



Analysis of Enzymatic Activities, Antioxidant Potential, and Essential Oil Content of Different *Artemisia* Species During Various Growth Stages

**Zeinab Zeinali¹, Alireza Ladan Moghadam^{2*} , Masoumeh Mazandarani³,
Khodayar Hemmati⁴**

¹ Department of Horticultural Sciences, AK.C., Islamic Azad University, Aliabad Katoul, Iran.

² Department of Horticultural Sciences, Ga.C., Islamic Azad University, Garmsar, Iran,
Email: ladanmoghadam.alireza@gmail.com

³ Department of Biology, Go.C., Islamic Azad University, Gorgan, Iran.

⁴ Department of Horticultural Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Article type:

Research article

Abstract

This research was conducted to evaluate the antioxidant potential and essential oil content of two *Artemisia* species (*Artemisia sieberi* and *A. annua*) in two natural habitats of Golestan Province (Tuskestan and Kalaleh) over two years (2022-2024) and at three growth stages (vegetative, flowering, and seed setting). Sampling was performed randomly from each habitat and species at each growth stage, and antioxidant potential (DPPH, FRAP, and ABTS), antioxidant enzyme activities (CAT, POD, and SOD), and essential oil content were measured. The results of the analysis of variance indicated that species, growth stage, habitat, and their interactions had a significant effect on most traits. The highest DPPH radical scavenging activity in the first year was observed in *A. annua* (73.38%) and in the second year in *A. sieberi* (68.06%) at the vegetative and flowering stages in the Kalaleh habitat. The highest ferric reducing antioxidant power (FRAP) in the first year was obtained in *A. sieberi*, and in the second year also in the same species, at the vegetative and flowering stages in the Kalaleh habitat. The highest catalase (CAT) enzyme activity in the first year was observed in *A. annua* and *A. sieberi*, and in the second year in *A. sieberi*, at the vegetative and flowering stages in the Kalaleh habitat. The highest essential oil content in both years was found in *A. sieberi* at the flowering stage in the Kalaleh habitat, with 1.96% and 2.12%, respectively. Stepwise regression analysis revealed that DPPH, CAT activity, and FRAP significantly influenced the essential oil content. This study demonstrates that the antioxidant potential and essential oil content of *Artemisia* species are influenced by genetic and environmental factors, with *A. sieberi* in the Kalaleh habitat at the flowering stage exhibiting the highest essential oil content. The results of this research can help improve the selection and use of *Artemisia* species with high antioxidant potential and essential oil production in pharmaceutical and industrial applications.

Article history

Received: 2025.05.28

Revised: 2025.06.29

Accepted: 2025.07.01

Keywords

Enzyme

Artemisia

Habitat

antioxidant activity

essential oil content

Cite this article as: Zeinali, Z., Ladan Moghadam, A.R., Mazandarani, M., Hemmati, Kh. (2025). Analysis of Enzymatic Activities, Antioxidant Potential, and Essential Oil Content of Different *Artemisia* Species During Various Growth Stages. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 13(2): 1-20.



©The author(s)

Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch



<https://doi.org/10.71847/ejmp.2025.1205423>



تحلیل فعالیت‌های آنزیمی، پتانسیل آنتی‌اکسیدانی و محتوای اسانس گونه‌های مختلف جنس درمنه (*Artemisia*) در طی مراحل مختلف رشدی

زینب زینلی^۱، علیرضا لادن مقدم^{۲*} ID، معصومه مازندرانی^۳، خدایار همتی^۴

^۱ گروه علوم باغبانی، واحد علی‌آباد کتول، دانشگاه آزاد اسلامی، علی‌آباد کتول، ایران

^۲ گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران، رایانامه: ladanmoghadam.alireza@gmail.com

^۳ گروه زیست‌شناسی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

^۴ گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

چکیده	نوع مقاله:
این پژوهش به منظور ارزیابی پتانسیل آنتی‌اکسیدانی و میزان اسانس دو گونه درمنه (<i>A. sieberi</i> و <i>Artemisia annua</i>) در دو زیستگاه طبیعی استان گلستان (توسکستان و کلاله) در طول دو سال (۱۴۰۱-۱۴۰۳) و در سه مرحله رشدی (رویشی، گلدهی و تشکیل بذر) انجام شد. نمونه برداری به صورت تصادفی از هر زیستگاه و گونه در هر مرحله رشدی صورت گرفت. صفات مورد بررسی شامل: روش‌های اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (FRAP, DPPH و ABTS) و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (SOD, POD, CAT) و میزان اسانس بود. نتایج نشان داد که نوع گونه، مرحله نمو و زیستگاه و اثرات متقابل آن‌ها اثر معنی‌داری بر بیشتر صفات داشته است. بیشترین فعالیت مهار رادیکال DPPH در سال اول در <i>A. annua</i> (۷۳/۳۸٪) و در سال دوم در <i>A. sieberi</i> (۶۷/۰۶٪) در مرحله رویشی و گلدهی در زیستگاه کلاله مشاهده شد. بیشترین قدرت احیاکنندگی آهن (FRAP) در سال اول در گونه <i>A. sieberi</i> و در سال دوم نیز در همان گونه در مراحل رویشی و گلدهی در زیستگاه کلاله به ثبت رسید. همچنین، بالاترین فعالیت آنزیم CAT در سال اول در <i>A. annua</i> و <i>A. sieberi</i> و در سال دوم در <i>A. sieberi</i> در مراحل رویشی و گلدهی در زیستگاه کلاله مشاهده گردید. در هر دو سال، بیشترین میزان اسانس در <i>A. sieberi</i> در مرحله گلدهی زیستگاه کلاله به ترتیب ۱/۹۶٪ و ۲/۱۲٪ بود. تحلیل رگرسیون گام به گام نشان داد که فعالیت FRAP, CAT, DPPH به‌طور معنی‌داری بر میزان اسانس تأثیرگذار بودند. این پژوهش نشان می‌دهد که پتانسیل آنتی‌اکسیدانی و میزان اسانس گونه‌های درمنه تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار دارد و گونه <i>A. sieberi</i> در زیستگاه کلاله در مرحله گلدهی، بیشترین میزان اسانس را تولید کرده بود. نتایج این تحقیق می‌تواند به بهبود انتخاب و استفاده از گونه‌های درمنه با پتانسیل آنتی‌اکسیدانی و تولید اسانس بالا در برنامه‌های دارویی و صنعتی کمک کند.	مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۲ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۸
	واژه‌های کلیدی: آنزیم درمنه زیستگاه فعالیت آنتی‌اکسیدانی محتوای اسانس

استناد: زینلی، زینب؛ لادن مقدم، علیرضا؛ مازندرانی، معصومه؛ همتی، خدایار. (۱۴۰۴). تحلیل فعالیت‌های آنزیمی، پتانسیل آنتی‌اکسیدانی و محتوای اسانس گونه‌های مختلف جنس درمنه (*Artemisia*) در طی مراحل مختلف رشدی. فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی، ۱۳(۲)، ۲۰-۱.



مقدمه

اخیراً، علاقه فزاینده‌ای در میان دانشمندان و شرکت‌های داروسازی به مطالعه گیاهان دارویی مشاهده شده است. این افزایش عمدتاً ناشی از تقاضای جهانی رو به رشد برای محصولات گیاهی است که منجر به بازاری پررونق در بسیاری از کشورها، از جمله آلمان، ایالات متحده آمریکا، فرانسه، هند و چین شده است (Salmeron-Manzano et al., 2020; Chaachouay and Zidane, 2024). ایران نیز با اقلیم منحصربه‌فرد و متنوع و فلور غنی خود، پیشرفت‌های چشمگیری در ترویج استفاده از گیاهان دارویی داشته و تلاش‌های خود را با ابتکارات جهانی با هدف بهره‌برداری از مزایای بالقوه این منابع طبیعی همسو کرده است. در این راستا، نیاز فوری به مشارکت جامعه علمی جهانی در تحقیقات کاربردی و بنیادی وجود دارد. این تحقیقات باید بر شناسایی گونه‌های دارویی بومی، ارزیابی نیازهای اکولوژیکی آنها، مستندسازی زیستگاه‌های طبیعی، استخراج ترکیبات فعال دارویی و آنتی‌اکسیدانی و همچنین بررسی فعالیت‌های آنزیمی مرتبط با خواص دارویی و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی آنها متمرکز شود (Mazandarani et al., 2015; Bareetseng, 2022).

در میان طیف متنوع گیاهان دارویی، جنس (*L.*) *Artemisia*، که سرده اصلی در تیره کاسنیان (*Asteraceae*) و یکی از مهم‌ترین آنها است (Davatgar et al., 2021; Trifan et al., 2022)، جایگاه ویژه‌ای دارد. این جنس معمولاً به شکل درختچه ظاهر می‌شود و شامل نزدیک به ۴۳۰ گونه شناسایی شده است که ۳۴ گونه از آنها در مرزهای ایران یافت می‌شوند (Yazdi Far et al., 2024). گونه‌های *Artemisia* در محیط‌های متنوعی رشد می‌کنند و پوشش غالب مراتع، کوه‌ها و بیابان‌های سراسر کشور را تشکیل می‌دهند. این گیاهان می‌توانند به‌صورت

یک‌ساله یا چندساله، علفی یا نیمه‌چوبی و با ویژگی‌های متفاوتی مانند کرک‌دار یا بدون کرک باشند (Karbalaie et al., 2021). شایان ذکر است که بسیاری از گونه‌های *Artemisia* معطر بوده و اغلب رایحه قوی دارند که جذابیت آنها را برای مصارف آشپزی و دارویی افزایش می‌دهد (Alsharif et al., 2024; Soliman et al., 2024). اسانس‌های مشتق شده از گونه‌های *Artemisia* از مهم‌ترین متابولیت‌های ثانویه محسوب می‌شوند. از نظر تاریخی، این اسانس‌ها به دلیل خواص متنوع خود، از جمله اثرات ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، تسکین‌دهنده، گوارشی و ادرارآور مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Trifan et al., 2022; Soliman et al., 2024).

