۱ دلار و سوریه با ۱/۷۵ دلار بالاترین رقم قیمت صادراتی را دارند. از دلایل پایین بودن قیمت صادراتی ایران می‌توان به کیفیت پایین محصول، عدم شناخت بازارهای هدف مناسب، عدم رعایت استانداردهای بین المللی، فقدان برند و بازاریابی موثر، هزینه‌های بالای حمل و نقل، کمبود اطلاعات بازارهای هدف، تحریم‌ها و مشکلات بانکی اشاره کرد.

جدول ۳. قیمت صادراتی عمده کشورهای صادرکننده گیاهان دارویی جهان (دلار به کیلوگرم)

کشور	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰	۲۰۲۱	۲۰۲۲	۲۰۲۳	میانگین
ایران	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۰/۸	۱/۴	۰/۸	۰/۹	۰/۹	۱
هند	۲/۰۵	۲/۱	۲	۲	۱/۸	۱/۸	۲/۴	۲/۸	۲/۱
سوریه	۱/۶	۱/۴	۱/۳	۱/۷	۱/۶	۱/۸	۱/۶	۲/۹	۱/۷۵
چین	۲/۶	۳	۳/۵	۴	۵/۲	۸/۲	۷/۵	۵/۹	۵
ترکیه	۳	۳/۳	۳/۲۵	۳/۳	۲/۷	۳	۲/۸	۲/۴	۳/۱
ویتنام	۲/۳	۲/۴	۲/۵	۲/۷	۲/۵	۲/۸	۶/۲	۵/۲	۳/۴

نتیجه‌گیری

بررسی ساختار بازار صادرات گیاهان دارویی ایران نشان داد که ساختار بازار مورد نظر طی دوره مورد بررسی از نوع بنگاه مسلط می‌باشد و ایران از تنوع در صادرات برخوردار نیست، قیمت صادراتی پایین ایران هم این نتیجه را تایید

کرد. نتایج نشان داد که کشور ایران علی‌رغم داشتن سهم مناسب در صادرات جهانی دارای قیمت صادراتی پایین می-باشد که علت این امرضعف در فرایند بازاریابی جهانی گیاهان دارویی می‌باشد. بنابراین جلوگیری از عرضه خام گیاهان دارویی، گسترش فرهنگ فرآوری و بسته‌بندی گیاهان دارویی مطابق با سلیقه مصرف کنندگان در بازارهای هدف ، جلوگیری از قاچاق کالا، ارتباط با بازارهای نوپا و جدید، دسترسی به بازارهای مطمئن خارجی و تنوع در بازارهای هدف صادراتی در جهت کاهش تمرکز روی تعدادی بازار محدود و خاص با هدف افزایش قدرت چانه زنی ایران در بازارهای جهانی می‌تواند در افزایش قیمت صادراتی، افزایش سهم صادراتی ایران موثر باشد.

منابع

Agom, D. I., G. C. Etim and E. A. Etuk. 2012. Analysis of Wholesale Frozen Fish Markets in Calabar, Cross River State, Nigeria. *Trends in Agricultural Economics* 5 (2): 61-69.

Folayan, J. A., G. A. Daramola and A. E. Oguntade. 2006. Structure and performance evaluation of cocoa marketing institutions in South-Western Nigeria: *An economic analysis*. Faostat:http://faostat.fao.org

Hamedi, M. (2019). Assessing global competitiveness and determining target export markets for Iranian dried figs. Master's thesis, Urmia University, Iran.

Kashfi Bonab A. (2010). Comparative economic advantage of cultivation and trade of medicinal plants in Iran and its value in world markets. *Journal of Business Studies. December and January* 2010. Issue 44.

Mirbagheri, S.S., Rafiei, H. and Akbarpour, H. (2019). Study of market structure and analysis of Iranian saffron export pattern. *Iranian Medicinal and Aromatic Plant Research Bimonthly*, 35(5): 802-818.

Maddala, G. C., Dobson, S. and Miller, E. (1995). Microeconomics, the regulation of monopoly, Chap:10, Press Mc Grawhill Book Company, pp:185-195.

Sadeghi K. Khodavardizadeh S., Khodavardizadeh, M. (2011), Determining comparative export advantage and the structure of the global saffron export and import market, Agricultural Economics Research, 3(3): 59-76.

Studying the market structure and export prices of Iranian and global medicinal plants (Case study: Anise, coriander, cumin, fennel and juniper berries)

Mohammad Khodaverdizadeh[1*], Ozra Javanbakht[1], and Sama Hosseinzadeh[1]
1. Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
[*]*Corresponding Author: Mo.khodaverdizadeh@urmia.ac.ir*

Abstract

The expansion of non-oil exports and diversification of export revenues are essential for reducing the vulnerability of economic development objectives. Cultivation and processing of medicinal plants is an emerging industry in the world and accounts for a significant portion of global trade annually.Considering the importance of medicinal plants in the country's exports, this study aims to determine the market structure of medicinal plant exports (fennel, star anise, anise, and coriander) in Iran and the world. The study period of this research is from 2004 to 2023. To determine the market structure of medicinal plants, two indices the concentration ratio and the Herfindahl index were used. The analysis of Iran's export market structure showed that, during the study period, the market structure was of the dominant firm type and a closed multilateral monopoly, with very low diversity in exports in Iran. Additionally, the largest trading partners of Iran during the study period were the UAE, Pakistan, Iraq, Japan, South Korea, and Turkey. The results showed that despite having a suitable share in global exports, Iran has low export prices, which is due to the weakness in the global marketing process of medicinal plants. Therefore, connecting with emerging and new markets with the aim of increasing Iran's bargaining power in global markets can be effective in increasing export prices and increasing Iran's export share.

Keywords: Export, Iran, market structure, medicinal plants, price.

بهینه‌سازی شرایط کشت درون شیشه‌ای برای القای کالوس و اندام‌زایی در گیاه دارویی *Echinophora platyloba* DC.

دکترفاطمه محمودی کردی*

۱- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: Fmahmoodi2@yahoo.com, ac.mahmoodi@azaruniv.ac.ir

چکیده

خوشاریزه (*Echinophora platyloba* DC.) یکی از گیاهان دارویی ارزشمند تیره چتریان و بومی ایران است، این گیاه منبعی غنی از متابولیت‌های ثانویه با کاربردهای دارویی و صنعتی است. تکثیر سنتی این گیاه به دلیل محدودیت‌های رویشی و حساسیت به شرایط محیطی با چالش‌هایی مواجه است؛ از این‌رو، استفاده از روش‌های کشت بافت گیاهی برای القای کالوس و باززایی اندام‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. در این مطالعه، اثر سیتوکینین‌های مختلف شامل BAP و KIN به همراه غلظت‌هایی از NAA (۰-۱) میلی‌گرم بر لیتر به منظور القای کالوس و باززایی نوشاخه بررسی شد. ریزنمونه‌های برگ و ساقه روی محیط MS حاوی غلظت‌های مختلف BAP (۰ -۲/۵) mg/L و KIN (۰ -۲) mg/L کشت شدند. نتایج نشان داد که بالاترین درصد کالوس‌زایی (۱۰۰درصد) در ۰/۵ BAP۱ + NAA میلی‌گرم بر لیترحاصل شد، در حالی که بیشترین باززایی نوشاخه‌ها در تیمار ۱/۵ BAP میلی‌گرم بر لیتر به‌تنهایی مشاهده گردید. در غلظت‌های بالاتر از ۲ mg/L سیتوکینین‌های استفاده شده علائم قهوه‌ای شدن و نکروز بافت ریز نمونه‌ها دیده شد. این یافته‌ها بیانگر نقش تعیین‌کننده تعادل BAP و KIN در تکوین بافت‌های گیاهی و ارائه یک دستورالعمل بهینه برای تکثیر سریع و تولید زیست توده این گیاه دارویی هستند. نتایج همچنین می‌تواند به‌عنوان پایه‌ای برای مطالعات بیشتر در زمینه تولید متابولیت‌های ثانویه از کالوس‌های القا شده مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: باززایی نوشاخه، خوشاریزه، فلاونویید، کالوس‌زایی

مقدمه

خوشاریزه (*Echinophora platyloba* DC.) یکی از گیاهان دارویی بومی ایران است که به دلیل دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال مانند فنول‌ها، فلاونوئیدها و اسانس‌های معطر، در صنایع داروسازی و غذایی ارزش بالایی دارد. تکثیر رویشی این گیاه به دلیل محدودیت بذر، جوانه زنی با درصد پایین، حساسیت بالای آن به شرایط اقلیمی دشوار است. در سال‌های اخیر، کشت بافت به‌عنوان ابزاری توانمند برای تکثیر درون شیشه‌ای، تولید متابولیت‌های ثانویه و بهینه‌سازی مسیرهای تکوینی گیاهان دارویی مورد توجه قرار گرفته است(Ivanova et al., 2024).

تکثیر انبوه گیاهان در شرایط کنترل شده محیطی و تولید گسترده متابولیت‌های ثانویه در یک سیستم در تمام طول سال بدون محدودیت فصلی، از مزایای تکنیک‌های کشت بافت گیاهی است. علاوه بر این، کشت‌ها را می‌توان در هر نقطه از جهان مستقل از شرایط رشد گیاه و عاری از میکروب‌ها و حشرات با اجتناب از استفاده از آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها ایجاد کرد، همچنین تکثیر در شرایط آزمایشگاهی از طریق تکنیک‌های کشت بافت گیاهی امکان تکثیر در

مقیاس وسیع گیاهان را در یک بازه زمانی کوتاه و بدون تأثیر منفی بر منابع طبیعی فراهم می‌کند. این روش به ویژه برای گیاهانی که تکثیر آنها با روش‌های معمولی یا با سرعت تکثیر آهسته دشوار است بسیار ارزشمند است (Ikeuchi, Sugimoto, 2013)

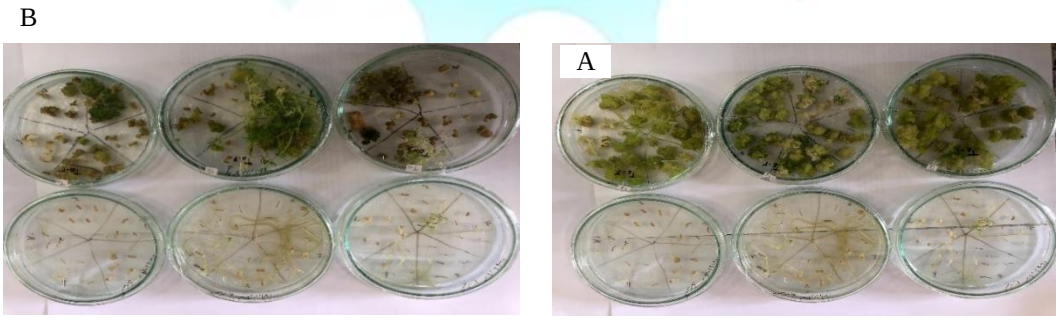
سیتوکینین‌ها از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند که نقش کلیدی در تقسیم سلولی و باززایی اندام‌ها دارند. از میان آن‌ها، BAP و KIN بیشترین کاربرد را در مطالعات کشت بافت دارند. بررسی اثر این هورمون‌ها بر گونه‌های مختلف Apiaceae نشان داده که تعادل مناسب میان آن‌ها برای القای کالوس و اندام‌زایی ضروری است مثلاً در *Foeniculum vulgare* و *Coriandrum sativum* (Haovo et al., 2024) با این حال، مطالعات روی *E. platyloba* محدود بوده و دستورالعمل مشخصی برای باززایی این گیاه ارائه نشده است.

مواد و روش‌ها

ریز نمونه‌های برگ و ساقه از گیاهان سالم جمع‌آوری و پس از ضدعفونی سطحی با اتانول ۷۰ درصد به مدت ۳۰ ثانیه و هیپوکلریت سدیم پنج درصد (۱۰ دقیقه) سه بار با آب مقطر استریل شسته شدند. محیط پایه MS حاوی ۳ درصد ساکارز و آگار ۸ درصد به‌کار رفت. تیمارهای هورمونی شامل BAP (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و۲) میلی‌گرم بر لیتر و KIN (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و۲) میلی‌گرم بر لیتر به‌صورت جداگانه و ترکیبی باNAA (۰، ۰/۵ و ۱) میلی‌گرم بر لیتر انجام شد. ظروف کشت در دمای۲ ۲۵± درجه سانتی‌گراد، با دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار گرفتند. درصد کالوس‌زایی، شاخص رشد کالوس و درصد باززایی نوشاخه‌ها پس از ۵ هفته ثبت شد. داده‌ها با آزمون ANOVA و مقایسه میانگین Tukey در سطح ۵ درصد تحلیل شدند.

نتایج

کالوس‌زایی صد درصد در تیمار ترکیبی ۰/۵ NAA +۱BAP میلی‌گرم برلیتر از ریزنمونه‌های برگ به‌دست آمد. بیشترین زیست توده کالوس (شاخص وزن تر ۱/۸g/callus) نیزدر همین تیمار مشاهده گردید (شکل۱). باززایی نوشاخه‌ها عمدتاً در تیمارهای حاوی BAP به‌تنهایی رخ داد و در غلظت ۱/۵mg/L BAP بالاترین درصد باززایی شاخه ۷۵ درصد ثبت شد (شکل۲).