در طب سنتی ایرانی، گونه‌های *Artemisia* به دلیل خواص درمانی متنوع خود بسیار مورد توجه قرار دارند. این گیاهان اغلب برای خواص ضد التهابی، ضد میکروبی، ضد انگل و محافظت از کبد استفاده می‌شوند (Shahrajabian and Sun, 2024). چندین گونه از جمله *Artemisia sieberi*، *A. annua* و *A. absinthium* به‌طور برجسته مورد استفاده قرار می‌گیرند (Dib et al., 2024). *A. annua* در سطح جهانی به‌عنوان منبع اصلی آرتیمیسینین، یک ترکیب قوی ضد مالاریا شناخته شده است (Shinyuy et al., 2025). *A. sieberi* که بومی ایران است، به‌طور سنتی برای درمان بیماری‌های گوارشی و تنفسی استفاده می‌شود و دارای خواص ضد میکروبی، ضد درد، حشره کش و کاهش دهنده قند خون است (Dini et al., 2022). این جنس همچنین پتانسیل درمان بیماری‌های کلیوی را دارد که در طب سنتی ایرانی نیز به آن اشاره شده است (Sharafati-Chaleshtori et al., 2021). علاوه بر این، مطالعات نشان داده‌اند که عصاره‌ها و ترکیبات جداگانه از گونه‌های *Artemisia* می‌توانند فعالیت آنزیم‌های

مختلفی را تحت تأثیر قرار دهند که در فرآیندهای فیزیولوژیکی و پاتولوژیکی نقش دارند. همچنین، پتانسیل آنتی‌اکسیدانی قوی بسیاری از گونه‌های این جنس به دلیل وجود ترکیبات فنلی و ترپنوئیدی به اثبات رسیده است و آن‌ها را به منابع ارزشمندی برای مقابله با تنش اکسیداتیو تبدیل کرده است. این ترکیبات با مهار رادیکال‌های آزاد و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی درون‌زا، نقش مهمی در حفظ سلامت سلولی ایفا می‌کنند (Behmanesh et al., 2007; Trifan et al., 2022). آروین و فیروزه (۲۰۲۲) در پژوهشی گزارش کردند که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی درمنه کپت‌داغی در مقایسه با سایر گونه‌های در مهار رادیکال‌های آزاد DPPH بیشتر بود. نوع و درصد ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس در گونه‌های درمنه کپت‌داغی و سیبریایی بسیار متنوع و متفاوت بود. در تحقیقاتی که بر روی ۲۰۰ گونه از خانواده Asteraceae برای تعیین خواص دارویی آن‌ها انجام شد، حدود ۳۰ ترکیب دارویی مختلف در گونه‌های مختلف درمنه شناسایی گردید (Hussain et al., 2024).

تأثیر ویژگی‌های خاک و عوامل اقلیمی بر پراکنش گونه‌های *Artemisia* در مطالعات مختلف مورد تأکید قرار گرفته است. محمدی و رجایی (۲۰۱۶) نقش حیاتی عواملی مانند ارتفاع از سطح دریا، بافت خاک و ماده آلی را در شکل‌دهی جمعیت‌های این گونه‌ها برجسته کردند. مطالعات اخیر به بررسی پروفایل‌های شیمیایی اسانس‌های استخراج شده از *A. sieberi* و *A. annua* پرداخته‌اند که هر دو در طب سنتی ایرانی اهمیت دارند. بر اساس یافته‌های زارعی و همکاران (۲۰۲۴)، *A. sieberi* حضور گسترده‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران دارد. علاوه بر این، تحقیقات نشان داده است که اسانس‌ها و عصاره‌های این گونه‌ها می‌توانند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز را تحت تأثیر

قرار داده و به‌طور بالقوه از سلول‌ها در برابر آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد محافظت کنند. جوانمرد و همکاران (۲۰۲۴) در تحقیقی تنوع موفوفیزیولوژیکی جمعیت‌های درمنه صخره‌ای را در رویشگاه‌های مختلف در مرکز و غرب ایران بررسی کردند. نتایج نشان داد که این جمعیت‌ها با تغییرات مورفوفیزیولوژیکی از جمله تغییر در ارتفاع بوته، ساختار برگ و همچنین محتوای پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به طور مؤثری با شرایط محیطی مختلف سازگار شده‌اند. اسانس‌های گیاه درمنه، به‌عنوان ترکیبی پیچیده از مولکول‌های فرار نظیر ترپنوئیدها و فنل‌ها، در سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی آن نقش محوری ایفا می‌کنند (Mandić et al., 2025). این نقش به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم اعمال می‌شود؛ از یک سو، بسیاری از ترکیبات موجود در اسانس به‌طور ذاتی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی بوده و قادر به خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن تولید شده در اثر تنش‌های محیطی و در نتیجه محافظت از سلول‌ها در برابر آسیب اکسیداتیو هستند. از سوی دیگر، حضور و میزان این اسانس می‌تواند بر عملکرد آنزیم‌های حیاتی آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز (CAT)، پراکسیداز (POD) و سوپراکسید دیسموتاز (SOD) که خط مقدم دفاعی گیاه در برابر تنش اکسیداتیو محسوب می‌شوند و با تجزیه مولکول‌های مضر ROS از آن محافظت می‌کنند، تأثیرگذار باشد (Hasanuzzaman et al., 2020; Jomova et al., 2023). این بررسی جامع، تنوع قابل توجه و اهمیت اکولوژیکی جنس *Artemisia* را تأکید می‌کند و ضرورت تحقیقات بیشتر در زمینه فعالیت‌های آنزیمی و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی آن‌ها را برجسته می‌سازد. چنین تحقیقاتی برای روشن ساختن کاربردهای بالقوه گونه‌های *Artemisia* در پزشکی و سهم آن‌ها در

مدیریت پایدار منابع حیاتی است. هدف اصلی آزمایش حاضر، بررسی تغییرات فعالیت آنزیمی و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی دو گونه *Artemisia* در رویشگاه‌های مختلف استان گلستان و در طی مراحل مختلف نموی بوده است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و تیمارهای آزمایشی: این پژوهش در طی سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳ در دو زیستگاه طبیعی در استان گلستان، یعنی توسکستان و کلاله واقع در استان گلستان انجام شد. موقعیت جغرافیایی این دو زیستگاه در شکل ۱ روی نقشه استان نشان داده شده است. جدول ۱ داده‌های اقلیمی این زیستگاه‌ها و جدول ۲ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک آن‌ها را نشان می‌دهد. در طول این دو سال، گیاهان موجود در زیستگاه‌های مورد مطالعه به‌صورت دوره‌ای مورد بازدید قرار گرفتند. در این پژوهش، دو گونه از جنس درمنه، *A. sieberi* و *A. annua*، مورد ارزیابی قرار گرفتند. *A. sieberi* به‌ویژه در مناطق کوهستانی با پوشش گیاهی جنگلی و بارندگی‌های متوسط بیشتر دیده می‌شود، در حالی که *A. annua* در مناطق دشت و مسطح با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سردتر رشد بهتری دارد. ویژگی‌های بوم‌شناسی این گونه‌ها شامل خاک‌های با pH بالاتر و سطح رطوبت متوسط است که برای رشد آن‌ها مناسب است.

از هر زیستگاه، هر سال سه نمونه گیاهی از هر گونه جمع‌آوری شد. پس از مقایسه با نمونه‌های هرباریومی موجود در بخش تحقیقات منابع طبیعی استان گلستان و تأیید توسط یک گیاه‌شناس، نمونه‌ها

برای بررسی‌های بیشتر به محل آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌برداری در سه مرحله نموی صورت گرفت: رشد رویشی (۲۰ تا ۳۵ برگ)، مرحله گلدهی و تشکیل بذر، که با استفاده از روش کاملاً تصادفی در سه تکرار از هر زیستگاه انجام شد. برای اندازه‌گیری صفات فعالیت آنزیمی و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی، از نمونه‌های گیاهی تازه و برای درصد اسانس از نمونه‌های خشک برای ارزیابی استفاده گردید.

روش اندازه‌گیری سنجش فعالیت رادیکال‌های آزاد: سنجش فعالیت مهار رادیکال آزاد DPPH (۱-۱)، دی فنیل-۲-پیکریل هیدرازیل): این سنجش بر اساس روش اصلاح شده بلویس (۱۹۵۸) انجام شد. یک میلی‌لیتر محلول ۰/۱ میلی‌مولار DPPH (سیگما آلدریج) در متانول با ۲ میلی‌لیتر عصاره‌های آبی در غلظت‌های مختلف (۰/۵ تا ۵/۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) مخلوط شد. سپس مخلوط به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق انکوبه شد. شاهد با مخلوط کردن ۱ میلی‌لیتر محلول DPPH با آب مقطر دو بار تهیه شد. جذب در مقابل بلانک در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر (Lambda 365 perkinelmer) اندازه‌گیری شد. جذب کمتر مخلوط واکنش نشان دهنده فعالیت مهار رادیکال آزاد DPPH بالاتر است. اسید آسکوربیک (Merck) به‌عنوان استاندارد استفاده شد. نمونه‌ها به‌صورت سه تکرار تهیه و اندازه‌گیری شدند. درصد فعالیت مهار رادیکال DPPH توسط هر عصاره با استفاده از معادله زیر محاسبه شد:

$$I\% = [(A_0 - A_s) / A_0] \times 100$$

که در آن A_0 جذب شاهد و A_s جذب محلول عصاره مورد آزمایش است.

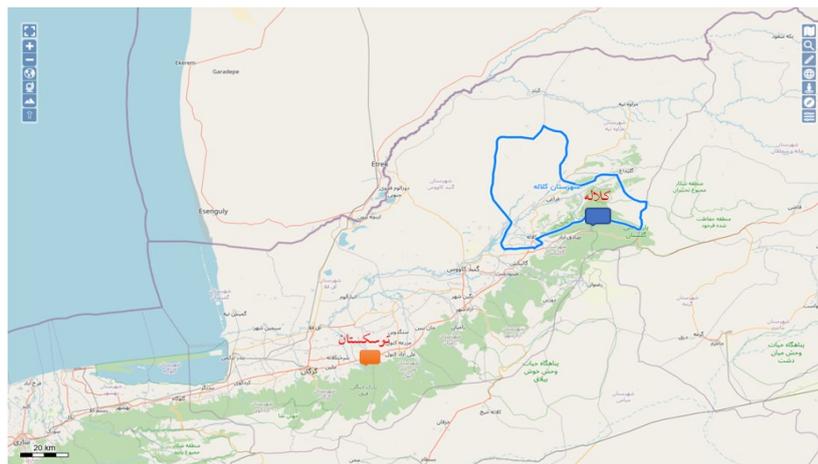
جدول ۱: داده‌های اقلیمی و جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

رویشگاه	طول جغرافیایی (°)	عرض جغرافیایی (°)	میانگین بارش (mm)	ارتفاع (m)	میانگین دما (°C)	میانگین رطوبت (%)
توسکستان	۵۴/۵۹	۳۶/۷۱	۴۰۰	۱۱۰۰	۱۳	۶۰
کلاله	۵۵/۴۹	۳۷/۴۱	۵۰۰	۱۳۵۰	۱۵	۶۵

جدول ۲: ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در زیستگاه‌های مورد مطالعه

رویشگاه	EC (dS.m ⁻¹)	pH	Organic carbon (%)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	N (%)
توسکستان	۱/۴۵	۷/۸۴	۱/۰۹۶	۸/۷۶	۲۱۲	۰/۹۸
کلاله	۱/۹۵	۷/۶	۰/۹۶	۷/۵۶	۱۶۹	۰/۷۸۶

Zn (mg.kg ⁻¹)	Mn (mg.kg ⁻¹)	Fe (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)	B (mg.kg ⁻¹)	Pb (mg.kg ⁻¹)	Cr (mg.kg ⁻¹)
۰/۸۸۸	۹/۷۶	۴/۸۴	۲/۶۹	۲/۸۸	۱/۳۳	۰/۷۶
۰/۷۴۵	۸/۹۳	۳/۶۱۱	۲/۰۸۷	۲/۲۵	۱/۵۶	۰/۹۹



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی دو زیستگاه طبیعی در استان گلستان، یعنی توسکستان و کلاله

در متانول تا رسیدن به جذب 0.02 ± 0.070 در طول موج ۷۳۴ نانومتر به دست آمد. سپس، $2/0$ میلی‌لیتر محلول $ABTS^{+}$ با 1 میلی‌لیتر عصاره‌های آبی در غلظت‌های مختلف (0.5 تا $5/0$ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) مخلوط شد. سپس مخلوط دقیقاً به مدت 10 دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق انکوبه شد. شاهد با مخلوط کردن $2/0$ میلی‌لیتر محلول $ABTS^{+}$ با 1 میلی‌لیتر آب مقطر دو بار تهیه شد. جذب در مقابل بلانک در طول موج ۷۳۴ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر

سنجش فعالیت مهار رادیکال آزاد $ABTS$ (۲،۲-آزینوبیس(۳-اتیل بنزوتیازولین-۶-سولفونیک اسید): این سنجش با استفاده از روش اصلاح شده ری و همکاران (۱۹۹۹) انجام شد. محلول استوک $ABTS^{+}$ با واکنش محلول آبی $ABTS$ (7 میلی‌مولار) با محلول آبی پرسولفات پتاسیم ($2/45$ میلی‌مولار) به مقدار مساوی تهیه شد؛ مخلوط قبل از استفاده به مدت $12-16$ ساعت در تاریکی و در دمای اتاق قرار داده شد. محلول $ABTS^{+}$ با رقیق کردن محلول استوک

اندازه‌گیری شد. BHT به‌عنوان استاندارد استفاده شد. نمونه‌ها به‌صورت سه تکرار تهیه و اندازه‌گیری شدند. تعیین قدرت احیاکنندگی آهن (FRAP): این روش براساس توانایی نمونه در کاهش یون‌های Fe^{3+} به Fe^{2+} است. در pH پایین، در حضور TPTZ، کمپلکس فریک-تری پیریدیل تریازین (Fe^{3+} -TPTZ) به فرم فرو (Fe^{2+} -TPTZ) با تشکیل رنگ آبی شدید با ماکزیمم جذب در طول موج ۵۹۳ نانومتر کاهش می‌یابد. روش شرح داده شده توسط بنزی و استرین (۱۹۹۶) انجام شده است. ۲/۳ میلی‌لیتر معرف FRAP با ۰/۷ میلی‌لیتر عصاره‌های آبی در غلظت‌های مختلف (۰/۵ تا ۵/۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) مخلوط شد. سپس مخلوط به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد در تاریکی انکوبه شد. جذب در طول موج ۵۹۳ نانومتر در مقابل بلانکی که حاوی تمام معرف‌ها به جز نمونه بود، با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. افزایش جذب مخلوط واکنش، نشان‌دهنده افزایش قدرت احیاکنندگی است و نمونه‌ها در سه تکرار اندازه‌گیری شدند، در حالی که اسید آسکوربیک به‌عنوان استاندارد به کار گرفته شد.

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان: برای استخراج آنزیم، ۰/۵ گرم از نمونه گیاهی با نیتروژن مایع آسیاب و در ۵ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار (pH 7.8) استخراج شد. عصاره‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و نیروی ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس، محلول رویی به‌عنوان عصاره خام آنزیمی برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مورد استفاده قرار گرفت (Aghighi, Shahverdi et al., 2019). فعالیت SOD طبق روش لی (۲۰۰۰) سنجیده شد که یک مخلوط واکنش ۳ میلی‌لیتری شامل بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH 7.8)، متیونین ۱۳ میلی‌مولار و ریبولوین ۲ میکرومولار بود. نیتروبلو تترازولیوم ۷۵ میکرومولار، EDTA ۱۰

میکرومولار و ۰/۰۵ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی به مخلوط واکنش اضافه شد. واکنش با قرار دادن مخلوط در معرض نور فلورسنت سفید خنک با شدت ۴۰۰۰ لوکس به مدت ۱۵ دقیقه آغاز شد. یک واحد فعالیت SOD به مقدار آنزیم مورد نیاز برای ایجاد ۵۰ درصد مهار سرعت کاهش نیتروبلو تترازولیوم کلرید تعریف شد و فعالیت ویژه آنزیم به‌صورت واحد آنزیم در میلی‌گرم پروتئین بیان شد.

فعالیت POD طبق روش لی (۲۰۰۰) سنجیده شد. مخلوط واکنش شامل بافر فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار (pH 6)، ۲ درصد H_2O_2 ، گایاکول ۰/۰۵ مولار و ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی در حجم نهایی ۵ میلی‌لیتر بود. واکنش با افزودن عصاره آنزیمی آغاز شد. فعالیت POD به‌صورت واحد آنزیم بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه بیان شد.

فعالیت CAT به روش گائو (۲۰۰۶) سنجیده شد. حجم نهایی مخلوط واکنش شامل بافر فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار (pH 7.8) و H_2O_2 ۰/۱ مولار بود. واکنش با افزودن ۰/۲ میلی‌لیتر عصاره خام برگ به این محلول آغاز شد و فعالیت به‌صورت واحد آنزیم بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه محاسبه شد.

اندازه‌گیری میزان اسانس: برای تعیین میزان اسانس، از روش توسعه یافته توسط مازندرانی و همکاران (۲۰۱۲) استفاده شد. به فلاسک حاوی ۱۰۰ گرم ماده گیاهی پودر شده، آب مقطر اضافه شد و سپس دستگاه کلونجر به آن متصل گردید. میزان اسانس با توزین وزن اولیه و وزن اسانس حاصل تعیین شد. اسانس به دست آمده با استفاده از مقدار مناسب سدیم سولفات بی‌آب (یک دهم وزن اسانس) خشک شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از جمع‌آوری داده‌ها، قبل از تجزیه و تحلیل، آزمون همگنی واریانس انجام شد. برای هر سال

آزمایش، از طرح اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد، به طوری که نوع گونه به عنوان عامل اصلی و مراحل مختلف رشد گیاه به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۲) برای تمام تجزیه و تحلیل‌های آماری به کار رفت. آزمون LSD برای مقایسه میانگین‌ها در سطح معنی‌داری ۵ درصد اعمال شد. ارزیابی ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات، با استفاده از نرم‌افزارهای SAS-9.2 و Minitab 18 محاسبه شدند. علاوه بر این، یک بررسی رگرسیون گام به گام با در نظر گرفتن میزان اسانس به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل انجام شد.