شکل ۱. A، کالوس‌زایی ۱۰۰درصد درمحیط دارای تیمار ۱mg/L + BAP ۰/۵mg/L NAA، B. باززایی و تشکیل نوشاخه در محیط دارای ۱/۵ BAP mg/L

جدول ۱. درصد کالوس‌زایی، رنگ و مورفولوژی کالوس‌های ایجاد شده در محیط‌های MS دارای تیمارهای هورمونی مختلف

ارزیابی کمی و کیفی کالوس	هیپوکوتیل	دمبرگ	ساقه	ریشه	برگ	تیمار
وزنgr	۰/۴	۰/۷	۰/۵	۰/۳	۰/۹	
رنگ	زرد	سبز	سبز	سفید	سبز	
جنس	آبدار	متراکم	متراکم	آبدار	متراکم	۱
درصد	۴۰	۵۵	۶۰	۴۰	۹۰	
وزن gr	۰/۵	۰/۸	۰/۹	۰/۷	۱/۸	
رنگ	زرد	سبز	سبز روشن	زرد	سبز تیره	
جنس	آبدار	متراکم	متراکم	آبدار	متراکم	۲
درصد	۵۰	۷۰	۷۰	۵۰	۱۰۰	
وزنgr	۰/۳	۰/۶	۰/۶	۰/۴	۰/۹	
رنگ	زرد	سبز	سبز	سفید	سبز روشن	
جنس	نرم	متراکم	متراکم	آبدار	نرم و آبدار	۳
درصد	۴۰	۵۰	۵۰	۴۰	۶۰	
وزنgr	۰/۴	۰/۷	۰/۵	۰/۵	۰/۸	
رنگ	سیاه	قهوه‌ای	زرد	قهوه‌ای و زرد	سبز و قهوه‌ای	
جنس	خشک	خشک	نرم	نرم	متراکم	۴
درصد	۰	۲۰	۴۰	۴۰	۷۰	

یافته‌های این تحقیق نشان داد که ترکیب BAP، KIN و NAA در غلظت‌های پایین می‌توانند تقسیم سلولی را تحریک و کالوس‌های سالم و بزرگ ایجاد کند. نتایج با مطالعات مشابه در سایر گونه‌های تیره چتریان همخوانی دارد، جایی که BAP محرک اصلی تقسیم سلولی و KIN تقویت‌کننده مورفوژنز گزارش شده است (Yuchan et al, 2022). باززایی بالای شاخساره در تیمارهای حاوی BAP به‌تنهایی، نشان‌دهنده نقش مستقیم این هورمون در القای مریستم‌های نوشاخه است (Šmeringai, Pernisova, 2023). کاهش رشد و قهوه‌ای شدن در غلظت‌های بالا احتمالاً ناشی از استرس هورمونی و افزایش تولید فنیل پروپانوئیدها بوده است (Ikeuchi, Sugimoto, 2013). این نتایج اهمیت بهینه‌سازی غلظت‌های هورمونی را برای گونه‌های دارویی حساس تأیید می‌کند.

نتیجه‌گیری

این پژوهش یک پروتکل کارآمد برای القای کالوس و باززایی اندام در *Echinophora platyloba* ارائه داد. شرایط بهینه برای کالوس‌زایی برگ، تیمار هورمونی BAP۱ + NAA ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر و برای باززایی شاخساره، BAP۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شد. این روش می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای تکثیر سریع و تولید متابولیت‌های ثانویه ارزشمند در این گیاه دارویی مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده به بررسی ترکیب سیتوکینین‌های متنوع با سایر اکسین‌ها و نیز آنالیز متابولیت‌های ثانویه کالوس اختصاص یابد.

منابع و مراجع

Ikeuchi, M., Sugimoto K. (2013). Plant callus: Mechanisms of induction and repression. *Plant Cell*, 25(9) 3159-3173.

Ivanova, S., Dyankov S., Ardasheva, R. (2024). Genus *Echinophora* Biological Activity ,Chemical composition, and future perspectives. *Plants*, 13(12):1599.

Haovu, P., Ranran L., And Cheng S. (2024). Establishment of callus induction and plantlet regeneration systems of *Peucedanum praeruptorum* based on the tissue culture. *Plant mrthods*, 20, 174.

Šmeringai J., ,Pernisova M. (2023). Cytokinins regulators of de novo shoot organogenesis. (review), *Front plant Sci*.141239133.

Yuchan L., Zhao j., Xia Y. (2022). Plant regeneration via callus mediated organogenesis in commercial variety of Bupleurum Chinense, *Plant biotechnol Rep*.17(2):159-169.

Optimization of in vitro Culture Conditions for Callus Induction and Organogenesis in the Medicinal Plant *Echinophora platyloba* DC.

Fatemeh Mahmoudi Kurdi*
Department of Biology, Faculty of Sciences, Azarbaijan Shahid Madani University ,Tabriz, Iran.
Corresponding Author: Fmahmoodi2@yahoo.com, ac.mahmoodi@azaruniv.ac.ir

Abstract:

Echinophora platyloba One of the valuable medicinal plants of the Apiaceae family and native to Iran is a rich source of secondary metabolites with pharmaceutical and industrial applications. Traditional propagation of this plant faces challenges due to vegetative limitations and sensitivity to environmental conditions; therefore, the use of plant tissue culture methods for callus induction and organ regeneration is of particular importance. In this study, the effects of different cytokinins, including BAP and KIN, along with concentrations of the auxin NAA (0–1 mg/L), were investigated for callus induction and shoot regeneration. Leaf and stem explants were cultured on MS medium containing various concentrations of BAP (0–2.5 mg/L) and KIN (0–2 mg/L). The results showed that the highest percentage of callus induction (100%) was obtained in the treatment of 0.5 mg/L BAP + 1 mg/L NAA, while the greatest shoot regeneration was observed in the treatment of 1.5 mg/L BAP alone. At concentrations higher than 2 mg/L of the applied cytokinins, symptoms of browning and tissue necrosis in explants were observed. These findings highlight the critical role of the balance between BAP and KIN in plant tissue development and provide an optimized protocol for rapid propagation and biomass production of this medicinal plant. The results can also serve as a basis for further studies on the production of secondary metabolites from induced callus cultures.

Key words: Callogenesis, Echinophora, Flavonoeid, Shoot Regeneration

رتبه‌بندی و تعیین اولویت بازارهای هدف صادراتی گیاهان دارویی ایران (مطالعه موردی: انیسون، گشنیز، زیره و رازیانه)

اتابک کاظم‌پور کهریز[۱]، محمد خداوردیزاده*[۲]، مجید حسنی مقدم[۳]، ناصر آسیابانی[۱]

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- دانشیار اقتصاد منابع طبیعی و محیط زیست، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳- استادیار موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: mo.khodaverdizadeh@urmia.ac.ir

چکیده

توسعه صادرات غیر نفتی و تنوع بخشیدن به درآمدهای صادراتی یکی از اهداف بسیار مهم در برنامه‌های توسعه کشور از قبل از انقلاب تاکنون بوده است. لذا شناسایی محصولات و فعالیت‌های تولیدی کشور که پتانسیل لازم جهت توسعه صادرات و واردشدن به بازارهای جهانی را دارند، امری ضروری به نظر می‌رسد. صادرات گیاهان دارویی یکی از حوزه‌های کلیدی تجارت کشاورزی ایران است که به دلیل تنوع زیستی بی‌نظیر، شرایط اقلیمی متنوع و پیشینه غنی در طب سنتی، از پتانسیل بالایی برخوردار است. صادرات گیاهان دارویی، از جمله انیسون، گشنیز، زیره و رازیانه به دلیل تقاضای رو به رشد جهانی و ارزش افزوده بالا، فرصت اقتصادی قابل‌توجهی برای کشور فراهم می‌کند. نظر به پتانسیل بالای کشور در زمینه تولید و صادرات گیاهان دارویی مذکور پژوهش حاضر با هدف اولویت‌بندی بازارهای هدف صادراتی این محصولات در ایران صورت پذیرفته است. دوره مورد مطالعه این پژوهش ۱۴۰۲-۱۳۸۳ می‌باشد. نتایج حاکی از آن است که با توجه به شاخص‌های مورد بررسی، کشورهای افغانستان، بحرین، امارات متحده عربی و قطر به ترتیب بهترین بازارها برای صادرات گیاهان دارویی منتخب ایران محسوب می‌شوند. این در حالی است که متوسط سهم این چهار کشور از بازار صادرات گیاهان دارویی ایران در ۲۰ سال گذشته ۱۴/۵ درصد بوده است. لذا پیشنهاد می‌شود سیاست‌هایی اتخاذ شوند که هدف آن‌ها معطوف به تنوع بخشی بازارهای هدف و تمرکز بر روی کشورهایی با اولویت بالا باشد.

واژه‌های کلیدی: ایران، بازار هدف، تاکسونومی عددی، گیاهان دارویی.

مقدمه

وابستگی شدید اقتصاد به درآمدهای نفتی و تمرکز جغرافیایی بالا در صادرات از چالش‌های ساختاری اصلی اقتصاد ایران به شمار می‌رود (Ross, 2017). آمارها نشان می‌دهد سهم نفت در درآمدهای ارزی و بودجه دولت چشمگیر است و رشد اقتصادی شدیداً تحت تأثیر نوسانات این بخش قرار دارد. از سوی دیگر، تمرکز حدود ۳۰ درصدی صادرات بر چین و چند بازار محدود، آسیب‌پذیری اقتصاد را در برابر شوک‌های خارجی افزایش داده است (World Bank, 2024). در این شرایط، توسعه صادرات محصولات دارای مزیت نسبی مانند گیاهان دارویی به بازارهای متنوع به عنوان راهکاری کلیدی مطرح است (Rasekh Jahromi and Noraniazad, 2021). ایران با دارا بودن تنوع اقلیمی و گونه‌های گیاهی منحصر به فرد، پتانسیل بالایی در این حوزه دارد (Amiri et al., 2021). در حال حاضر ایران جایگاه

قابل توجهی در بازار جهانی گیاهان دارویی دارد؛ به طوری که بر اساس آمار فائو (۲۰۲۳)، تولید گیاهان دارویی ایران با رسیدن به ۶۱،۵۵۴ تن، سهمی ۲/۱۸ درصدی از تولید جهانی را به خود اختصاص داده است. نکته حائز اهمیت، رشد پایدار تقاضای جهانی است که حجم تولید جهان را از ۴۸۳،۶۵۵ تن در سال ۲۰۰۱ به ۲،۸۳۰،۰۱۶ تن در سال ۲۰۲۳ رسانده که نشان‌دهنده رشد حدود ۴۸۵ درصدی در دو دهه اخیر است (FAO, 2023). با توجه به وابستگی شدید اقتصاد ایران به درآمدهای نفتی و آسیب‌پذیری ناشی از تمرکز جغرافیایی صادرات و همچنین اهمیت راهبردی توسعه صادرات گیاهان دارویی به عنوان محرک رشد غیرنفتی، مطالعات علمی قابل توجهی به مطالعه ابعاد مختلف این حوزه صورت گرفته است. مطالعات پیشین به طور یکپارچه بر اهمیت استراتژیک صادرات گیاهان دارویی در راستای کاهش وابستگی به درآمدهای نفتی و تنوع‌بخشی به سبد صادراتی ایران تأکید دارند. این پژوهش‌ها نشان داده‌اند که ایران در صادرات گیاهان دارویی دارای مزیت نسبی است، اما برای بهره‌برداری کامل از این پتانسیل، شناسایی و اولویت‌بندی بازارهای هدف صادراتی ضروری است. محققان با استفاده از روش‌های مختلفی نظیر تاکسونومی عددی، شاخص‌های مزیت نسبی آشکارشده و تحلیل سلسله مراتبی فازی، کشورهایی مانند هنگ‌کنگ، آمریکا، چین، هند، ژاپن، آلمان، امارات، عربستان، عراق و ترکیه را به عنوان بازارهای هدف بالقوه معرفی کرده‌اند. با این حال، اغلب این مطالعات به وجود تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین بازارهای بالقوه و بالفعل صادرات گیاهان دارویی ایران و عدم تنوع کافی در مقاصد فعلی صادرات اشاره دارند که لزوم بازنگری در سیاست‌های صادراتی و هدایت آن‌ها به سمت بازارهای هدف بالقوه و متنوع‌تر را برجسته می‌سازد (Khodaverdizadeh and Mohammadi, 2016). با توجه به تحولات گسترده در اقتصاد جهانی، تغییر الگوهای تجاری و نوسانات ژئوپلیتیکی اخیر، یافته‌های مطالعات پیشین که مربوط به شرایط اقتصادی گذشته هستند، از کارایی لازم در محیط پرتلاطم کنونی برخوردار نیستند. اگرچه این مطالعات پایه‌های نظری ارزشمندی فراهم آورده‌اند، اما لزوم بازنگری و به‌روزرسانی در اولویت‌بندی بازارهای هدف را ایجاب می‌نماید. لذا انجام مطالعه جدید با بهره‌گیری از داده‌های به‌روز و ملاحظات معاصر، نه تنها ضروری بلکه اجتناب‌ناپذیر است. این پژوهش درصدد است با اولویت‌بندی مبتنی بر شواهد بازارهای هدف صادراتی گیاهان دارویی، مبنای علمی مناسبی برای سیاست‌گذاران و ذی‌نفعان بخش خصوصی فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

هدف مطالعه حاضر بررسی و اولویت‌بندی بازارهای هدف گیاهان دارویی کشور(انیسون، گشنیز، زیره و رازیانه) بر اساس رهیافت تاکسونومی عددی می‌باشد. بازارهای هدف اولویت‌دار، به بازارهایی اطلاق می‌شود که از نظر میزان تقاضای کالای موردنظر بر اساس شاخص‌های معرفی‌شده از بالاترین درجه اولویت برخوردار بوده بوده و در آینده نیز ظرفیت مناسبی از بازار صادراتی کشور را به خود اختصاص دهد (Kazempour et al, 2022). یکی از متداول‌ترین روش‌های اولویت‌بندی بازارها بر اساس تعدادی از شاخص‌ها، رهیافت تاکسونومی عددی است. این رهیافت یک روش متداول در رتبه‌بندی، طبقه‌بندی و مقایسه شاخص‌های مختلف است که با تقسیم و طبقه‌بندی یک مجموعه به زیر مجموعه‌های همگن، مقیاس مناسبی را برای تحلیل و ارزیابی تصمیم گیرندگان فراهم می‌آورد. مراحل تحلیل رده‌بندی عددی در هشت مرحله به شرح زیر می باشد:

مرحله اول: مشخص کردن شاخص‌ها بر اساس هدف موضوع مورد نظر. در مطالعه حاضر به منظور اولویت‌بندی بازارهای هدف صادراتی گیاهان دارویی کشور از میانگین و ضریب‌نوسان ۴ شاخص جذابیت بازار شامل قیمت وارداتی

گیاهان دارویی در کشورهای هدف مورد بررسی، معکوس فاصله جغرافیایی بین کشور ایران و شرکای تجاری، درآمد سرانه در کشور هدف و همچنین بزرگی و جمعیت در کشور هدف مورد استفاده قرار گرفته است.

مرحله دوم: تشکیل ماتریس داده‌ها و سپس محاسبه میانگین و انحراف معیار(i تعداد گزینه‌ها و j تعداد شاخص‌های مورد نظر).

مرحله سوم: نرمال سازی داده‌های ماتریس به دست آمده از مرحله‌ی دوم بر اساس رابطه (۱):

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \overline{X}_j}{\delta_j} \qquad (۱)$$

در رابطه فوق:

$\overline{X}_j$: میانگین شاخص‌ها یا هر یک از ستون‌های ماتریس

δ_j : انحراف معیار هر شاخص یا هر یک از ستون‌های ماتریس می‌باشند.

مرحله چهارم: تعیین فاصله(اختلاف)

در این مرحله به منظور تعیین فاصله‌ی هر گزینه از دیگر گزینه‌ها برای هر شاخص از رابطه‌ی (۲) استفاده می‌شود:

$$D_{ab} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(Z_{aj} - Z_{bj}\right)^2} \qquad (۲)$$

مرحله پنجم: تعیین کوتاهترین فاصله

در این مرحله کمترین فاصله‌ی هر سطر از ماتریس تعیین شده و سپس میانگین هر کدام از فاصله گزینه‌ها و انحراف معیار آنها به دست خواهد آمد.

مرحله ششم: همگن سازی گزینه‌ها

برای این منظور با استفاده از رابطه $O_r = \mp 2\delta_{dr}\ \overline{d_r}$ حد بالا و پایین را مشخص شده و هر گزینه‌ای که خارج از این مجموعه باشد از مجموعه حذف می‌شود.

مرحله هفتم: تعیین الگو یا سرمشق گزینه‌ها (Cio)

در این مرحله فاصله هر گزینه را از مقدار ایده آل محاسبه شده در مرحله چهارم بدست می‌آوریم. فاصله‌ی کمتر از مقدار ایده‌آل نمایانگر وضعیت مناسب و فاصله‌ی زیاد، بیان کننده‌ی وضعیت نامناسب گزینه می‌باشد (رابطه ۳).

$$Cio = \sqrt{\sum_{j=i}^{n} \left(Z_{ij} - Z_{bj}\right)^2} \qquad (۳)$$

مرحله هشتم: رتبه بندی گزینه‌ها (Fi) بر اساس رابطه (۴):

$$F_i = \frac{Cio}{Co} \qquad (۴)$$

در رابطه فوق، Fi وضعیت هر گزینه، Cio سرمشق هرگزینه، Co حد بالای گزینه را نشان می‌دهد. مقادیرF نیز همواره بین صفر و یک قرار گرفته و نظر به مبنای مورد استفاده در مرتب کردن شاخص‌ها، مقدار F هر چقدر به صفر نزدیکتر باشد، نشان از اولویت آن کشور از جهت جاذبه بازار در مقایسه با سایر کشورها می‌باشد. نمونه مورد مطالعه در پژوهش حاضر ۲۰ کشور عمده واردکننده گیاهان دارویی از کشور ایران شامل: ازبکستان، افغانستان، امارات، انگلستان، آذربایجان، ایالات متحده آمریکا، بحرین، بنگلادش، پاکستان، پرو، ترکیه، ژاپن، سنگاپور، عراق، قطر، کره جنوبی، کلمبیا، کویت، مالزی و ویتنام می‌باشند. به منظور دستیابی به نتایج مورد انتظار، داده‌های مورد استفاده در پژوهش

پیش‌رو برای سال‌های ۲۳-۲۰۰۱ از پایگاه اطلاعاتی سازمان تجارت جهانی (Trade map) و سازمان خوار و بار کشاورزی (FAO) جمع‌آوری شده است.

نتایج و بحث

هدف مطالعه حاضر اولویت‌بندی بازارهای هدف گیاهان دارویی منتخب کشور ایران (انیسون، گشنیز، زیره و رازیانه) می‌باشد. در همین راستا، ابتدا به بررسی بازارهای هدف عمده کشور و سهم بازاری هرکدام در ۲۰ سال گذشته پرداخته و نتایج مربوط به آن در جدول (۱) گزارش شده است.

جدول ۱. عمده کشورهای واردکننده گیاهان دارویی منتخب (۲۰۲۳-۲۰۰۴)

رتبه	کشور	ارزش واردات (هزار دلار)	سهم (درصد)	رتبه	کشور	ارزش واردات (هزار دلار)	سهم (درصد)
۱	پاکستان	۳۳۶۰۱۳	۶۷/۸۳	۱۱	ازبکستان	۲۲۳۴	۰/۴۵
۲	امارات	۶۷۱۸۲	۱۳/۵۶	۱۲	بنگلادش	۲۱۴۹	۰/۴۳
۳	ژاپن	۳۹۳۴۴	۷/۹۴	۱۳	کویت	۱۸۱۸	۰/۳۷
۴	عراق	۱۳۴۰۸	۲/۷۱	۱۴	آمریکا	۱۶۲۰	۰/۳۳
۵	ترکیه	۷۶۷۳	۱/۵۵	۱۵	افغانستان	۱۵۲۴	۰/۳۱
۶	کره جنوبی	۳۰۵۹	۰/۶۲	۱۶	مالزی	۱۲۸۷	۰/۲۶
۷	ویتنام	۲۴۳۴	۰/۴۹	۱۷	کلمبیا	۱۱۴۸	۰/۲۳
۸	بحرین	۲۳۹۰	۰/۴۸	۱۸	آذربایجان	۱۰۷۵	۰/۲۲
۹	سنگاپور	۲۳۰۵	۰/۴۷	۱۹	قطر	۱۰۷۱	۰/۲۲
۱۰	انگلستان	۲۳۰۱	۰/۴۶	۲۰	پرو	۷۷۴	۰/۱۶

ماخذ: یافته‌های تحقیق

مطابق اطلاعات ارائه شده در جدول (۱)، در فاصله ۲۰ سال منتهی به ۲۰۲۳، کشورهای پاکستان، امارات، ژاپن و عراق در مجموع با داشتن واردات ۴۵۶ میلیون دلاری این محصول از ایران، بیش از ۹۲ درصد بازار صادراتی گیاهان دارویی کشور را به خود اختصاص داده‌اند.

در ادامه نتایج مربوط به اولویت‌بندی بازارهای هدف گیاهان دارویی کشور (انیسون، گشنیز، زیره و رازیانه) در جدول (۲) نشان داده شده است. بر اساس نتایج ، کشورهای افغانستان، بحرین، امارات، قطر و کویت به ترتیب به عنوان اصلی‌ترین بازارهای هدف اولویت‌دار گیاهان دارویی کشور مطرح بوده‌اند. این درحالی است که در واقعیت رتبه این کشورها در صادرات گیاهان دارویی کشور به ترتیب ۱۵، ۸، ۲، ۱۹ و ۱۳ بوده است. لذا گرچه این کشورها از نظر نتایج تاکسونومی در اولویت هستند اما در واقعیت به عنوان اولویت صادراتی به آنها توجهی نشده است. به عبارتی بازارهای هدف بالقوه عمدتا بازارهای بالفعل نیستند. از سویی دیگر، رتبه چهار کشور پاکستان، امارات، ژاپن و عراق (چهار کشور با بیشترین سهم از بازار صادرات کشور در ۲۰ سال گذشته) بر اساس نتایج اولویت‌بندی تاکسونومی عددی به ترتیب برابر با ۱۱، ۳، ۱۴ و ۱۳ بوده است.

جدول ۲. اولویت‌بندی بازارهای هدف گیاهان دارویی صادراتی ایران(انیسون، گشنیز، زیره و رازیانه)

ردیف	کشور	ضریب اهمیت	اولویت بر اساس خروجی تاکسونومی
۱	افغانستان	۰/۷۹	۱
۲	آذربایجان	۰/۹۹	۲۰
۳	بحرین	۰/۸۳	۲
۴	بنگلادش	۰/۸۸	۱۱
۵	کلمبیا	۰/۸۷	۹
۶	عراق	۰/۹۰	۱۳
۷	ژاپن	۰/۹۳	۱۴
۸	کره جنوبی	۰/۹۴	۱۶
۹	کویت	۰/۸۴	۵
۱۰	مالزی	۰/۹۴	۱۷
۱۱	پاکستان	۰/۸۸	۱۰
۱۲	پرو	۰/۸۸	۱۲
۱۳	قطر	۰/۸۴	۴
۱۴	سنگاپور	۰/۸۵	۶
۱۵	ترکیه	۰/۹۶	۱۸
۱۶	امارات	۰/۸۴	۳
۱۷	انگلستان	۰/۹۴	۱۵
۱۸	آمریکا	۰/۸۵	۷
۱۹	ازبکستان	۰/۹۷	۱۹
۲۰	ویتنام	۰/۸۶	۸

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه گیری

تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده از اولویت‌بندی بازارهای هدف گیاهان دارویی منتخب کشور (انیسون، گشنیز، زیره و رازیانه) گویای آن است که در طول سالیان گذشته بازار صادراتی این محصولات از تنوع مناسبی برخوردار نبوده و همواره چند کشور محدود بازار این محصول را در اختیار داشته‌اند. لذا بایسی سیاست‌هایی اتخاذ شوند که هدف آن‌ها معطوف به تنوع بخشی بازارهای هدف و تمرکز بر روی کشورهایی با اولویت بالا باشد، تا ضمن بررسی شرایط موجود در بازارهای اولویت دار به ترتیب اهمیت، با آگاهی کامل از تمامی شرایط بازارهای هدف به ویژه سلیقه مشتریان در آنها نفوذ کرد. همچنین صادرکنندگان می‌توانند راه‌های نفوذ در بازارها را دریابند و با در نظر گرفتن راهبردهای خاص حضوری مستمر در این بازارها داشته باشند. همچنین تدوین یک استراتژی بلندمدت جهت توسعه هدفمند صادرات گیاهان دارویی کشور نیز از جمله اقدامات ضروری و قابل پیشنهاد در این زمینه به شمار می‌رود.

منابع

Amiri, M. S., Taghavizadeh Yazdi, M. E., & Rahnama, M. (2021). Medicinal plants and phytotherapy in Iran: Glorious history, current status and future prospects. *Plant Science Today, 8*(1), 95–111. https://doi.org/10.14719/pst.2021.8.1.926

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *FAOSTAT*. from https://www.fao.org/faostat/en/

Kazempour, A., Rafiee, H., Noroozi, H., Zare, S.A., Yousefzadeh, L., & Kaboudtabar, M., (2022). Prioritization Of Iranian Tomato Target Markets Based on Market Competition Indicators. Journal Of Economics and Agriculture Development, 36(1), 49-65. Sid. Https://Sid.Ir/Paper/1057426/En

Khodaverdizadeh, M. and Mohammadi, S. (2016). Determination of Market Structure and Ranking Target Markets of Iran's Export of Medicinal Plants. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, *5*(20), 201-220. doi: 10.22084/aes.2016.1672

Rasekh Jahromi, E. and Noraniazad, S. (2021). Non-parametric Measuring of Market Structure and Comparative Advantage of Iran's Medicinal Plants Export and its Main Trading Partners. *Journal of Industrial Economics researches*, *5*(16), 35-46. doi: 10.30473/indeco.2021.7660. (In Iran)

Ross, M. L. (2017). What do we know about economic diversification in oil-producing countries? *Social Science Research Network*. https://doi.org/10.2139/ssrn.3048585

World Bank. (2024). *Iran, Islamic Republic*. https://documents1.worldbank.org/curated/en/099830404052427908/pdf/IDU12228d92d10db614dad193591e515178130a0.pdf

Ranking and prioritizing export target markets of Iranian medicinal plants (Case study: Anise, coriander, cumin, fennel)

Atabak Kazempour Kahriz[1], Mohammad Khodaverdizadeh[*2], Majid Hassani Moghaddam[3], Naser Asiabani[1]

1. PhD student of Agricultural Economics, Agricultural economics department, Faculty of agricultural economics and development, University of Tehran, Tehran, Iran
2. Associate Professor of Economics of natural resources and environment, Agricultural economics department, Urmia University, Urmia, Iran
3. Assistant Professor in Iranian Research Institute of Plant Protection Tehran, Iran

**Corresponding Author: mo.khodaverdizadeh@urmia.ac.ir*

Abstract

Developing non-oil exports and diversifying export revenues has been one of the most important goals in the country's development plans since before the revolution. Therefore, identifying the country's products and production activities that have the potential to develop exports and enter global markets seems essential. The export of medicinal plants is one of the key areas of Iran's agricultural trade, which has high potential due to its unique biodiversity, diverse climatic conditions, and rich history in traditional medicine. The export of medicinal plants, including saffron, rosehip, cumin, and chamomile, provides a significant economic opportunity for the country due to growing global demand and high added value. Considering the high potential of the country in the field of medicinal plants production and export, the present study was conducted with the aim of prioritizing the export target markets of this product in Iran. The study period of this research is 2004-2023. The results indicate that, according to the indicators studied, Afghanistan, Bahrain, the United Arab Emirates, and Qatar are considered the best markets for Iranian medicinal plant exports, respectively. This is while the average share of these four countries in the Iranian medicinal plant export market over the past 20 years has been 14.5 percent. Therefore, it is suggested that policies be adopted that aim to diversify target markets and focus on high-priority countries.