نتایج

تجزیه واریانس اثر تیمارها بر صفات اندازه‌گیری شده: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس جداگانه سال، گونه‌های درمنه (*A. sieberi*; *A. annua*) مورد ارزیابی تفاوت معنی‌دار از نظر صفات پتانسیل آنتی‌اکسیدانی شامل: DPPH (در هر دو سال)، FRAP (در هر دو سال)، ABTS (در هر دو سال)، فعالیت آنزیم‌های CAT (در هر دو سال)، POD (در هر دو سال اول)، SOD (در هر دو سال) و محتوای اسانس (EOC: در هر دو سال) نشان دادند (جدول ۳). مرحله رشدی گیاه نیز نقش مهمی در تغییر صفات مورد بررسی ایفا کرده است و در هر دو سال، تأثیر معنی‌دار این مرحله بر بسیاری از صفات مشاهده می‌شود. این

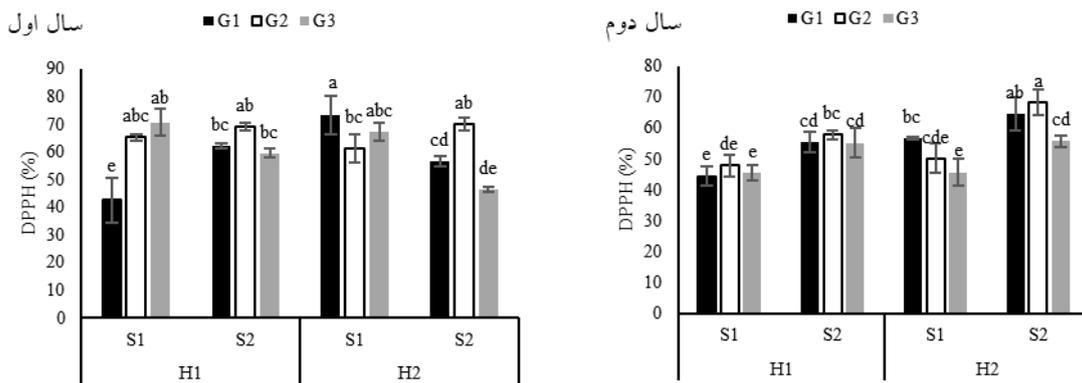
نشان می‌دهد که با پیشرفت رشد گیاه از مرحله رویشی تا گلدهی و تشکیل بذر، میزان اسانس، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی آن تغییر می‌کند. صفات DPPH، FRAP، CAT، POD، SOD و EOC تحت تأثیر اثر متقابل سه‌گانه زیستگاه × گونه گیاهی × مرحله رشدی تفاوت معنی‌داری در هر دو سال آزمایش نشان دادند. اثرات متقابل معنی‌دار بین عوامل مختلف (زیستگاه، گونه و مرحله رشدی) نشان می‌دهد که تأثیر یک عامل بر صفت مورد نظر بسته به سطح عامل دیگر متفاوت است.

مقایسه میانگین اثر تیمارها بر صفات اندازه‌گیری شده
فعالیت مهار رادیکال DPPH: نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه نشان داد که بیشترین فعالیت مهار رادیکال DPPH در سال اول آزمایش در گونه *A. annua* در مرحله رشد رویشی در زیستگاه کلاله با میانگین ۷۳/۳۸ درصد مشاهده شد. در صورتی که کمترین مهار DPPH در گونه *A. annua* در مرحله رویشی در زیستگاه توسکستان با میانگین ۴۲/۴۳ درصد به دست آمد (شکل ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در سال دوم آزمایش (شکل ۲) نشان داد که بالاترین فعالیت مهار رادیکال DPPH در گونه *A. sieberi* در مرحله گلدهی در زیستگاه کلاله با میانگین ۶۸/۰۶ درصد و پایین‌ترین مهار DPPH در گونه *A. annua* در مرحله رویشی در زیستگاه توسکستان با میانگین ۴۴/۴ درصد و در رویشگاه کلاله در گونه ذکر شده در مرحله تشکیل بذر (با میانگین ۴۵/۶۲ درصد) مشاهده شد.

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی، فعالیت آنزیمی اکسیداتی و محتوای اسانس گونه‌های مختلف درسه در زیستگاه‌های متفاوت در طی مراحل مختلف رشدی

EOC	SOD		POD		CAT		ABTS		FRAP		DPPH		درجه آزادی	منابع تغییرات
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم		
۰/۱۴NS	۰/۳۷NS	۲/۹۹*	۹۳/۴۴NS	۱۷۴/۵۹**	۳۷/۸۶NS	۷/۰۵**	۳/۵۴NS	۶۲/۳NS	۱۲/۳NS	۲/۳NS	۲۹/۹NS	۲۹/۹NS	۱	زیستگاه (H)
۰/۴۳*	۰/۱	۰/۵۵	۰/۶۹	۰/۹۷	۰/۳۶	۰/۰۸	۰/۰۳	۴۳/۰۳	۱۸/۱	۳/۳۳	۱۲۸/۱۹	۶۰/۱۶	۴	Rep (H)
۰/۴۷*	۰/۴۹*	۱۸۰/۸۶**	۱۶/۴*	۲۲۳/۳NS	۱۶/۸*	۶۷*	۰/۳۴*	۴۵۱/۹*	۳۹۵/۳۳**	۴۲/۶**	۱۰۹/۹*	۶۸/۸NS	۱	گونه (S)
۰/۰۲NS	۰/۰۲NS	۲۷/۸۸*	۳۷/۶NS	۷NS	۱۲/۰۳NS	۰/۰۳NS	۱/۹۹**	۶/۰۹NS	۵/۸NS	۳۷/۶**	۶/۴NS	۴۲۷/۶NS	۱	H x S
۰/۰۴	۰/۰۶	۳/۰۹	۵/۱۵	۲/۲۱	۲/۰۷	۰/۰۹	۶/۰	۴۴/۵	۰/۴۴	۰/۴۶	۱۵/۷	۶۶/۶۴	۴	خطا
۰/۱۲NS	۰/۲۹NS	۱/۱۴NS	۰/۳۹NS	۲۵/۳۴NS	۰/۰۶NS	۰/۰۷NS	۰/۰۴NS	۱۵۴/۲۱*	۱۳۹/۹NS	۹/۳*	۱۰۵/۴*	۱۹۳/۷NS	۲	مرحله رشدی (GS)
۰/۲۱**	۱/۰۶**	۱۶/۸۷**	۱۰/۸۸**	۳/۹۱NS	۲۷/۰۳**	۰/۰۴**	۶/۶NS	۶/۴NS	۲۸/۴NS	۰/۳NS	۷۹/۸NS	۳۴۵/۱۷**	۲	H x GS
۰/۰۱NS	۰/۰۲NS	۶/۱۹NS	۳/۷NS	۲/۸NS	۰/۱۸NS	۰/۰۲NS	۱۳۳/۸NS	۱۳۳/۸NS	۳۲/۸NS	۴/۸NS	۱۸۸/۴NS	۴۱۴/۳NS	۲	S x GS
۰/۱۳**	۰/۳**	۱۷/۸**	۴/۵۴*	۵۰/۸۵*	۱۸/۹۳**	۰/۳۳**	۰/۹۷*	۱۱/۱۶NS	۳۸/۹NS	۴۴/۸**	۲۰۵/۶*	۳۳۰/۴**	۲	H x S x GS
۰/۰۳	۰/۰۳	۱/۷۴	۱/۲۳	۴/۰	۰/۹	۰/۰۴	۴۲/۰	۸۸/۳	۲۴/۰۳	۱/۰	۴/۵۲	۴۲/۴۳	۱۶	خطا
۱/۰۹	۱۱/۴۷	۱۰/۵۶	۹/۲۱	۲۲/۵۴	۱۳/۴	۹/۹۲	۷/۶	۱۳/۸	۷/۰۷	۱۳/۵۱	۸/۷۵	۱۰/۵۱	-	ضریب تغییرات (%)

NS و **: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار، معنی دار در سطح ۵ درصد و معنی دار در سطح ۱ درصد.



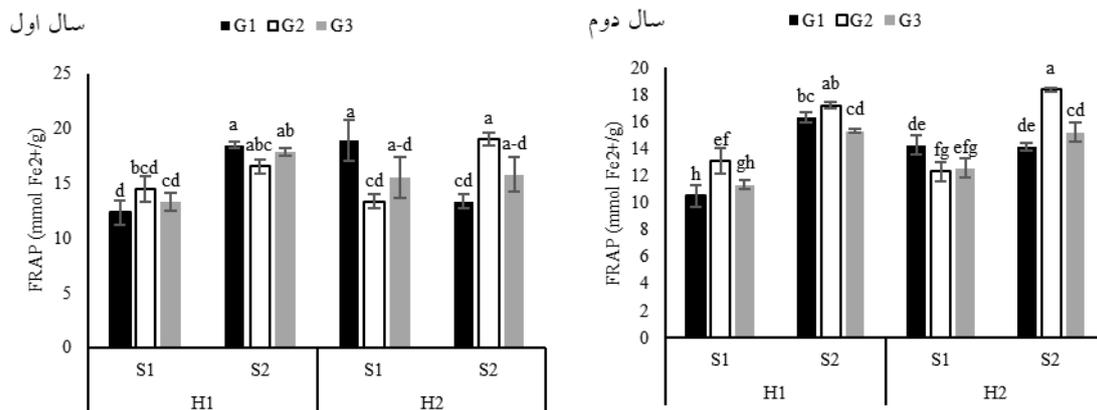
شکل ۲: مقایسه میانگین فعالیت DPPH دو گونه درمنه در مراحل مختلف رشد در رویشگاه‌های

متفاوت استان گلستان در طی دو سال آزمایش

H1: توسکستان، H2: کلاله، S1: *A. annua*، S2: *A. siberi*، G1، G2 و G3: حداکثر رشد رویشی، گلدهی و تشکیل ساختار بذر

در مرحله رویشی در زیستگاه توسکستان با میانگین ۱۲/۳۵ میلی‌مول آهن بر گرم به‌دست آمد (شکل ۳). نتایج سال دوم آزمایش نشان داد که بیشترین قدرت احیاکنندگی آهن در گونه *A. siberi* در مرحله گلدهی در زیستگاه کلاله با میانگین ۱۸/۳۷ میلی‌مول آهن بر گرم و کمترین FRAP در گونه *A. annua* در مرحله رویشی در زیستگاه توسکستان با میانگین ۱۰/۵۱ میلی‌مول آهن بر گرم مشاهده شد (شکل ۳).