Keywords: Iran, Medicinal Plants, Numerical Taxonomy, Target Market.

چالش‌های کنترل کیفیت در عرقیات گیاهی و ارائه راهکارهای مناسب در فرآیندهای تولید و توزیع

علی اصغر حمیدی*
دانشیار گروه شیمی دارویی دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی تبریز، ایران
*نویسنده مسئول: Hamidia@tbzmed.ac.ir

چکیده

عرقیات گیاهی به علت داشتن مواد موثره گیاهی با خواص دارویی یکی از مهمترین فرآورده‌های طبیعی در طب سنتی ایران و دیگر کشورهای جهان هستند. با وجود رشد روزافزون تقاضا برای این محصولات، کنترل کیفیت عرقیات گیاهی با چالش‌های متعددی روبرو است. این مقاله مروری به بررسی مهم‌ترین چالش‌های موجود در زمینه کنترل کیفی عرقیات گیاهی شامل آلودگی به متانول، عدم استانداردسازی روش‌های آنالیز مواد موثره، عدم استانداردسازی روش تولید. عدم رعایت مسائل بهداشتی، تداخلات دارویی و تقلب در تولید می‌پردازد. همچنین راهکارهای مناسبی برای استانداردسازی فرآیند تولید، بهبود سیستم‌های نظارتی، آموزش تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان و استفاده از فناوری‌های مدرن ارائه می‌دهد. با به کارگیری این راهکارها می‌توان به ارتقای کیفیت و ایمنی عرقیات گیاهی کمک کرد. چالش دیگر عدم وجود استاندارد برای تمامی عرقیات گیاهی و همچنین هزینه بر بودن روش‌های موجود آنالیز مواد موثره عرقیات گیاهی است. بخش چوبی گیاهان دارویی مورد استفاده برای تهیه عرقیات گیاهی در اثر حرارت تولید متانول می‌کند که باعث آسیب به عصب چشمی شده و موجب نابینایی می‌گردد. یکی از راهکارهای مناسب برای آگاهی بخشیدن به تولید کنندگان و توزیع کنندگان عرقیات گیاهی توجه دادن آنها به شرح حالهای اخذ شده از بیماران بستری در بخش مسمومیت اکثر بیمارستان‌ها در اثر مصرف بیش از حد این عرقیات است. همچنین عرقیات گیاهی به دو روش سنتی و صنعتی تولید می‌شوند که واحدهای صنعتی بدلیل مجوز دار بودن تحت نظارت سازمان‌ها و ادارات دولتی هستند ولی نظارت بر تولید کننده‌های سنتی یکی از چالشهای موجود در این حوزه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی : عرقیات گیاهی، کنترل کیفیت، متانول، استانداردسازی، تقلب

مقدمه

عرقیات گیاهی از دیرباز در طب سنتی چین، ایران و دیگر فرهنگ‌ها به عنوان دارو و نوشیدنی‌های سلامت‌بخش مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این فرآورده‌ها از طریق تقطیر بخش‌های مختلف گیاهان دارویی و معطر مانند گل، برگ، ریشه و ساقه به دست می‌آیند. در سال‌های اخیر، با افزایش گرایش به محصولات طبیعی و گیاهی، تقاضا برای عرقیات گیاهی به طور قابل توجهی افزایش یافته است. با این حال، کیفیت و ایمنی این محصولات به دلایل مختلفی مورد تردید است. یکی از دلایل اصلی محبوبیت پایدار محصولات دارویی گیاهی، منشأ طبیعی و کاربرد تاریخی آن‌هاست. بسیاری از جوامع، سنت دیرینه‌ای در استفاده از داروهای گیاهی برای درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها و ارتقای سلامت عمومی دارند. اطمینان از کیفیت و استانداردسازی مداوم محصولات گیاهی برای تضمین ایمنی، اثربخشی و تکرارپذیری آنها بسیار مهم است (Wang et al., 2019). اقدامات دقیق کنترل کیفیت برای محافظت از سلامت و ایمنی

مصرف‌کنندگان ضروری است. با اجرای آزمایش‌های دقیق و پروتکل‌های تضمین کیفیت، می‌توان خطرات احتمالی مانند آلودگی، تقلب و وجود مواد مضر را به حداقل رساند و از ایمن بودن محصولات دارویی گیاهی برای مصرف اطمینان حاصل کرد (Giacometti et al., 2018). کنترل کیفیت ناکافی می‌تواند خطرات ایمنی جدی را برای مصرف‌کنندگان ایجاد کند. آلاینده‌ها، تقلبات یا فرمولاسیون‌های نادرست در محصولات دارویی گیاهی ممکن است منجر به واکنش‌های نامطلوب، سمیت یا سایر عوارض سلامتی شود. کنترل کیفیت ناکافی ممکن است منجر به سطوح متناقض ترکیبات فعال در محصولات دارویی گیاهی شود. این ناهماهنگی می‌تواند منجر به اثرات درمانی متغیر شود و تجویز و مدیریت موثر درمان‌های بیمار را برای متخصصان مراقبت‌های بهداشتی چالش برانگیز کند(Ma et al., 2022) اقدامات کنترل کیفیت به حفظ ثبات در ترکیب و قدرت محصولات دارویی گیاهی کمک می‌کند. از طریق فرآیندهای تولید استاندارد و و استاندار سازی روش‌های آزمایش، می‌توان سطوح ترکیبات فعال را کنترل و پایش کرد و اطمینان حاصل کرد که محصولات اثرات درمانی مطلوب را به طور مداوم ارائه می‌دهند (Folashade etal., 2012). این تعهد به ایجاد اعتماد بین مصرف‌کنندگان، متخصصان مراقبت‌های بهداشتی و مقامات نظارتی کمک می‌کند. کنترل کیفیت عرقیات گیاهی به دلیل تنوع در روش‌های تولید، تفاوت در کیفیت مواد اولیه و عدم وجود استانداردهای یکپارچه با چالش‌های متعددی روبرو است. این چالش‌ها نه تنها بر اثربخشی درمانی محصولات تأثیر می‌گذارند، بلکه می‌توانند موجب بروز عوارض جانبی و حتی مسمومیت‌های خطرناک شوند . بنابراین، شناسایی این چالش‌ها و ارائه راهکارهای مناسب برای رفع آنها از اهمیت بالایی برخوردار است. این مقاله با بررسی علمی چالش‌های موجود در کنترل کیفی عرقیات گیاهی و ارائه راهکارهای عملی، تلاش می‌کند تا گامی در جهت ارتقای کیفیت و ایمنی این محصولات بردارد. در جدول ۱ خلاصه چالش‌های اصلی در کنترل کیفی عرقیات گیاهی آورده شده است.

جدول ۱. خلاصه چالش‌های اصلی در کنترل کیفی عرقیات گیاهی

نام چالش	علت چالش	پیامدهای احتمالی چالش
آلودگی به متانول	استفاده از قسمت‌های چوبی گیاه، مدت زمان ماندن گیاه در آب، عدم استفاده از ظروف باز برای تقطیر	کوری، مسمومیت، مرگ
عدم رعایت بهداشت	عدم نظارت کافی، عدم استریلیزاسیون دستگاه‌ها، آلودگی میکروبی	تغییر رنگ، طعم و بوی عرق، فساد زود هنگام
عدم استانداردسازی تداخلات دارویی	تفاوت در کیفیت مواد اولیه، تفاوت در روش‌های فرآوری عدم آگاهی مصرف‌کنندگان، عدم مشورت با پزشک	تغییرپذیری در اثربخشی درمانی عوارض جانبی، کاهش اثر داروها
تقلب در تولید	افزودن اسانس‌های مصنوعی، رقیق کردن با آب، استفاده از جوشانده به جای عرق	کاهش اثر درمانی، واکنش‌های آلرژیک

چالش‌های تولید عرقیات از گیاهان دارویی

۱- آلودگی به متانول

یکی از جدی‌ترین چالش‌ها در تولید عرقیات گیاهی، امکان وجود متانول (الکل چوب) در محصول نهایی است. متانول یک ماده سمی است که مصرف حتی مقادیر کم آن می‌تواند باعث کوری، مسمومیت شدید و حتی مرگ شود. این ماده در طی فرآیند تقطیر و از قسمت‌های چوبی گیاهان تولید می‌شود (Ohimain et al., 2016) مطالعات نشان داده‌اند که حدود نیمی از نمونه‌های عرقیات گیاهی از نظر میزان متانول در حد بحرانی قرار دارند و مقادیر متانول در

برخی نمونه‌ها بسیار بالاتر از حد قابل قبول استاندارد است. در بین عرقیات مختلف، بیشترین مقدار متانول معمولاً در عرق نعناع مشاهده شده است.

۲- عدم رعایت اصول بهداشتی در تولید

بسیاری از کارگاه‌های تولید عرقیات گیاهی به ویژه واحدهای سنتی، نظارت کافی بر رعایت اصول بهداشتی ندارند. این مسئله می‌تواند منجر به آلودگی میکروبی محصولات شود. مطالعات نشان داده‌اند که آلودگی به باکتری‌های خطرناکی مانند سودوموناس آئروژینوزا در برخی عرقیات گیاهی وجود دارد.

این آلودگی می‌تواند ناشی از عدم پاستوریزاسیون کافی محصول، استفاده از بسته‌بندی آلوده، عدم درب‌بندی مناسب و رقیق بودن محصول باشد. آلودگی میکروبی نه تنها باعث فساد زودهنگام محصول می‌شود، بلکه می‌تواند برای مصرف‌کنندگان به ویژه افراد با سیستم ایمنی ضعیف خطرناک باشد.

۳- عدم استانداردسازی فرآیند تولید

تفاوت در کیفیت مواد اولیه و روش‌های فرآوری از دیگر چالش‌های مهم در کنترل کیفیت عرقیات گیاهی است. تحقیقات نشان داده‌اند که بین داده‌های حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌های کیفی مانند عدد اسیدی، عدد یدی و عدد اکسیداسیون در عرقیات تولید شده توسط شرکت‌های مختلف، انحراف معیار بالایی وجود دارد . این تفاوت‌ها نشان‌دهنده عدم یکنواختی در کیفیت محصولات نهایی است که می‌تواند بر اثربخشی درمانی آنها تأثیر منفی گذاشته و تصمیم‌گیری در مورد دوز مصرفی را برای مصرف‌کنندگان و متخصصان سلامت با مشکل مواجه کند(Folashade et al., 2012).

۴- تداخلات دارویی و عوارض جانبی

بسیاری از مصرف‌کنندگان عرقیات گیاهی را به دلیل منشأ طبیعی بودن، بی‌ضرر می‌دانند و بدون توجه به تداخلات دارویی احتمالی و عوارض جانبی آنها را مصرف می‌کنند. این در حالی است که عرقیات گیاهی نیز مانند داروهای شیمیایی می‌توانند دارای عوارض جانبی و تداخلات دارویی باشند .برای مثال، مصرف همزمان عرق به لیمو با داروهای ضد تشنج و خواب‌آور می‌تواند موجب بی‌حالی، سرگیجه و عدم تمرکز شود. همچنین مصرف برخی عرقیات برای زنان باردار، کودکان زیر دو سال و افرادی که داروهای خاص مصرف می‌کنند، می‌تواند خطرناک باشد (Hollein et al., 2016).

۵- تقلب در تولید و عرضه

تقلب در تولید و عرضه عرقیات گیاهی یکی دیگر از چالش‌های مهم این صنعت است. روش‌های متعددی برای تقلب در تولید عرقیات گیاهی وجود دارد که از جمله می‌توان به افزودن اسانس‌های مصنوعی، رقیق کردن با آب، استفاده از جوشانده گیاهی به جای عرق و افزودن مواد نگهدارنده غیرمجاز اشاره کرد .این روش‌ها نه تنها باعث کاهش اثر درمانی محصول می‌شوند، بلکه می‌توانند باعث بروز واکنش‌های آلرژیک و سایر عوارض جانبی در مصرف‌کنندگان شوند. متأسفانه تشخیص عرقیات تقلبی از اصلی برای مصرف‌کنندگان عادی اغلب دشوار و گاها غیرممکن است. تشخیص تقلبات در این مورد اغلب برعهده ارگان‌های نظارتی از جمله سازمان غذا و دارو است (Hollein et al., 2016).

راهکارهای بهبود کنترل کیفی عرقیات گیاهی

۱- استانداردسازی فرآیند تولید

استانداردسازی فرآیند تولید از ابتدایی‌ترین مراحل تا بسته‌بندی محصول نهایی است. این استانداردسازی شامل موارد زیر است (Folashade et al., 2012).

کنترل کیفیت مواد اولیه: بررسی ویژگی‌های ظاهری گیاهان از نظر وجود آفات و بیماری‌ها، آلودگی‌های قارچی و پوسیدگی

استانداردسازی فرآیند تقطیر: استفاده از دستگاه‌های مدرن تقطیر، کنترل دما و زمان تقطیر، استفاده از ظروف مناسب برای کاهش متانول

پاستوریزاسیون مناسب: استفاده از روش‌های مناسب پاستوریزاسیون برای از بین بردن میکروب‌های بیماری‌زا و افزایش ماندگاری محصول

بسته‌بندی مناسب: استفاده از ظروف شیشه‌ای تیره یا ظروف پلیمری حاصل از رزین‌های غیربازیافتی برای نگهداری عرقیات

۲- بهبود سیستم‌های نظارتی و کنترل کیفیت

تقویت سیستم‌های نظارتی و کنترل کیفیت توسط سازمان‌های مربوطه مانند وزارت بهداشت و سازمان ملی استاندارد ضروری است. این بهبود شامل:

تدوین استانداردهای ملی: تدوین و اجرای استانداردهای ملی برای انواع عرقیات گیاهی شامل پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی

نظارت مستمر: نظارت مستمر بر کارگاه‌ها و کارخانه‌های تولید عرقیات گیاهی و اعطای مجوز تنها به واحدهای دارای شرایط لازم(Hollein et al., 2016).

آزمون‌های دوره‌ای: انجام آزمون‌های دوره‌ای بر روی نمونه‌های گرفته شده از بازار و برخورد قانونی با متخلفان

۳- آموزش تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان

آموزش تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان نقش مهمی در بهبود کیفیت عرقیات گیاهی دارد. این آموزش‌ها شامل:

آموزش تولیدکنندگان: آموزش روش‌های صحیح تولید، اهمیت رعایت اصول بهداشتی و خطرات ناشی از تولید غیراصولی

آموزش مصرف‌کنندگان: افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان درباره ویژگی‌های عرقیات مرغوب، روش‌های تشخیص عرق اصل از تقلبی و اهمیت توجه به برچسب محصول

اطلاع‌رسانی درباره تداخلات دارویی: هشدار درباره تداخلات دارویی احتمالی و ضرورت مشورت با پزشک قبل از مصرف عرقیات گیاهی

۴- استفاده از فناوری‌های مدرن در تولید

بهره‌گیری از فناوری‌های مدرن در تولید عرقیات گیاهی می‌تواند بطور معنی‌داری به بهبود کیفیت محصولات منجر شود. این فناوری‌ها شامل:

دستگاه‌های تقطیر صنعتی: استفاده از دستگاه‌های تقطیر صنعتی مجهز به سیستم‌های کنترل خودکار دما و فشار

سیستم‌های بسته‌بندی اسپتیک: استفاده از سیستم‌های بسته‌بندی اسپتیک برای جلوگیری از آلودگی میکروبی

تجهیزات آزمایشگاهی پیشرفته: استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی پیشرفته برای کنترل کیفیت محصولات در مراحل مختلف تولید

نتیجه‌گیری

کنترل کیفیت عرقیات گیاهی با چالش‌های متعددی روبرو است که از جمله می‌توان به آلودگی با متانول، عدم رعایت اصول بهداشتی، عدم استانداردسازی فرآیند تولید، تداخلات دارویی و تقلب در تولید اشاره کرد. این چالش‌هاعلاوه بر اثربخشی درمانی محصولات تأثیر می‌گذارند، بلکه می‌توانند برای سلامت مصرف‌کنندگان خطرناک باشند. برای رفع این چالش‌ها، راهکارهای متعددی از جمله استانداردسازی فرآیند تولید، بهبود سیستم‌های نظارتی، آموزش تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان و استفاده از فناوری‌های مدرن پیشنهاد شده است. اجرای این راهکارها نیازمند همکاری بین دستگاه‌های نظارتی، تولیدکنندگان، پژوهشگران و مصرف‌کنندگان است.

منابع

Folashade, O. F. Egharevba, Omoregie, F. and Ahmadu, P.O. (2012). Standardization of herbal medicines - A review. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 4, 101.

Giacometti, J., Bursać Kovačević, D., Putnik, P., Gabrić, D., Bilušić, T. and Krešić, G. et al. (2018). Extraction of bioactive compounds and essential oils from mediterranean herbs by conventional and green innovative techniques: A review. *Food Research International*, 18, 30482.

Höllein, L., Kaale, E., Mwalwisi, Y.H. Schulze, M.H. and Holzgrabe, U. (2016). Routine quality control of medicines in developing countries: Analytical challenges, regulatory infrastructures and the prevalence of counterfeit medicines in Tanzania. *Trends in Analytical Chemistry*, 76, 60.

Ma, P. Y. Li, X. Y. Wang, Y. L. Lang, D. Q. Liu, L., Yi, Y. and K., et al. (2022). Natural bioactive constituents from herbs and nutraceuticals promote browning of white adipose tissue. *Pharmacological Research*, 178, 106175

Ohimain, E. I. (2016). Methanol contamination in traditionally fermented alcoholic beverages: the microbial dimension. *Ohimain SpringerPlus*, 5, 1607.

Wang, H., Chen, Y., Wang, L., Liu, Q., Yang, S., and Wang, C. (2023). Advancing herbal medicine: enhancing product quality and safety through robust quality control practices. *Frontiers in Pharmacology*, 14, 1265178.

Challenges in controlling the quality of herbal distillates and providing appropriate solutions in the production and distribution processes

Aliasghar Hamidi*
Department of Medicinal Chemistry, Faculty of Pharmacy, Tabriz University of Medical Sciences, Iran.
*Corresponding Author: hamidia@tbzmed.ac.ir

Abstract

Herbal distillates are among the most significant natural items in traditional medicine in Iran and other countries, owing to their active plant constituents with therapeutic characteristics. Despite the rising demand for these goods, the quality monitoring of herbal tinctures encounters various problems. This review paper analyzes the principal issues in the quality control of herbal tinctures, including methanol contamination, the absence of standardized methods for testing active ingredients, and the lack of uniformity in production methods. Noncompliance with health regulations, medicine interactions, and production fraud. It also offers suitable solutions for standardizing the production process, enhancing monitoring systems, educating producers and consumers, and employing new technologies. Implementing these methods can enhance the quality and safety of herbal tinctures. A further difficulty is the absence of standards for herbal tinctures and the expense associated with current technologies for testing their active components. The lignified portion of medicinal flora utilized for the preparation of herbal tinctures generates methanol during heating, which adversely affects the optic nerve and results in blindness. An effective way to enhance awareness among producers and distributors of herbal extracts is to focus on case histories from patients admitted to poisoning departments in hospitals due to excessive ingestion of these extracts. Herbal extracts are generated through both traditional and industrial processes, with industrial facilities regulated by government entities due to their licensing. However, overseeing traditional producers is a significant challenge in this sector.

Keywords: Herbal distillate, Quality control, Methanol, Standardization, Adulteration

اندازه‌گیری میزان مهاجرت مونومر استایرن در ظروف پلی‌استایرنی در تماس باموادغذایی به روش پولاروگرافی

علی اصغر حمیدی*
دانشیار گروه شیمی دارویی دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی تبریز، ایران
*نویسنده مسئول: Hamidia@tbzmed.ac.ir

چکیده

امروزه ظروف پلاستیکی یکی از پرمصرف ترین ظروف هستند که در حوزه‌های مختلف ازجمله بسته بندی مواد غذایی مخصوصا عرقیات گیاهی مصرف می‌شوند. این مواد از پلیمریزاسیون مونومرهای خود تولید می‌شوند. بدلیل عدم تکمیل فرایند پلیمریزاسیون، مقدار کمی از مونومر در ظروف باقی مانده که با احراز شرایط مساعد، امکان مهاجرت به مواد غذایی ظروف پلی استایرنی وجود دارد. استایرن یکی از موادی است که برای سلامتی انسان خطرناک گزارش شده است. در این مطالعه ظرفهای مختلف پلی استایرنی مورد استفاده برای بسته بندی مواد غذایی ازجمله ماست، ماست موسیر، دوغ، آب معدنی، بطری شیر کودکان و پنیر استفاده شد. روش آنالیز ولتامتری با دستگاه پلاروگرافی مجهز به الکترود کار جیوه قطره چکنده است که قادر به اندازه‌گیری مقادیر بسیار کم آنالیت در حد ppt (part per trillion) می‌باشد. ابتدا برای تهیه بلانک ۵ میلی‌لیتر از نمونه استاندارد استایرن فیلتره شده با ۰/۷۵ میلی‌لیتر از سدیم نیتریت مخلوط شده بمدت ۲۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه انکوبه گشت. سپس ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر دیونیزه و ۵ میلی‌لیتر استات سدیم به آن اضافه شد. با تنظیم شرایط آزمایش پلاروگرافی از طریق نرم‌افزار، مقادیر آنالیت در نمونه شاهد و نمونه‌های واقعی اندازه‌گیری گردید. در این بررسی از مشابه‌های غذایی برای غذای معمولی، غذای چرب و غذای اسیدی استفاده شد. نتایج نشان داد که عواملی مثل دما، محیط چرب، محیط اسیدی، ضخامت ظرف و زمان تماس مواد غذایی با ظروف، مقادیر مهاجرت استایرن به مواد غذایی را تغییر می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: مهاجرت، استایرن، پلی‌استایرن، پولاروگرافی، پلیمریزاسیون، بسته‌بندی

مقدمه

بسته‌بندی مواد غذایی با استفاده از ظرف پلیمری به دلیل مزایای متعدد آن یک حوزه به سرعت در حال گسترش است. بسته‌بندی علاوه بر ایمن نگه داشتن مواد غذایی از آلودگی و حفظ خواص تغذیه‌ای و ویژگی‌های حسی مواد غذایی، ویژگی‌های دیگری را نیز ارائه می‌دهد که برای مصرف‌کنندگان مهم است. این ویژگی‌ها شامل قابلیت بسته‌بندی مجدد، اثبات دستکاری و نمایش اطلاعات محصول و همچنین ویژگی‌های استفاده مجدد یا بازیافت است. استفاده از بسته‌بندی‌های پلیمری انعطاف‌پذیر و سفت به سرعت در حال رشد است و با پیشرفت‌های جدید در پلاستیک‌های زیست سازگار و زیست تخریب پذیر موجب کاهش تمایل به استفاده از ظروف فلزی و شیشه‌ای می‌شود. بسته‌بندی پلیمری حاوی ترکیبات شیمیایی معمولاً پلاستیک نامیده می‌شود. ترکیب ترکیبات شیمیایی با وزن مولکولی کم، خواص عملکردی پلاستیک‌ها را بهبود می‌بخشد. با این حال، تأثیر بالقوه این مواد بر ایمنی و کیفیت محصول زمانی که مقدار این ترکیبات مهاجرت کننده در مواد غذایی از حد مشخص شده آنها فراتر رود، همچنان مورد