قدرت احیاکنندگی آهن (FRAP): براساس نتایج داده‌های سال اول آزمایش، بیشترین قدرت احیاکنندگی آهن در گونه *A. siberi* در مرحله رشد رویشی در زیستگاه توسکستان (۱۸/۴۷ میلی‌مول آهن بر گرم) و گونه *A. annua* در مرحله رشد رویشی و گونه *A. siberi* در مرحله گلدهی در رویشگاه کلاله به‌ترتیب با میانگین ۱۸/۹۸ و ۱۸/۹ میلی‌مول آهن بر گرم مشاهده شد. کمترین FRAP در گونه *A. annua*



شکل ۳: مقایسه میانگین فعالیت FRAP دو گونه درمنه در مراحل مختلف رشد در رویشگاه‌های

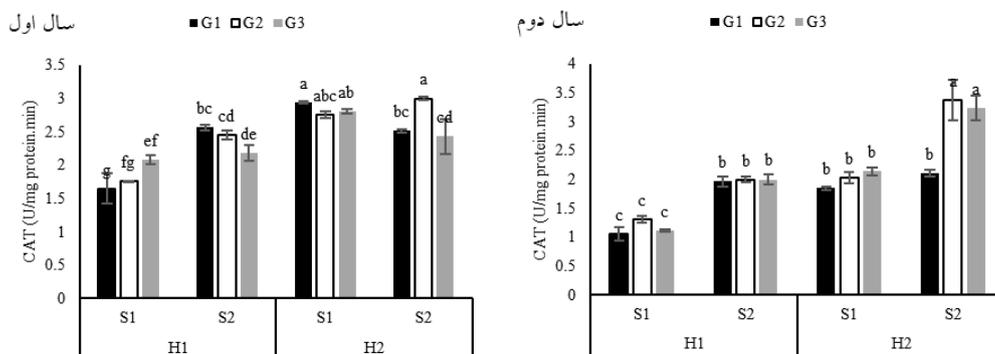
متفاوت استان گلستان در طی دو سال آزمایش

H1: توسکستان، H2: کلاله، S1: *A. annua*، S2: *A. siberi*، G1، G2 و

G3: حداکثر رشد رویشی، گلدهی و تشکیل ساختار بذر

۱/۵۳ بود (شکل ۴). در سال دوم آزمایش، بیشترین فعالیت آنزیم CAT در گونه *A. sieberi* در مراحل رشدی گلدهی و تشکیل بذر در زیستگاه کلاله به ترتیب با میانگین ۳/۳۷ و ۳/۲۴ واحد آنزیم بر میلی گرم پروتئین در دقیقه مشاهده شد. از طرف دیگر، کمترین فعالیت این آنزیم در گونه *A. annua* در هر سه مرحله رشدی در زیستگاه توسکستان به ترتیب با میانگین ۱/۰۶، ۱/۳۱ و ۱/۱ واحد آنزیم بر میلی گرم پروتئین در دقیقه به دست آمد (شکل ۴).

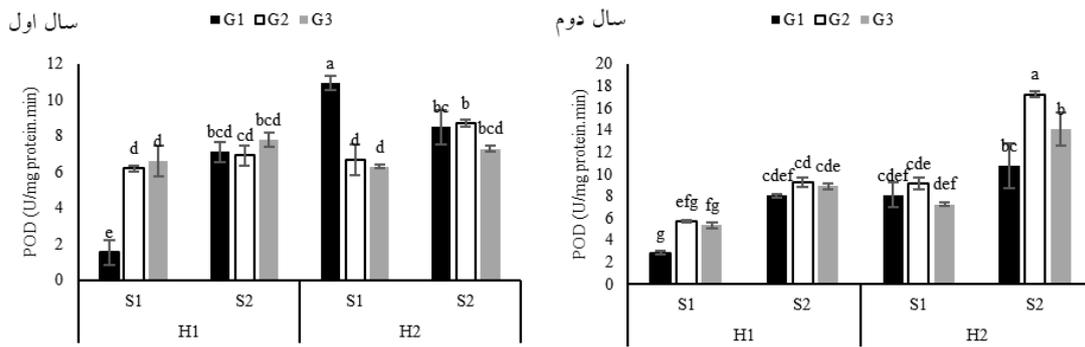
میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT): براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه در سال اول آزمایش، بیشترین فعالیت آنزیم CAT در گونه *A. annua* در مرحله رشد رویشی و در گونه *A. sieberi* در مرحله گلدهی در زیستگاه کلاله به ترتیب با میانگین ۲/۹۴ و ۳/۰ واحد آنزیم بر میلی گرم پروتئین در دقیقه به دست آمد. در همین سال آزمایشی، کمترین فعالیت مربوط به گونه *A. annua* در مرحله رویشی در زیستگاه توسکستان با میانگین



شکل ۴: مقایسه میانگین فعالیت آنزیم CAT دو گونه درمنه در مراحل مختلف رشد در رویشگاه‌های متفاوت استان گلستان در طی دو سال آزمایش
 H1: توسکستان، H2: کلاله، S1: *A. annua*، S2: *A. sieberi*، G1، G2 و G3: حداکثر رشد رویشی، گلدهی و تشکیل ساختار بذر

پروتئین در دقیقه بود (شکل ۵). براساس نتایج ارائه شده در شکل ۵، در سال دوم آزمایش بیشترین فعالیت آنزیم POD در گونه *A. sieberi* در مرحله گلدهی در زیستگاه کلاله با میانگین ۱۷/۲۴ واحد آنزیم بر میلی گرم پروتئین در دقیقه و کمترین فعالیت در گونه *A. sieberi* در مرحله رویشی در زیستگاه توسکستان با میانگین ۲/۸۴ واحد آنزیم بر میلی گرم پروتئین در دقیقه مشاهده شد.

میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD): نتایج سال اول آزمایش نشان داد که بیشترین فعالیت آنزیم POD در گونه *A. annua* در مرحله رشد رویشی در زیستگاه کلاله با میانگین ۱۰/۹۵ واحد آنزیم بر میلی گرم پروتئین در دقیقه مشاهده شد و کمترین فعالیت در گونه *A. annua* در مرحله رویشی در زیستگاه توسکستان با میانگین ۱/۵۳ واحد آنزیم بر میلی گرم



شکل ۵: مقایسه میانگین فعالیت آنزیم POD در گونه درمنه در مراحل مختلف رشد در

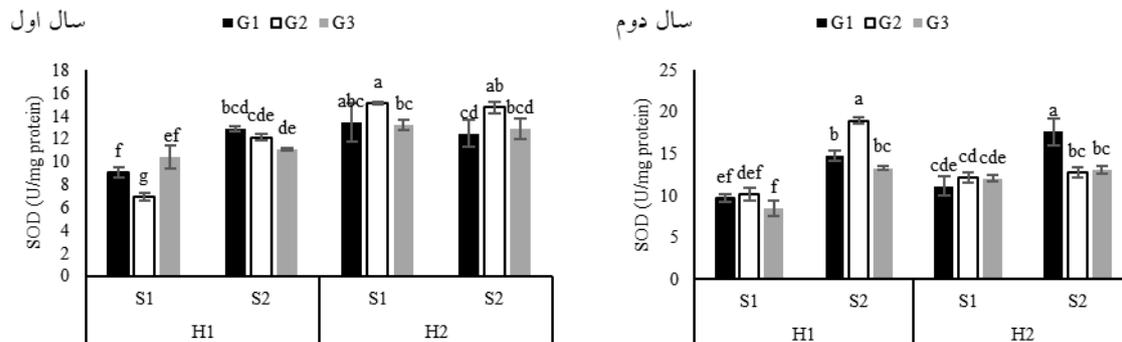
رویشگاه‌های متفاوت استان گلستان در طی دو سال آزمایش

H1: توسکستان، H2: کلاله، S1: *A. annua*; S2: *A. siberi*; G1, G2 و

G3: حداکثر رشد رویشی، گلدهی و تشکیل ساختار بذر

پروتئین مشاهده شد. فعالیت SOD در *A. annua* به‌طور کلی بیشتر بود (شکل ۶). در سال دوم بیشترین فعالیت آنزیم SOD در گونه *A. sieberi* در مرحله رویشی در زیستگاه کلاله با میانگین ۱۷/۶۶ واحد آنزیم بر میلی‌گرم پروتئین و کمترین فعالیت در گونه *A. annua* در مرحله تشکیل ساختار بذر در زیستگاه توسکستان با میانگین ۸/۴۹ واحد آنزیم بر میلی‌گرم پروتئین مشاهده شد (شکل ۶).

میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD): براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه بیشترین فعالیت آنزیم SOD در گونه *A. annua* در مرحله گلدهی در زیستگاه کلاله با میانگین ۱۵/۱۲ واحد آنزیم بر میلی‌گرم پروتئین بود و کمترین فعالیت در گونه *A. annua* در مرحله گلدهی در زیستگاه توسکستان با میانگین ۶/۹۱ واحد آنزیم بر میلی‌گرم



شکل ۶: مقایسه میانگین فعالیت آنزیم SOD در گونه درمنه در مراحل مختلف رشد در رویشگاه‌های

متفاوت استان گلستان در طی دو سال آزمایش

H1: توسکستان، H2: کلاله، S1: *A. annua*; S2: *A. siberi*; G1, G2 و

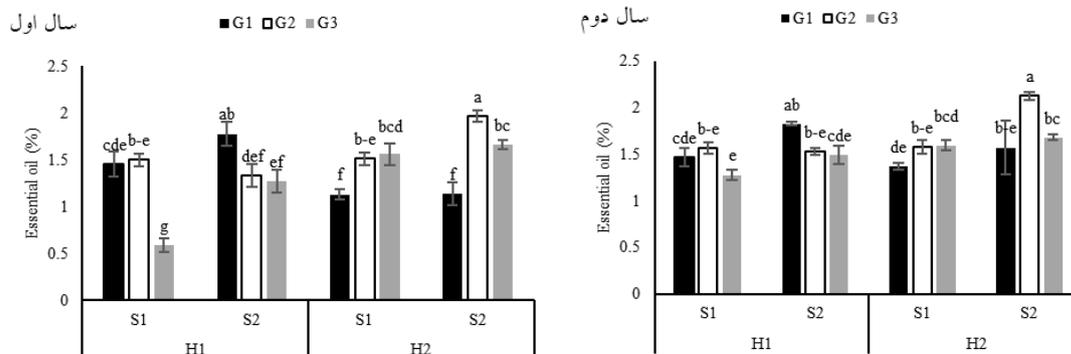
G3: حداکثر رشد رویشی، گلدهی و تشکیل ساختار بذر

دوم آزمایش در گونه *A. sieberi* در مرحله گلدهی در زیستگاه کلاله به‌ترتیب با میانگین ۱/۹۶ درصد و ۲/۱۲ درصد مشاهده شد. در صورتی که کمترین محتوای

محتوای اسانس: براساس نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین اثرات متقابل رویشگاه، گونه گیاهی و مرحله رشدی، بیشترین میزان اسانس در سال اول و

مرحله رویشی اسانس بیشتری داشت، در حالی که *A. sieberi* در مرحله گلدهی کمی افزایش نشان داد اما همچنان کمتر بود (شکل ۷).