سوال است. اصطلاح "مهاجرت" به انتشار مواد از ناحیه‌ای با غلظت بالاتر (لایه تماس با غذا) به ناحیه‌ای با غلظت کمتر (معمولاً سطح غذا) اشاره دارد. این فرآیند اغلب تحت تأثیر بسته‌بندی مواد غذایی قرار می‌گیرد. اگرچه مهاجرت ترکیبات شیمیایی عمدتاً یک فرآیند کنترل‌شده توسط انتشار است، اما در نظر گرفتن مکانیسم همرفت و واکنش‌های شیمیایی نیز مهم هستند. به عنوان مثال، در یک غذای مایع، چسبناک یا جامد، ضریب نفوذ ممکن است تغییر کند زیرا سطح مشترک بین پلاستیک و ماده غذایی در هر یک از این موارد متفاوت خواهد بود (Bhunia et al., 2013) در میان انواع مختلف پلاستیک‌ها، پلیمرهای استایرن به طور گسترده در بسیاری از کاربردهای تماس با مواد غذایی استفاده می‌شوند. آنها خانواده‌ای از پلیمرهای ترموپلاستیک آمورف هستند که از استایرن به عنوان بلوک سازنده کلیدی (مونومر) استفاده می‌کنند. پلی‌استایرن (PS) اولین نماینده پلیمرهای استایرن است و به لطف سهولت پردازش، استحکام مکانیکی، سبکی، مقاومت در برابر آب و هزینه تولید نسبتاً پایین، PS به عنوان یک ماده همه کاره برای بخش بسته‌بندی مواد غذایی شناخته می‌شود. کاربرد اصلی PS در تماس با مواد غذایی، بسته‌بندی لبنیات در یخچال است و در تهیه ظروف یکبار مصرف ماست بیشترین کاربرد را دارد(Guazzotti et al., 2023) . برای بررسی اثرات خطرناک این ماده روی سلامتی انسان تحقیقات بیشتری روی انسان و حیوانات آزمایشگاهی نیاز است. در ایالات متحده، طبق اعلام سازمان غذا و داروی فدرال مقدار مصرف روزانه قابل قبول استایرن ۰/۹ گرم برای هر نفر می‌باشد. البته قرار گرفتن در معرض استایرن فراتر از مصرف غذا است و مسیرهای دیگر شامل سطوحی در هوا می‌شود که می‌تواند منجر به تجمع طولانی مدت استایرن در بدن از طریق استنشاق در طول زمان شود. اما قرار گرفتن در معرض استایرن در زندگی واقعی هر فرد ممکن است از نظر مقدار و میزان مصرف متفاوت بوده(Ajaj et al., 2022) و بر روی سلامتی انسان آثار زیانباری داشته باشد از جمله سرطانزایی، اثر بر سیستم عصبی (خستگی و اضطراب)، اثر بر سیستم گردش خون (کاهش پلاکت و هموگلوبین) و .. گردد (Banton et al., 2019). روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری مهاجرت استایرن به مواد غذایی در تماس با خود بکار رفته است که می‌توان به روش‌های کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا، گاز کروماتوگرافی، طیف‌سنجی نوری فلورسانس و روش‌های الکتروشیمیایی اشاره کرد. در یک بررسی دیگر از گازکروماتوگرافی با دتکتور جرمی برای آنالیز مقادیر کم استایرن در مواد غذایی استفاده شده است که روش گران قیمتی است (Sadighara, et al., 2022). روش‌های نوین جدیدی از جمله کروماتوگرافی مایع با دو دتکتور جرمی پشت سرهم و کروماتوگرافی گازی با دو دتکتور جرمی پشت سرهم ابداع شده اند که دقت بسیار بالایی داشته ولی روشهای گرانی هستند. نوع آوری این تحقیق استفاده از روش پلاروگرافی با قطره جیوه چکنده است که تشخیص مقادیر کم آنالیت در حد ppt، ارزان بودن و سرعت زیاد آنالیز از مزایای این روش است (Barek et al., 2010). اما هدف از این مطالعه افزایش شاخص ایمنی مواد غذایی از جمله عرقیات گیاهان دارویی با کنترل میزان مهاجرت استایرن به داخل عرقیات می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از دستگاه‌ها و مواد زیر استفاده شده است. دستگاه پلاروگراف متروم سوئیس مدل VA Computrace۷۹۷، سل پلاروگراف، pump station مدل 843، Compact autosampler مدل ۸۶۳، الکترود کار (DME)، الکترود شاهد کالومل، الکترود کمکی پلاتین، اسید استیک ۹۶٪، دی اکسان، استاندارد استایرن، سدیم نیتریت خالص، سدیم استات و آب مقطر، برای الکترو فعال کردن استایرن از سدیم نیتریت استفاده شده و برای انحلال استایرن از دی اکسان و اسید استیک استفاده می‌شود. برای تهیه محلول سدیم نیتریت۳۰ ٪، ۳۰ گرم از سدیم نیتریت

در آب مقطر دیونیزه حل شده و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌شود. برای رسم منحنی کالیبراسیون با استفاده از استاندارد استایرن به شرح زیر عمل شد:

برای تهیه محلول استاندارد استایرن ۱۰۰ میلی‌گرم از استایرن خالص به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر منقل شده، ۳ میلی‌لیتر از دی اکسان خالص بر روی آن اضافه گشته و ۲۲ میلی‌لیتر از اسید استیک خالص نیز به آن می‌افزائیم. سپس با افزودن ml ۲ از محلول سدیم نیتریت ۳۰٪، نمونه به مدت ۲۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه انکوبه شده، در نهایت جهت بافری کردن محیط آزمایش با افزودن ۲۰ میلی‌لیتر سدیم استات، حجم نمونه را با آب مقطر دیونیزه به ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌رسانیم. برای رسم منحنی کالیبراسیون پنج غلظت مختلف از استایرن در محدوده غلظتی از ۰/۱ تا ۱/۶ میکروگرم در لیتر تهیه کرده و با اعمال شرایط و پتانسیل ذکر شده در جدول ۱ از طریق دستگاه به نمونه‌های استاندارد، منحنی کالیبراسیون را رسم کرده و سپس با اعمال همین شرایط به نمونه‌های واقعی غلظت آنها با استفاده از شیب و عرض از مبدا منحنی کالیبراسیون محاسبه می‌شود.

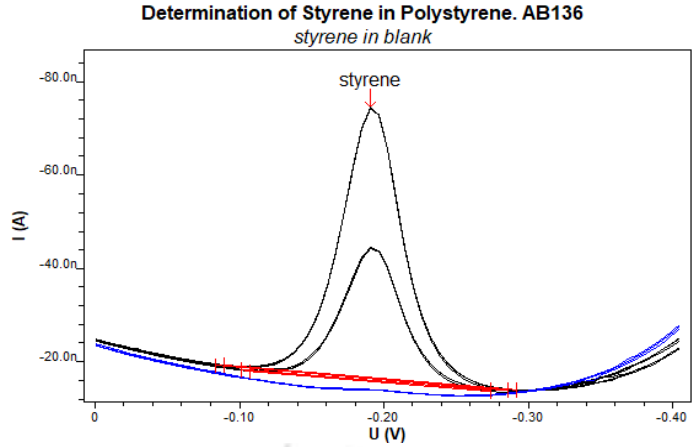
جدول ۱. مشخصات اعمال پتانسیل از طریق نرم‌افزار دستگاه پلاروگراف به الکترود کار

نوع الکترود کار	الکترود جیوه قطره‌ای
سرعت بهم زدن	۲۰۰۰ دور در دقیقه
روش اندازه‌گیری	پتانسیل تفاضلی
زمان اعمال پتانسیل	۳۰۰ ثانیه
دامنه پتانسیل	۵۰ میلی‌ولت
زمان تعادل	۵ ثانیه
پتانسیل شروع	صفر ولت
پتانسیل خاتمه	۰/۴- ولت
سرعت روبش	۱۰ میلی‌ولت در ثانیه
پتانسیل ظهور پیک استایرن	۰/۲۴- ولت

نتایج و بحث

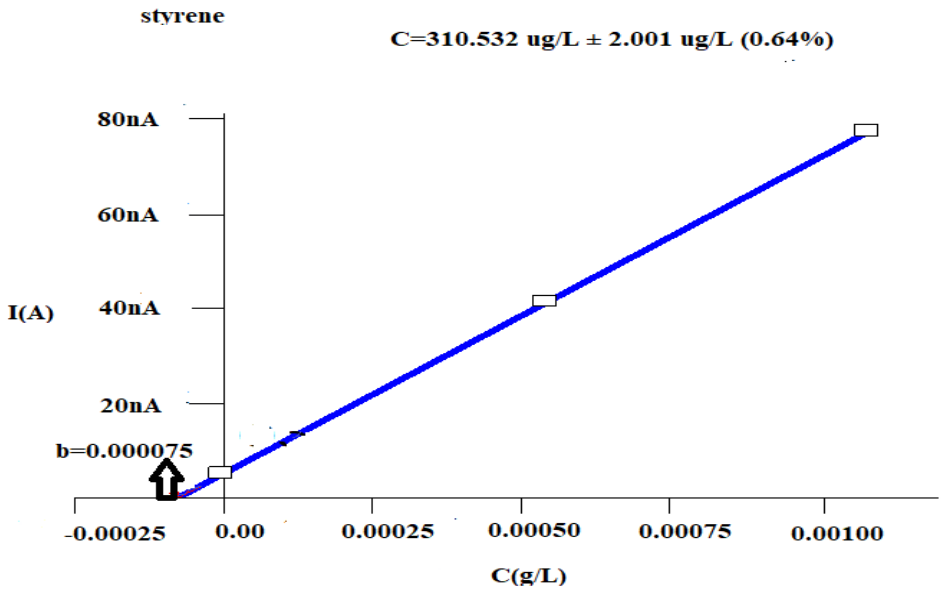
رسم منحنی جریان در مقابل پتانسیل اعمال شده به نمونه شاهد استایرن

شکل ۱ منحنی جریان- پتانسیل را در غلظت‌های مختلفی از آن نشان می‌دهد. نمونه شاهد در دی اکسان حل شده و از اسید استیک- استات سدیم نیز برای بافری کردن محیط واکنش استفاده شده است.



شکل ۱. منحنی جریان-پتانسیل سه غلظت از استایرن حل شده در دی‌اکسان

غلظت استایرن وارد شده به مواد غذایی در مشابه‌های غذایی با استفاده از شیب و عرض از مبداء حاصل از منحنی کالیبراسیون تعیین می‌گردد. با اعمال پتانسیل به نمونه‌های واقعی، جریانی ایجاد می‌گردد که ناشی از آزاد شدن استایرن در محیط واکنش است. این جریان بسته به غلظت استایرن آزاده شده از ظروف پلی استایرنی به ماده غذایی مقادیر متفاوتی خواهد داشت. شکل ۲ منحنی جریان برحسب غلظت در سه غلظت از استایرن حل شده در دی اکسان را نشان می‌دهد. این منحنی نشان دهنده جریان‌های حاصل از پتانسیلهای اعمال شده در منحنی نشان داده شده در شکل ۱ است که خود نرم افزار با استفاده دادهای این منجنی یعنی شیب و عرض از مبداء آن می‌تواند غلظت نمونه واقعی را با دقت بالایی محاسبه کند.



شکل ۲. منحنی جریان برحسب غلظت استاندارد استایرن در سه غلظت از استایرن حل شده در دی اکسان

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که با افزایش دما میزان مهاجرت استایرن افزایش می‌یابد بطوری‌که با تهیه محلول اسید استیک ۳٪ به عنوان مشابه غذایی غذاهای اسیدی در دمای ۸۰ درجه در ساعت اول مهاجرتی رخ نداد در حالیکه بعد از دو ساعت در همین دما مشاهده شد که به مقدار ۳۱۰/۵ میکروگرم بر لیتر از استایرن در اسید استیک سه درصد وجود دارد. همچنین برای بررسی اثر زمان تماس مواد غذایی با ظروف پلی‌استایرنی بر روی مهاجرت استایرن در اسید استیک ۳٪، در روز اول هیچگونه مهاجرتی رخ نداد در حالیکه در همان شرایط بعد از بیست روز با اندازه‌گیری استایرن در این محلول مشاهده شد که از استایرن موجود در ظروف پلی استایرنی مقدار ۴۰۲/۵ میکروگرم بر لیتر به داخل اسید استیک ۳٪ انتقال یافته است. در بررسی غذاهای مشابه الکلی تفاوت معنی‌داری در نتایج رخ نداد. در بررسی نتایج اثر چربی بر روی مهاجرت استایرن ماست و پنیر بسته‌بندی شده در ظروف پلی استایرنی، مشاهده شد که در شرایط یکسان از نظر دما و مدت زمان تماس، مهاجرت استایرن در پنیر حدوداً دو برابر بیشتر از ماست می‌باشد. نتایج نشان داد مهاجرت استایرن در دماهای بالاتر افزایش می‌یابد و از حدود مجاز توصیه‌شده فراتر می‌رود، که ضرورت بازنگری در استانداردهای بسته‌بندی مواد غذایی را می‌طلبد و نیز ارگان‌های نظارتی باید در کنترل کیفی مواد غذایی توجه بیشتری نموده و واحدهای تولیدی تحت نظر خود را از نتایج اینگونه مطالعات آگاه سازند. برطبق قانون سازمان‌ها و اداراتی که مجوز فعالیت واحدهای تولید کننده عرقیات گیاهی را صادر می‌نمایند وظیفه دارند که کیفیت محصولات آنها را کنترل نمایند این امر به سه طریق امکان‌پذیر است اولا با مراجعه به واحد تولیدی از نزدیک بر طبق استانداردهای موجود، فرایند تولید را کنترل نمایند. دوما با نمونه‌برداری از محصولات تولیدی، آنها را به آزمایشگاه مجاز ارسال نموده تا بر اساس استانداردهای موجود آزمایش انجام گرفته و قابلیت مصرف آنها تایید شود. سوما در صورت عدم تایید آن‌ها، محصولات معدوم شده و اقدام اصلاحی برای فرایند تولید و اقدام قانونی باز دارنده برای فرد تولید کننده انجام گیرد. البته در آزمایشات اولیه بر روی نعناع و شاهسپرن و کاسنی مشاهده شد که انتقال استایرن از ظرف به داخل عرقیات مخصوصا در هنگامی که داغ است صورت می‌گیرد. به نظر می‌رسد سازمان غذا و دارو همکاری نزدیکی با ارگان‌های دیگر از جمله معاونت بهداشتی دانشگاه‌های علوم پزشکی به منظور کنترل سطح عرضه داشته باشد. ضمنا سازمان صدا و سیما نیز در این مورد رسالت افزایش آگاهی‌های عمومی در عرصه بهداشت را انجام دهد. گاها مشاهده می‌شود که با اینکه در صدا و سیما به کرات اشاره شده است که از ظروف پلی استایرنی برای غذا، چای و شیر داغ استفاده نشود ولی متاسفانه این موارد رعایت نمی‌شود.

نتیجه‌گیری

نتیجه‌گیری نهایی که از این مطالعه می‌توان بدست آورد این است که مهاجرت مونومرهای پلیمری به داخل ظرف بسته‌بندی عرقیات گیاهی رخ می‌دهد. لذا کنترل کیفیت آنها برای افزایش شاخص ایمنی عرقیات گیاهی از طریق تدوین استانداردهای لازم برای تولید و آزمایش و نظارت مستمر بر واحدهای تولیدی و کنترل سطح عرضه این محصولات ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

Bhunia, K., Sablani, S. S., Tang, J. and Rasco, B. (2013). Migration of Chemical Compounds from Packaging Polymers during Microwave, Conventional Heat Treatment, and Storage. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, 523.

Guazzotti, V., Hendrich, V., Gruner, A., Störmer, A. and Welle, F. (2023). Styrene Monomer Levels in Polystyrene-Packed Dairy Products from the Market versus Simulated Migration Testing. *Foods*, 12, 2609.

Ajaj, A., J'Bari, S., Ononogbo, A., Buonocore, F., Bear, J. C., Mayes, A.G. and Morgan, H. (2021). An Insight into the Growing Concerns of Styrene Monomer and Poly(Styrene) Fragment Migration into Food and Drink Simulants from Poly(Styrene) Packaging. *Foods*, 10, 1136.

Banton, M.I., Bus, J.S., Collins, J.J., Delzell, E., Gelbke, H.-P., Kester, J.E., Moore, M.M., Waites, R. and Sarang, S.S. (2019). Evaluation of potential health effects associated with occupational and environmental exposure to styrene – an update. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 22, 1.

Sadighara., P. Akbari, N., Mostashari, P., Yazdanfar, N. and Shokri, S. (2022). The amount and detection method of styrene in foods: A systematic review and meta-analysis. *Food Chemistry*, 13, 100238.

Barek, J., Fogg, A. G., Muck, A. and Zima, J. (2001). Polarography and Voltammetry at Mercury Electrodes. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 31, 291.

Measuring the migration rate of styrene monomer in polystyrene containers in contact with food by polarography

Aliasghar Hamidi*
Department of Medicinal Chemistry, Faculty of Pharmacy, Tabriz University of Medical Sciences, Iran.
*Corresponding Author: hamidia@tbzmed.ac.ir

Abstract

Currently, plastic containers are among the most prevalent types of containers utilized throughout numerous sectors, particularly in food packing, including herbal infusions. These materials are synthesized through the polymerization of their respective monomers. Residual monomers persist in the containers due to the imperfect polymerization process, which, given conducive conditions, may leach into food stored in polystyrene containers. Styrene is identified as a dangerous chemical to human health. This study utilized several polystyrene containers for food packing, including yogurt, shallot yogurt, buttermilk, mineral water, infant milk bottles, and cheese. The voltametric analysis method utilizes a polarographic instrument including a mercury droplet electrode, which can detect minuscule quantities of analyte in the part per trillion (ppt) range. Initially, to generate a blank, 5 ml of the filtered styrene standard sample was combined with 0.75 ml of sodium nitrite and incubated for 20 minutes at ambient laboratory temperature. Subsequently, 10 ml of deionized distilled water and 5 ml of sodium acetate were included. The polarography test parameters were modified using the software to quantify the analyte concentrations in both the control and actual samples. This study utilized food analogs for standard, fatty, and acidic foods. The results indicated that variables such as temperature, fatty environment, acidic environment, container thickness, and food contact duration with containers influence the levels of styrene migration into food.

Keywords: migration, styrene monomer, polystyrene containers, food contact, polarography

تاثیر طیف‌های مختلف نوری بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه استویا (*Stevia rebaudiana*)

سبحان وکیلی دیزجی*[۱]، پرویز نوروزی [۲]، ابوالفضل علیرضالو [۳]

۱- کارشناسی ارشد علوم و مهندسی باغبانی، تولید محصولات گلخانه ای، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه ارومیه

۲- دانشیار دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه ارومیه، ایران

۳- استاد دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه ارومیه، ایران

*نویسنده مسئول: st_so.vakili@urmia.ac.ir

چکیده

استویا (*Stevia rebaudiana*) گیاهی بومی آمریکای جنوبی و از خانواده کاسنیان (Asteraceae) است. نور یکی از عوامل کلیدی در رشد گیاه است؛ نور آبی بیشتر بر ارتفاع گیاه اثر دارد، در حالی‌که نور قرمز باعث طویل شدن ساقه، بهبود تولید شیره پرورده و توسعه دستگاه فتوسنتزی می‌شود. در این پژوهش، تاثیر ۶ سطح طیف نوری (آبی، قرمز، ۵۰-۵۰ قرمز آبی، ۷۵-۲۵ آبی به قرمز و ۷۵-۲۵ قرمز به آبی) را روی خصوصیات مورفولوژیکی گیاه استویا در شرایط گلخانه‌ای در روز ۲۱-۱۸ و دمای شب نیز ۱۳-۱۰درجه سانتی‌گراد، شدت نور ۴۰۰-۵۰۰ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه و رطوبت ۷۰-۶۰ درصد بررسی شد. صفاتی از جمله: ارتفاع ساقه گیاه، قطر ساقه، تعداد برگی و شاخه‌های جانبی، وزن تر و خشک گیاه، کلروفیل برگ و سطح برگ اندازه‌گیری شدند.

بر اساس نتایج آنالیز واریانس، نورهای تکمیلی اثر معنی‌داری بر طول ساقه، SPAD، وزن تر و وزن خشک داشت، اما بر قطر ساقه، سطح برگ و تعداد برگ اثر معنی‌دار نشان نداد. تیمارهای نور تکمیلی (۷۵ آبی – ۲۵ قرمز) و نور تکمیلی (۵۰-۵۰) (بهترین نتایج را داشتند و تیمار نور تکمیلی (۷۵قرمز-۲۵ آبی) در اغلب صفات پایین‌ترین مقادیر را ثبت کرد.

واژه‌های کلیدی: اثر نور LED، برگ شیرین، ترکیبات زیست‌فعال، فیتوکروم‌ها، کلروفیل.

مقدمه

استویا با نام علمی "*Stevia rebaudiana* " یک درختچه چند ساله متعلق به خانواده Asteraceae بوده که تا ۶۰ سانتی‌متر رشد کرده و برگ‌های آن روی ساقه به صورت متقابل رو به روی هم قرار دارند، منشأ این گیاه آمریکای جنوبی و در مناطق مرزی پاراگوئه و برزیل است. *S. rebaudiana* یک گیاه روز کوتاه با طول روز بحرانی حدود ۱۲-۱۳ ساعت است، اگرچه گلدهی زودرس یکی از ویژگی‌های متمایز گیاهانی است که در شرایط روز کوتاه رشد می‌کنند، اما پاسخ دوره نوری می‌تواند تفاوت‌های قابل توجهی را بین ارقام از نظر زمان‌گلدهی، تعداد گل و بهینه نشان دهد. (Geunsa et al., 2012). گیاه استویا به اسامی مختلفی از جمله: برگ قندی، برگ عسلی، برگ شیرین، علف شیرین و برگ آبنباتی هم نامگذاری شده است (Moradi, 2017) برگ‌های استویا منبع غنی گلیکوزیدهای استویول ۱(SGs) هستند که ۲۵۰ تا ۳۰۰ برابر شیرین‌تر از قند نیشکر هستند، Stevioside (ST) و rebaudioside A (Reb A) جزء

مهم‌ترین و فراوان‌ترین SGها در *S. rebaudiana* هستند (Diako Rasoulia et al., 2021). لازم به ذکر است که گیاه استویا منبع غنی بسیاری از ترکیبات زیست فعال است. البته تا به الان، بیش از ۶۰ ترکیب مختلف از SGs در برگ استویا شناسایی شده است که این نشان دهنده این است که برگ‌های این گیاه حاوی ترکیبات پیچیده‌ای از دی‌ترپن گلیکوزیدهای شیرین، از جمله: استویوزید، ربائودیوزیدها (A، B، C، D، و E)، استویولبیوزید و دولکوزید A هستند، اما در میان آنها، rebaudioside-A (Reb-A), Reb-D, and Reb-M به طعم شیرینی این گیاه کمک می‌کنند، در حالی که استویوزید، Reb-C و dulcoside-A (Dul-A) در این گیاه باعث ایجاد طعم تلخی می‌شوند. علاوه برا این گلیکوزیدها، مواد شیمیایی دیگری هم در گیاه استویا وجود دارند که عبارتند از: آستروینولین، بتاکاروتن، دولکوزید، نیلاسین، اکسیدهای ریبائودی، ریبوفلاوین، استویول، استویوزید و تیامین. در استویا به دلیل وجود دیترپنوئید استویول گلیکوزیدی (SGs) در برگ‌های خود، از نظر طعم شیرین، غیرسمی و طبع کم یا بدون کالری است که می‌تواند به عنوان یک محصول مهم صنعتی و تجاری در سراسر جهان مورد توجه اشخاص مختلف قرار بگیرد.

نور یکی از عوامل محیطی مهم و تأثیرگذار بر رشد و فیزیولوژی گیاهان می باشد. مجموعه‌ای از گیرنده‌های نوری می‌توانند سیگنال‌های نوری را دقیقاً از محیط دریافت کنند و فتومورفوژنز گیاه را تنظیم کنند. در گیاهان عالی، نور قرمز و آبی به ترتیب توسط فیتوکروم‌ها و کریپتوکروم‌ها یا فتوتروپین‌ها درک می‌شوند. طول موج فعال فتوسنتزی، دامنه کوچکتری از نور مرئی را شامل می‌شود که ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است. دو قسمت از آن دارای اهمیت می‌باشند که شامل: طیف نور آبی و طیف نور قرمز است. نور آبی بر ارتفاع گیاه و نور قرمز بر طویل شدن ساقه و ساخته شدن شیره پرورده گیاه اثر خیلی مهمی دارد. طیف نورهای (زرد، سبز، نارنجی) تأثیری بر ساخته شدن شیره پرورده گیاه ندارن (chen li-li et al., 2021). نور قرمز نقش مهمی در توسعه دستگاه‌های فتوسنتزی ایفا می‌کند و همچنین می‌تواند تغییرات نوری در دستگاه فیتوکروم را کنترل کند و نور آبی باعث بیوسنتز کلروفیل، باز شدن روزنه‌ها و افزایش ضخامت برگ شود. که شرایط نوری مناسب می‌تواند با تحریک فعال شدن آنزیم و تنظیم مسیرهای سنتز آنزیم، تجمع ترکیبات زیست فعال را افزایش دهد (Ding Shuangshuang et al., 2023). نور همچنین نقش مهمی در تحمل تنش و تنظیم متابولیسم ایفا می‌کند، گیاهانی که با نور آبی تکمیلی رشد می‌کنند، در مقایسه با گیاهانی که بدون نور آبی رشد می‌کنند، کوتاه‌تر هستند. گیاهان رشد کرده زیر نور آبی دارای برگ‌های سبز کوچک‌تر، ضخیم‌تر و تیره‌تر هستند با این وجود، نور آبی در مراحل اولیه رویشی برای رشد گیاه سالم ضروری است، نور آبی در اکثر عملکردهای گیاه نقش مهمی بر مورفولوژی گیاه، فتوسنتزی، متابولیسم اولیه و ثانویه تأثیر می‌گذارد نور آبی ممکن است تحت شرایط تنش خاص تأثیرات مثبتی داشته باشد، مکانیسم دقیق آن تا حد زیادی ناشناخته است (Rahman Altafur et al., 2024).

در مطالعه رضایی و همکاران (۱۴۰۲)، اثر تیمارهای نور تکمیلی با دیودهای نوری ترکیبی بر صفات مختلف گل رز جوملیا بررسی شد. این تیمارها تأثیر مثبتی بر شاخص‌های طول غنچه، قطر ساقه گل، قطر کاسه گل، تعداد برگ و شاخه گل داشتند. همچنین، تجمع کلروفیل در برگ‌ها و محتوای نسبی آب برگ تحت تیمار دیودهای نوری ترکیبی افزایش یافت. پروتئین برگ‌ها نیز در این تیمار بیشتر بود و شرایط رشدی بهتری برای بوته‌های گل رز فراهم شد. در مجموع، این تیمار بهترین کمیت و کیفیت را برای گل رز جوملیا ایجاد کرد.

هدف این پژوهش بررسی اثر نورهای تکمیلی بر رشد، عملکرد و کیفیت گیاه استویا در شرایط گلخانه‌ای است. در این راستا تلاش می‌شود تا با ارزیابی پاسخ‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه تحت منابع نوری مختلف، راهکارهایی برای افزایش بهره‌وری تولید استویا و بهبود و افزایش مواد موثره آن ارائه داد.