اسانس در گونه *A. annua* در مرحله تشکیل ساختار بذر در زیستگاه توسکستان به ترتیب با میانگین ۰/۵۹ درصد و ۱/۲۸ درصد به دست آمد. گونه *A. annua* در



شکل ۷: مقایسه میانگین میزان اسانس دو گونه درمنه در مراحل مختلف رشد در رویشگاه‌های

متفاوت استان گلستان در طی دو سال آزمایش

H1: توسکستان، H2: کلاله، S1: *A.annua*، S2: *A. siberi*، G1، G2 و G3

G3: حداکثر رشد رویشی، گلدهی و تشکیل ساختار بذر

فعالیت آنزیم SOD همبستگی مثبت و معنی‌داری با فعالیت آنزیم‌های POD و CAT و همچنین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ABTS و قدرت آنتی‌اکسیدانی FRAP نشان داد. به طور کلی، این نتایج نشان می‌دهد که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی در گونه‌های درمنه با یکدیگر ارتباط مثبت دارند، در حالی که رابطه محتوای اسانس با این صفات پیچیده‌تر است (جدول ۴).

همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده: بر اساس نتایج همبستگی پیرسون، ارتباطات معنی‌داری بین صفات مختلف در گونه‌های درمنه مشاهده شد. محتوای اسانس همبستگی مثبت و معنی‌داری با فعالیت آنزیم CAT و همچنین قدرت آنتی‌اکسیدانی FRAP نشان داد، و با فعالیت مهار رادیکال DPPH همبستگی منفی و غیرمعنی‌دار داشت. در مقابل،

جدول ۴: همبستگی مابین صفات فیزیولوژیک، آنتی‌اکسیدانی و محتوای اسانس در گونه‌های درمنه در رویشگاه مختلف

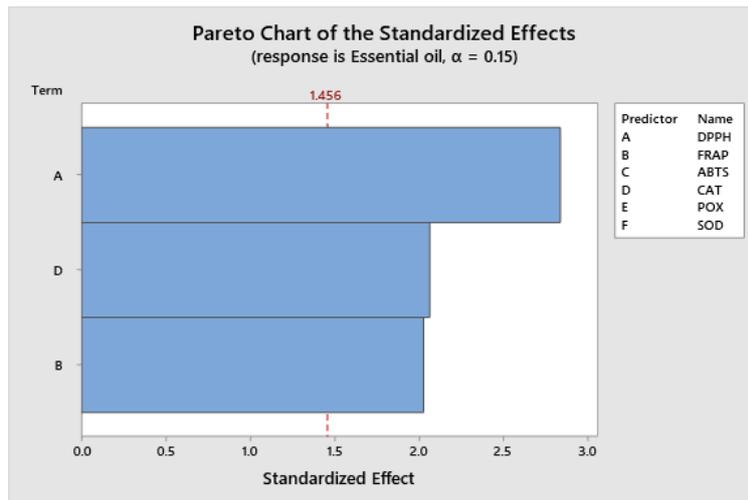
EOC	SOD	POD	CAT	ABTS	FRAP	DPPH	
ns	*	*	**	**	**	۱	DPPH
*	*	*	**	**	۱	۰/۵۰	FRAP
ns	*	*	**	۱	۰/۶۷	۰/۵۶	ABTS
*	*	**	۱	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۵۲	CAT
ns	*	۱	۰/۶۰	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۳۸	POD
ns	۱	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۲۸	SOD
۱	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۱۲	۰/۲۸	-۰/۰۸	EOC

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

از تغییرات در محتوای اسانس توسط متغیرهای DPPH، FRAP و CAT قابل توضیح است، که حاکی از وجود سایر عوامل مؤثر احتمالی بر میزان اسانس نیز می‌باشد. معادله رگرسیونی به دست آمده به شرح زیر است (شکل ۸).

$$\text{Essential oil content} = 1.296 - 0.01160 \text{ DPPH} + 0.0352 \text{ FRAP} + 0.1560 \text{ CAT}$$

رگرسیون گام به گام: نتایج تحلیل رگرسیونی نشان می‌دهد که از میان متغیرهای آنتی‌اکسیدانی مورد بررسی، فعالیت مهار رادیکال DPPH، فعالیت آنزیم CAT و قدرت آنتی‌اکسیدانی FRAP در سطح آلفای ۰/۱۵ بر میزان اسانس تأثیرگذار بوده‌اند. مقدار R-sq(adj) برابر با ۳۹/۴٪ نشان می‌دهد که این میزان



شکل ۸: نمودار پارتو (رگرسیون گام به گام) اثرات استاندارد شده صفات آنزیم و آنتی‌اکسیدانی بر میزان اسانس در گیاه درمنه

گونه *A. annua* در مرحله رویشی زیستگاه توسکستان مشاهده شد، که احتمالاً به دلیل شرایط محیطی خاص این زیستگاه و تأثیر آن بر تولید متابولیت‌های ثانویه در این گونه در مراحل اولیه رشد است. همبستگی منفی و غیرمعنی دار بین محتوای اسانس و فعالیت DPPH در تحلیل کلی نشان می‌دهد که افزایش میزان اسانس لزوماً منجر به افزایش فعالیت مهار رادیکال DPPH نمی‌شود و احتمالاً ترکیبات خاص موجود در اسانس و عصاره‌های قطبی عامل تفاوت در فعالیت آنتی‌اکسیدانی هستند. در مدل رگرسیونی، DPPH به‌عنوان یک پیش‌بین معنی دار با تأثیر منفی بر میزان اسانس شناسایی شد، که این یافته نیازمند بررسی دقیق‌تر مکانیسم‌های بیوشیمیایی مرتبط با تولید اسانس و ترکیبات فنلی در این گیاهان است. در پژوهشی

بحث

نتایج پژوهش نشان داد که فعالیت مهار رادیکال DPPH به‌طور معنی داری تحت تأثیر گونه، مرحله رشدی و زیستگاه قرار گرفت و اثر متقابل سه‌گانه این عوامل نیز معنی دار بود. در سال اول، بالاترین فعالیت در گونه *A. annua* در مرحله رویشی زیستگاه کلاله مشاهده شد، در حالی که در سال دوم، بالاترین فعالیت در گونه *A. sieberi* در مرحله گلدهی زیستگاه کلاله به دست آمد. این تغییر در گونه با بالاترین فعالیت DPPH در طول سال‌ها ممکن است نتیجه تغییرات جزئی در شرایط محیطی بین این دو سال باشد که به طور متفاوتی بر مکانیسم‌های تولید ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی در این دو گونه تأثیر داشته است. پایین‌ترین فعالیت DPPH در هر دو سال عمدتاً در

شرایط محیطی بستگی دارد. ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در عصاره‌ها احتمالاً نقش کلیدی در این خاصیت ایفا می‌کنند و تغییرات در مقدار و نوع این ترکیبات در مراحل مختلف رشد و زیستگاه‌های مختلف می‌تواند موجب تغییرات در قدرت احیاکنندگی گردد. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین FRAP و محتوای اسانس نشان می‌دهد که احتمالاً برخی از ترکیبات موجود در اسانس نیز در قدرت احیاکنندگی کلی عصاره نقش دارند. در مدل رگرسیونی، FRAP به‌عنوان یک پیش‌بین با تأثیر مثبت بر میزان اسانس شناسایی شد، که نشان می‌دهد ممکن است یک رابطه هم‌افزایی بین ترکیبات با خاصیت احیاکنندگی و تولید اسانس وجود داشته باشد. در مطالعه که توسط کامارائوسکایته و همکاران (۲۰۲۱) انجام شد، فراکسیون‌های *A. absinthium* و *A. ludoviciana* با استفاده از آزمون‌های ABTS و FRAP ارزیابی شدند و مقادیر آن‌ها به ترتیب ۳۶۷-۱۶۹۳ میکرومول بر گرم و ۵۳۸۵-۶۹۵۲ میکرومول بر گرم به‌دست آمد. سردرودیان و آریان‌فر (۲۰۱۹) در آزمایشی به بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌باکتریایی اسانس *A. Khorasanica* پرداختند و گزارش کردند که توانایی احیاکنندگی اسانس و BHT به ترتیب ۷۷/۳۶ و ۲۸/۳۲ میکرومول بر لیتر بود. این پژوهشگران بیان داشتند که اسانس درمنه می‌تواند منبعی ارزشمند از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌باکتریال باشد.