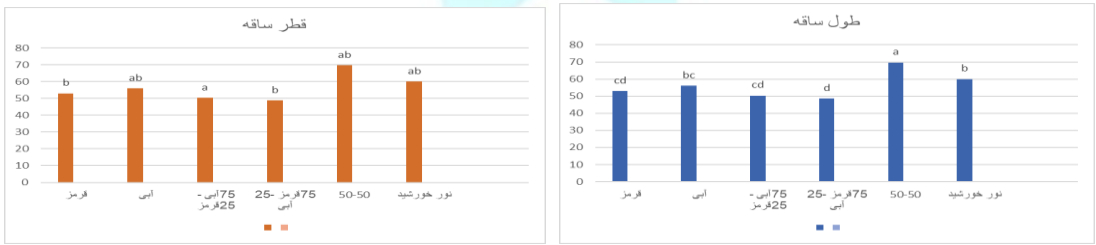
مواد و روش‌ها

گیاهان مورد نظر از گیاه‌های مادری ۱ ساله موجود در گلخانه‌های تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، به روش قلمه‌گیری تکثیر و کشت شد، قلمه‌ها بعد از ۴-۶ برگی و ریشه پر شدن به گلدان‌هایی به حجم ۳ لیتر با محیط کشت پیت ماس و پرلیت به ترتیب با نسبت‌های ۷۵-۲۵ درصد منتقل شد. بعد از انتقال گیاهان به گلدان‌ها، گلدان‌ها زیر نور لامپ‌های تکمیلی قرار گرفتند و تیمار نوری ۱۶ ساعت روز و ۸ ساعت تاریکی با شدت نورتکمیلی ۹۵ میکرومول برمتر مربع در ثانیه، بر آنها اعمال شد و تغذیه عمومی آنها با کودهای کامل (هوگلند) با مقدار و بازه زمانی مشخص شده اعمال شد. تیمارها عبارتند از: ۶ سطح طیف نوری (آبی خالص، قرمز خالص، ۵۰-۵۰ قرمز آبی، ۷۵-۲۵ آبی به قرمز و ۷۵-۲۵ قرمز به آبی) که اثر سطح‌های مختلف طیف‌های رنگی نور بر شاخص‌های مورفولوژیکی نظیر ارتفاع ساقه گیاه توسط خط‌کش، قطر ساقه توسط کولیس دیجیتال (NO:Z, Model 22855) اندازه‌گیری شد. تعداد برگی و شاخه‌های جانبی طی دوره‌ای شمارش، و وزن تر و خشک گیاه، بوته توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. شاخص‌های کلروفیل با استفاده از دستگاه SPAD (CCM-200) و سطح برگ توسط دستگاه (Leaf Area Meter. Am 200) اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل از آنالیز مورفولوژی با استفاده از طرح بلوک کامل تصادفی (RCBD) در ۳ تکرار، و با روش مقایسه میانگین دانکن، توسط نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

طول ساقه و قطر ساقه

بر اساس نتایج آنالیز واریانس، طول ساقه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای نور تکمیلی قرار گرفت. بیشترین طول ساقه در تیمار با میانگین ۶۹/۶۷ سانتی‌متر و کمترین آن در تیمارنور تکمیلی (۷۵قرمز-۲۵ آبی) با میانگین ۴۸/۶۷ سانتی‌متر مشاهده شد. آزمون دانکن نشان داد تیمار نور تکمیلی (۵۰-۵۰) در گروه آماری مجزا قرار دارد. افزایش طول ساقه می‌تواند ناشی از افزایش تقسیم و طویل‌شدگی سلولی و بهبود فتوسنتز باشد. تغییرات قطر ساقه در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. بیشترین قطر ساقه در تیمار نور تکمیلی (۷۵ آبی-۲۵ قرمز) (۱۰/۱۸میلی‌متر) و کمترین در تیمار نور تکمیلی قرمز (۶/۱۹ میلی‌متر) مشاهده شد. احتمالاً کنترل ژنتیکی قوی و نیاز به طول دوره بیشتر تیمار باعث عدم معنی‌داری شده است (شکل ۱).

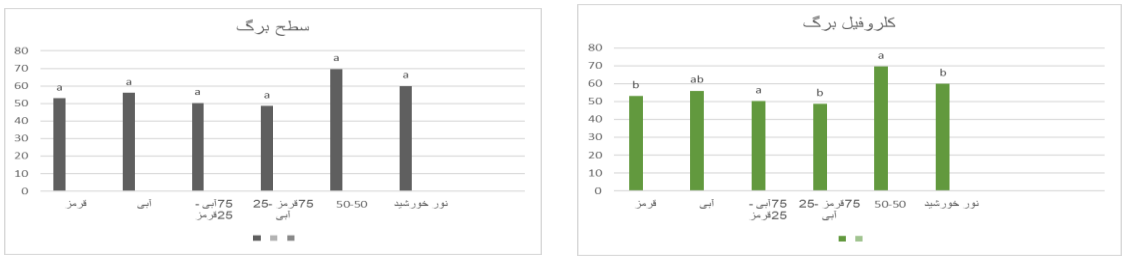


شکل ۱. تاثیر تیمارهای نور تکمیلی بر طول ساقه و قطر ساقه.

سطح برگ و شاخص SPAD (کلروفیل برگ)

بر اساس نتایج آنالیز واریانس، سطح برگ تحت تأثیر تیمارهای قرار گرفته معنی‌دار نبود ($p = 0.2931$). این امر نشان می‌دهد که سطح برگ بیشتر تحت کنترل ژنتیک بوده و نور تکمیلی بیشتر کیفیت برگ را تحت تأثیر قرار داده

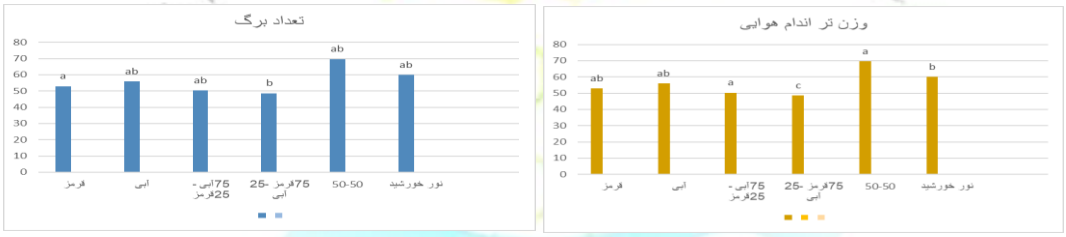
است. این شاخص به‌طور معنی‌داری تغییر کرد (p = 0.0244). تیمار نور تکمیلی (۷۵ آبی – ۲۵ قرمز) (۴۹/۲۷) و تیمار نور تکمیلی(۵۰-۵۰) (۴۸/۵۰) بیشترین و تیمار نور خورشید (شاهد)(۴۲/۹۷) کمترین مقدار را داشتند. علاوه بر این نتایج نشان‌دهنده افزایش سنتز کلروفیل در اثر نور تکمیلی است که کارایی فتوسنتزی را بالا می‌برد (شکل۲).



شکل ۲. تاثیر تیمارهای نور تکمیلی بر سطح برگ و شاخص SPAD

تعداد برگ و وزن تر اندام هوایی

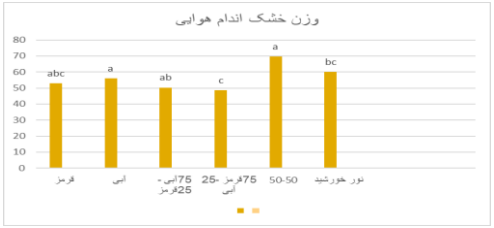
بر اساس نتایج آنالیز واریانس، تأثیر نور تکمیلی بر تعداد برگ معنی‌دار نبود (p = 0.1892). این صفت ممکن است در مراحل بعدی رشد یا با شدت نور بیشتر تغییر کند. لازم به ذکر است که وزن تر به‌شدت تحت تأثیر تیمار قرار گرفت (p = 0.0002). تیمار نور تکمیلی (۷۵ آبی – ۲۵ قرمز) (۱۵۶٫۶۷ گرم) و نور تکمیلی (۵۰-۵۰) (۱۵۵ گرم) بیشترین و تیمار نور تکمیلی (۷۵قرمز- ۲۵ آبی) (۷۵ گرم) کمترین وزن تر را داشتند. این بیانگر افزایش بیومس به دلیل بهبود فتوسنتز و متابولیسم در اثر نوردهی تکمیلی است (شکل ۳).



شکل ۳. تاثیر تیمارهای نور تکمیلی بر تعداد برگ و وزن تر اندام هوایی.

وزن خشک اندام هوایی

بر اساس نتایج آنالیز واریانس، وزن خشک به‌طور معنی‌داری تغییر کرد (p = 0.0184). بیشترین مقدار در تیمار نور تکمیلی (۵۰-۵۰) (۳۸٫۳۳ گرم) و نور تکمیلی آبی (۳۶٫۶۷ گرم) و کمترین در تیمار نور تکمیلی (۷۵قرمز-۲۵ آبی) (۱۸٫۳۳ گرم) بود. این نتایج نشان‌دهنده تجمع بیشتر مواد فتوسنتزی و بلوغ بهتر اندام هوایی است (شکل۴).



شکل ۴. تاثیر تیمارهای نور تکمیلی بر وزن خشک اندام هوایی.

جمع‌بندی کلی

بر اساس نتایج آنالیز واریانس، نور تکمیلی اثر معنی‌داری بر طول ساقه، SPAD، وزن تر و وزن خشک داشت، اما بر قطر ساقه، سطح برگ و تعداد برگ اثر معنی‌دار نشان نداد. تیمارهاینور تکمیلی (۷۵ آبی – ۲۵ قرمز) و نور تکمیلی (۵۰-۵۰) (بهترین نتایج را داشتند و تیمار نور تکمیلی (۷۵قرمز-۲۵ آبی) در اغلب صفات پایین‌ترین مقادیر را ثبت کرد. انتخاب طول موج و شدت مناسب نور تکمیلی می‌تواند به‌عنوان روشی کارآمد برای بهبود رشد و عملکرد گیاهان دارویی در شرایط گلخانه‌ای استفاده شود.

منابع

Adrian, M., Poerwanto, R., Inoue, E., & Matra, D. D. (2025). Strawberry plant growth enhancement: Effects of artificial light and methyl jasmonate-salicylic acid treatments on physiology and metabolism. *Heliyon*, *11*(1).

Ceunen, S., Werbrouck, S., & Geuns, J. M. (2012). Stimulation of steviol glycoside accumulation in Stevia rebaudiana by red LED light. Journal of plant physiology, 169(7), 749-752.

Chen, L. L., Wang, H. Y., Gong, X. C., Zeng, Z. H., Xue, X. Z., & Hu, Y. G. (2021). Transcriptome analysis reveals effects of red and blue light-emitting diodes (LEDs) on the growth, chlorophyll fluorescence and endogenous plant hormones of potato (Solanum tuberosum L.) plantlets cultured in vitro. J. Integr. Agric, 20(11), 2914-2931.

Ding, S., Su, P., Wang, D., Chen, X., Tang, C., Hou, J., & Wu, L. (2023). Blue and red light proportion affects growth, nutritional composition, antioxidant properties and volatile compounds of Toona sinensis sprouts. LWT, 173, 114400.

Rahman, A., Nagy, K., Hamow, K. Á., Pál, M., Janda, T., Dernovics, M., ... & Szalai, G. (2024). Cadmium stress responses under white or blue light are influenced by putrescine pre-treatment in wheat. Environmental and Experimental Botany, 222, 105746.

Rasouli, D., Werbrouck, S., Maleki, B., Jafary, H., & Schurdi-Levraud, V. (2021). Elicitor-induced in vitro shoot multiplication and steviol glycosides production in Stevia rebaudiana. South African Journal of Botany, 137, 265-271.

Rezaei, S., Zarei, H., Nikbakht, A., & Sabzalian, M. R. (2023). Biochemical characteristics, yield and quality of 'Jumilia'rose grown under different light sources in the greenhouse condition. Journal of Plant Production Research, 30(3), 1-19.

Thakur, B. K., Mahajan, M., Singh, S., & Pal, P. K. (2025). Evaluation of Stevia rebaudiana (Bertoni) accessions for agro-morphological, physiological and biochemical traits in a mild-temperate environment. Scientia Horticulturae, 339, 113850.

Moradi, F. (2017). Stevia and its trade in Iran and the world. Research Achievements for Field and Horticulture Crops, 6(1), 13-24.

The effect of different light spectra on morphological characteristics of stevia (*Stevia rebaudiana*)

Sobhan Vakili Dizji[1]*, Parviz Norouzi[2], Abolfazl Alirezalu[3]
1. Master of Science in Horticultural Science and Engineering Greenhouse Crop Production, Faculty of Agriculture, Department of Horticultural Science and Engineering, Urmia University
2. Associate Professor, Faculty of Agriculture, Department of Horticultural Science and Engineering, Urmia University, Iran
3. Professor, Faculty of Agriculture, Department of Horticultural Science and Engineering, Urmia University, Iran
**Corresponding Author: st_so.vakili@urmia.ac.ir*

Abstract

Stevia (*Stevia rebaudiana*) is a plant native to South America and belongs to the Asteraceae family. Light is a key factor in plant growth; blue light has a greater effect on plant height, while red light causes stem elongation, improved sap production, and development of the photosynthetic apparatus. In this study, the effect of 6 levels of the light spectrum (blue,red, 50-50 red-blue, 25-75 blue-red, and 25-75 red-blue) on the morphological characteristics of stevia plants was investigated under greenhouse conditions at 18-21°C during the day and 10-13°C at night, light intensity of 400-500 µmol/m2/s, and humidity of 60-70%. Traits including: plant stem height, stem diameter, number of leaves and lateral branches, plant fresh and dry weight, leaf chlorophyll, and leaf area were measured.

Based on the results of analysis of variance, supplementary light had a significant effect on stem length, SPAD, fresh weight and dry weight, but did not show a significant effect on stem diameter, leaf area and leaf number. Supplementary light treatments (75 blue - 25 red) and supplementary light (50-50) had the best results, and supplementary light treatment (75 red - 25 blue) recorded the lowest values in most traits.

Keywords: Licorice leaf, bioactive compounds, LED light effect, phytochromes, chlorophyll.

حامیان مالی و معنوی کنفرانس

ISC

۰۴۲۴۰-۹۹۳۶۷

https://medplant.ir

www.ippa.ir