در هر دو سال، بالاترین فعالیت CAT عمدتاً در گونه *A. sieberi* در مراحل گلدهی و تشکیل بذر در زیستگاه کلاله و گونه *A. annua* در مرحله رویشی زیستگاه کلاله مشاهده شد. پایین‌ترین فعالیت CAT در هر دو سال در گونه *A. annua* در مراحل مختلف رشدی در زیستگاه توسکستان به دست آمد. این الگو نشان می‌دهد که شرایط زیستگاه کلاله و مراحل

مشابه، ۵ گونه مختلف درمنه را با هم مقایسه و بیان داشتند که از نظر فعالیت DPPH، ABTS و FRAP تفاوت معنی‌داری مابین گونه‌های مورد ارزیابی مشاهده شد که نتایج حاصل از پژوهش حاضر را تأیید می‌نماید (Trifan et al., 2022). در یک مطالعه اخیر توسط میندا و همکاران (۲۰۲۲)، توانایی مهار رادیکال DPPH سه گونه درمنه مورد بررسی قرار گرفت و مواد در غلظت ۱۰۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر، توانایی مهار بیش از ۹۰٪ نشان دادند. نتایج بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی دو گونه درمنه کپت داغی و سیبریایی با استفاده از روش آزمون DPPH نشان داد که درمنه کپت داغی نسبت به درمنه سیبریایی فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری دارد (Arvin and Firouzeh, 2022). این تفاوت به‌طور معکوس با مقدار IC₅₀ در ارتباط است. تفاوت در فعالیت آنتی‌اکسیدانی این دو گونه می‌تواند ناشی از تفاوت در میزان ترکیبات فنلی و ترکیبات مؤثر آنها باشد. همچنین، عصاره درمنه کپت داغی به دلیل قابلیت احیاکنندگی بالاتر، با دادن الکترون قادر به خاتمه واکنش‌های زنجیره‌ای رادیکال‌های آزاد می‌شود.

قدرت احیاکنندگی آهن (FRAP) نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر گونه، مرحله رشدی و زیستگاه قرار گرفت و اثر متقابل سه‌گانه آن‌ها نیز معنی‌دار بود. در سال اول، بالاترین FRAP در گونه *A. sieberi* در مرحله رویشی زیستگاه توسکستان و گونه *A. annua* و *A. sieberi* در مرحله گلدهی در زیستگاه کلاله مشاهده شد. در سال دوم، بالاترین FRAP در گونه *A. sieberi* در مرحله گلدهی در زیستگاه کلاله به دست آمد. پایین‌ترین FRAP در هر دو سال در گونه *A. annua* در مرحله رویشی زیستگاه توسکستان مشاهده شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهند که توان احیاکنندگی ترکیبات موجود در عصاره‌های این گیاهان به عوامل مختلفی از جمله گونه، مرحله رشدی و

آنتی‌اکسیدانی و همچنین پتانسیل آنتی‌اکسیدانی (ABTS و FRAP) نشان می‌دهد که SOD نقش مهمی در دفاع آنتی‌اکسیدانی کلی گیاه ایفا می‌کند. صلاحی و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند که نتایج آزمون آنتی‌اکسیدانی نشان دادند که اسانس خالص درمنه کپه‌داغی با مقدار IC_{50} معادل $0.5/7$ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و نانوامولسیون حاوی ۱۵ درصد اسانس با مقدار IC_{50} معادل $51/46$ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر به ترتیب بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را از خود نشان دادند.

یافته این پژوهش نشان می‌دهد که گونه *A. sieberi* در شرایط خاص (مرحله گلدهی و زیستگاه کلاله) پتانسیل بالاتری برای تولید اسانس دارد. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین محتوای اسانس و فعالیت آنزیم CAT و قدرت آنتی‌اکسیدانی FRAP نشان می‌دهد که احتمالاً بین تولید اسانس و برخی از مکانیسم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی گیاه ارتباط وجود دارد. مدل رگرسیونی نیز نشان داد که DPPH، FRAP و CAT پیش‌بین‌های میزان اسانس هستند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تعامل پیچیده‌ای بین سیستم آنتی‌اکسیدانی و مسیرهای بیوشیمیایی تولید اسانس در این گیاهان وجود دارد که نیازمند تحقیقات بیشتر است.

اسانس‌ها ترکیبات آروماتیک فراری هستند که نقش‌های گوناگونی در گیاهان ایفا می‌کنند، از جمله جذب گرده‌افشان‌ها، دفع آفات و محافظت در برابر تنش‌های محیطی (Abbas et al., 2023). حداکثر میزان اسانس در *A. annua* در مرحله گلدهی در زیستگاه کلاله مشاهده شد، که احتمالاً به دلیل نقش این ترکیبات در جذب حشرات گرده‌افشان در این مرحله است. نظریه‌پردازی و یادگیری (۲۰۲۱) ترکیبات کلیدی در اسانس‌ها، از جمله آلفا-پینن، کامفن و کاریوفیلن را شناسایی کردند. مطالعه آن‌ها اثرات معنی‌دار منطقه

رشدی خاص می‌توانند منجر به افزایش فعالیت این آنزیم مهم در سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی گیاه شوند. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین فعالیت CAT و محتوای اسانس نشان می‌دهد که احتمالاً افزایش تولید اسانس با افزایش ظرفیت گیاه برای مقابله با تنش اکسیداتیو از طریق افزایش فعالیت CAT همراه است. در مدل رگرسیونی، CAT به‌عنوان یک پیش‌بین معنی‌دار با تأثیر مثبت بر میزان اسانس شناسایی شد، که این یافته می‌تواند نشان‌دهنده نقش CAT در فرآیندهای متابولیکی منجر به تولید اسانس باشد. در یک مطالعه، تغییرات میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان تحت تأثیر شرایط محیطی مختلف گزارش شده است. به‌طور خاص، در شرایط کمبود رطوبت، پاسخ‌های بیوشیمیایی در سطح سیستم آنتی‌اکسیدانی در گونه‌های مورد بررسی تحریک می‌شود (Zhigzhitzhapova et al., 2024).

تغییر گونه با بالاترین فعالیت POD بین سال‌ها احتمالاً به دلیل واکنش متفاوت این دو گونه به شرایط محیطی متغیر در طول دو سال است. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین فعالیت POD و سایر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (CAT و SOD) نشان می‌دهد که این آنزیم‌ها احتمالاً به‌طور هماهنگ در سیستم دفاعی گیاه عمل می‌کنند. با این حال، در مدل رگرسیونی، POD به‌عنوان یک پیش‌بین معنی‌دار برای میزان اسانس شناسایی نشد، که نشان می‌دهد ممکن است رابطه مستقیمی بین فعالیت این آنزیم و تولید اسانس وجود نداشته باشد یا این رابطه تحت تأثیر عوامل دیگری قرار گیرد.

تغییرات در میزان فعالیت آنزیم SOD تحت تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که پاسخ این دو گونه گیاهی به شرایط محیطی و مراحل رشدی از نظر فعالیت SOD متفاوت است. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین فعالیت SOD و سایر آنزیم‌های

A. annua و *A. sieberi* به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر عواملی همچون گونه، زیستگاه و مرحله رشدی گیاه قرار دارند. گونه *A. sieberi* در زیستگاه کلاله و در مرحله گلدهی بیشترین میزان اسانس را تولید نمود، در حالی که الگوهای فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی در دو گونه و در مراحل مختلف رشد و زیستگاه‌ها تفاوت‌هایی داشت. تحلیل رگرسیونی نشان داد که فعالیت DPPH، آنزیم CAT و قدرت احیاکنندگی آهن (FRAP) نقش کلیدی در تعیین میزان اسانس ایفا می‌کنند. این نتایج بر اهمیت در نظر گرفتن عوامل اکولوژیکی و فنولوژیکی در بررسی و بهره‌برداری از پتانسیل دارویی و صنعتی گونه‌های درمنه تأکید کرده و نشان می‌دهد که انتخاب گونه، زمان برداشت و منطقه کشت می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کیفیت و کمیت ترکیبات فعال این گیاهان داشته باشد. از منظر کاربردی، این یافته‌ها می‌توانند به تولیدکنندگان گیاهان دارویی و صنایع مرتبط با اسانس‌های گیاهی کمک کنند تا با انتخاب بهینه گونه، زمان برداشت و منطقه رویش، محصولات با ترکیبات مؤثرتر و کیفیت بالاتر تولید نمایند. علاوه بر این، نتایج این پژوهش می‌توانند به عنوان راهنمایی برای بهینه‌سازی شرایط کشت و برداشت گونه‌های دارویی درمنه در برنامه‌های توسعه کشت گیاهان دارویی مورد استفاده قرار گیرند.

جغرافیایی و مرحله فنولوژیکی را بر کمیت و کیفیت روغن نشان داد. بالاترین بازده روغن (۱۷/۲٪) در *A. aucheri* L. در مسجده سلیمان در طول گلدهی مشاهده شد، در حالی که پایین‌ترین بازده (۰/۶٪) در *A. vulgaris* L. در طول تشکیل بذر مشاهده شد. ترکیبات آروماتیک در پایان رشد رویشی، با تغییر از آب و هوای خنک‌تر به گرم‌تر، به اوج خود رسیدند، که منجر به کاهش مونوترپن‌ها، مانند آلفا-پینن و لیمونن، اما افزایش سسکی‌ترین‌ها، مانند کاریوفیلن شد. میزان اسانس و عناصر آن در گیاهان، به‌ویژه در گیاهان دارویی و معطر، مانند گونه‌های درمنه، تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارد. تجزیه و تحلیل پروفایل‌های اسانس با استفاده از GC-MS برای شناسایی و تعیین کیفیت اسانس‌های گیاهی حیاتی است. این روش به شناسایی ترکیبات مختلف موجود در روغن و تعیین کمیت هر یک از آن‌ها کمک می‌کند، که برای کاربردهای مختلف اسانس‌ها، از جمله تولیدات دارویی، آرایشی و غذایی، حیاتی است (Houshmand et al., 2024).

نتیجه‌گیری نهایی

در مجموع، نتایج این تحقیق نشان داد که پتانسیل آنتی‌اکسیدانی و میزان اسانس دو گونه درمنه،

References

- Abbas, F., Zhou, Y., O'Neill Rothenberg, D., Alam, I., Ke, Y., & Wang, H. C. (2023). Aroma components in horticultural crops: Chemical diversity and usage of metabolic engineering for industrial applications. *Plants*, 12, 1748.
- Aghighi Shahverdi, M., Omidi, H., & 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.
- Alsharif, B., Bashir, Y., & Boylan, F. (2024). Chemical composition and cytotoxicity evaluation of *Artemisia judaica* L. essential oil from Saudi Arabia. *Molecules*, 29, 2882.
- Arvin, P., & Firouzeh, R. (2022). Study of quality, quantity and antioxidant activity of essential oils of two medicinal species of *Artemisia kopetdaghensis* Krasch. and *A. sieberi* Besser. *Journal of Plant Process and Function*, 11, 199–212.
- Baretseng, S. (2022). The worldwide herbal market: Trends and opportunities. *Journal ISSN*, 2766, 2276.

- Behmanesh, B., Heshmati, G., Mazandarani, M., Rezaei, M., Ahmadi, A., Ghaemi, E., & Nosrat, S. B. (2007). Chemical composition and antibacterial activity from essential oil of *Artemisia sieberi* Besser subsp. *sieberi* in north of Iran. *Asian Journal of Plant Sciences*, 6(3), 562–564.
- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70–76.
- Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199–1200.
- Chaachouay, N., & Zidane, L. (2024). Plant-derived natural products: A source for drug discovery and development. *Drugs and Drug Candidates*, 3, 184–207.
- Davatgar, F., Esmailzadeh, M., Mohammadi, N. S. A., & Moradi, H. (2021). Evaluation of antioxidant activity, phenol content and flavonoid extract of *Artemisia annua* L. under the influence of different drying methods. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 4, 115–132.
- Dib, I., Idrissi, A., Fakchich, J., Diass, K., Oualdi, I., Ziyat, A., Touzani, R., Chaachouay, N., Bussmann, R. W., & Elachouri, M. (2024). *Artemisia abrotanum* L., *Artemisia absinthium* L., *Artemisia annua* L., *Artemisia arborescens* (Vaill.) L., *Artemisia atlantica* Coss., *Artemisia campestris* subsp. *campestris* L., *Artemisia judaica* L., *Artemisia judaica* subsp. *sahariensis* (L. Chevall.) Maire, *Artemisia mesatlantica* Maire, *Artemisia monosperma* Delile, *Artemisia verlotiorum* Lamotte, *Artemisia vulgaris* L., *Seriphidium herba-alba* (Asso) Y. R. Ling, *Seriphidium huguetii* (Caball.) Dobignard, *Seriphidium sieberi* (Besser) K. Bremer & Humphries ex Y. R. Ling (Asteraceae).* In *Ethnobotany of Northern Africa and Levant*. Springer.
- Dini, S., Chen, Q., Fatemi, F., & Asri, Y. (2022). Phytochemical and biological activities of some Iranian medicinal plants. *Pharmaceutical Biology*, 60, 664–689.
- Gao, J. F. (2006). *Plant physiology experiment guidance*. World Publishing Corporation.
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. B., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S. M., Mahmud, J. A., Fujita, M., & Fotopoulos, V. (2020). Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: Revisiting the crucial role of a universal defense regulator. *Antioxidants*, 9, 681.
- Houshmand, S., Alizadeh-Salteh, S., Bolandnazar, S., & Aryakia, E. (2024). Evaluating the diversity of the essential oil constituents of *Artemisia* accessions from Iran. *Journal of Medicinal Plants and By-Products*, 13, 321–328.
- Hussain, M., Thakur, R. K., Khazir, J., Ahmed, S., Khan, M. I., Rahi, P., Vppalayam Shanmugam, P., Kaur, S., & Raina, S. N. (2024). Traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and toxicology of the genus *Artemisia* L. (Asteraceae): A high-value medicinal plant. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 24, 301–342.
- Javanmard, M., Naghdi Badi, H., Mohammadi Torkashvand, A., Mehrafarin, A., & Bahreininejad, B. (2024). Ecomorphological and physiological diversity of *Artemisia haussknechtii* Boiss. populations in various habitats across central and western Iran. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 12, 109–128.
- Jomova, K., Raptova, R., Alomar, S. Y., Alwasel, S. H., Nepovimova, E., Kuca, K., & Valko, M. (2023). Reactive oxygen species, toxicity, oxidative stress, and antioxidants: Chronic diseases and aging. *Archives of Toxicology*, 97, 2499–2574.
- Kamarauskaite, J., Baniene, R., Raudone, L., Vilkickyte, G., Vainoriene, R., Motiekaityte, V., & Trumbeckaite, S. (2021). Antioxidant and mitochondria-targeted activity of caffeoylquinic-acid-rich fractions of wormwood (*Artemisia absinthium* L.) and silver wormwood (*Artemisia ludoviciana* Nutt.). *Antioxidants*, 10, 1405.
- Karbalaie, Z., Balali, G., Akhavan Roofgar, A., & Bagheri, A. (2021). A numerical taxonomic study of the genus *Artemisia* L. (Asteraceae) in Isfahan province, Iran. *Taxonomy and Biosystematics*, 13, 1–14.

- Lee, H. S. (2000). *Principles and experimental techniques of plant physiology and biochemistry*. Higher Education Press.
- Mandić, M., Ivančić, I., Cvetnić, M., Ferrante, C., Orlando, G., & Vladimir-Knežević, S. (2025). Green extraction of volatile terpenes from *Artemisia annua* L. *Molecules*, *30*, 1638.
- Mazandarani, M., Majidi, Z., Zarghami-Moghaddam, P., Abrodi, M., Hemati, H., & Fathiazad, F. (2012). Essential oil composition, total phenol, flavonoid, anthocyanin and antioxidant activities in different parts of *Artemisia annua* L. in two localities (North of Iran). *Journal of Medicinal Plants and By-Products*, *1*, 13–21.
- Mazandarani, M., Osia, N., & Ghafourian, M. (2015). Antioxidant activity and ethnopharmacological survey of *Achillea biebersteinii* Afan. in the treatment of dysmenorrhea in traditional medicine of Golestan province, Iran. *International Journal of Women's Health and Reproduction Sciences*, *3*, 107–110.
- Minda, D., Ghiulai, R., Banciu, C. D., Pavel, I. Z., Danciu, C., Racoviceanu, R., Soica, C., Budu, O. D., Muntean, D., & Diaconeasa, Z. (2022). Phytochemical profile, antioxidant and wound healing potential of three *Artemisia* species: In vitro and invivo evaluation. *Applied Sciences*, *12*, 1359.
- Mohamadi, N., & Rajaei, P. (2016). Effects of different ecological condition on the quality and quantity of essential oils of *Artemisia persica* Boiss. populations from Kerman, Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *19*, 200–207.
- NazarPour, M. R., & Yadegari, M. (2021). Climatic conditions and different phenological stages effects on phytochemical characters of three species of *Artemisia* sp. in Khuzestan province. *Journal of Plant Process and Function*, *10*, 161–176.
- Salahi, E., Asgharzadeh, A., Amani, A., Besharati, M., & Tatari, M. (2023). Design of nanoemulsions containing essential oil of *Artemisia kopetdaghensis*: Investigation of antioxidant properties and antimicrobial activity on two isolates from clinical specimens. *Journal of North Khorasan University of Medical Sciences*, *15*, 10–17.
- Salmerón-Manzano, E., Garrido-Cardenas, J. A., & Manzano-Agugliaro, F. (2020). Worldwide research trends on medicinal plants. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*, 3376.
- Sardarodiyani, M., & Arian Far, A. (2019). Investigation of chemical components, antibacterial and antioxidant properties of essential oil *Artemisia khorasanica* in north Khorasan area. *Innovation Food Science and Technology*, *11*, 39–57.
- Shahrajabian, M. H., & Sun, W. (2024). Iranian traditional medicine (ITM) and natural remedies for treatment of the common cold and flu. *Reviews on Recent Clinical Trials*, *19*, 91–100.
- Sharafati-Chaleshtori, R., Nickdasti, A., Mortezapour, E., Pourhanifeh, M. H., Ghazanfari, M., Movahedpour, A., Khatami, A., Ashrafizadeh, M., Zarrabi, A., & Mahabady, M. K. (2021). *Artemisia* species as a new candidate for diabetes therapy: A comprehensive review. *Current Molecular Medicine*, *21*, 832–849.
- Shinyuy, L. M., Loe, G. E., Jansen, O., Ledoux, A., Palmaerts, B., Mamede, L., Boussif, N., Bonnet, O., Enone, B. S., & Noukimi, S. F. (2025). Exploring the phytochemical diversity and anti-plasmodial potential of *Artemisia annua* and *Artemisia afra* from different geographical locations in Cameroon. *Molecules*, *30*, 596.
- Soliman, M. M., Elsaba, Y. M., Soliman, M., & Ahmed, E. Z. (2024). Composition and antimicrobial activity of *Rosmarinus officinalis* L. and *Artemisia monosperma* L. leaf essential oils and methanolic extracts from plants grown in normal and saline habitats in Egypt. *Scientific Reports*, *14*, 7342.
- Trifan, A., Zengin, G., Sinan, K. I., Sieniawska, E., Sawicki, R., Maciejewska-Turska, M., Skalikca-Woźniak, K., & Luca, S. V. (2022). Unveiling the phytochemical profile and biological potential of five *Artemisia* species. *Antioxidants*, *11*, 1017.

- Yazdi Far, S., Naghdi Badi, H., Mehrafarin, A., Kalateh Jari, S., & Danaee, E. (2024). Chemical composition diversity in wild populations of *Artemisia sieberi* Besser under the same climate conditions. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1–24.
- Zare, S., Shojaeifard, Z., Asadollahi, M., & Jassbi, A. R. (2024). Chemical diversity of the essential oils of *Artemisia sieberi* in Iran. *Biochemical Systematics and Ecology*, 115, 104845.
- Zhigzhitzhapova, S. V., Dylenova, E. P., Goncharova, D. B., Zhigzhitzhapov, B. V., Emelyanova, E. A., Polonova, A. V., Tykheev, Z. A., Bazarsadueva, S. V., Taraskina, A. S., & Pintaeva, E. T. (2024). Functional activity of the antioxidant system of *Artemisia* genus plants in the Republic of Buryatia (Russia) and its significance in plant adaptation. *Plants*, 13, 2630