فصلنامه علوم محیطی، دوره بیستم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱

۱۷۰-۱۵۵
**مقاله پژوهشی**

# تغییر در ویژگی‌های رشدی، عملکردی و برخی متابولیت‌های ثانویه بابونه آلمانی (*Matricari chamomilla L.*) رقم پرسو (Presov) در پاسخ به کاربرد زئولیت و قارچ (*Serendipita indica*)

**زهرا پرویزی‌زاده[۱]، محمدحسین قرینه[۱]،عبدالمهدی بخشنده[۱]، امین لطفی جلال‌آبادی[۱]* و بابک پاکدامن سردرود[۲]**

[۱] گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران
[۲] گروه مهندسی گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۹

**پرویزی‌زاده، ز.، م.ح. قرینه، ع. بخشنده، ا. لطفی جلال‌آبادی و ب. پاکدامن سردرود. ۱۴۰۱.** تغییر در ویژگی‌های رشدی، عملکردی و برخی متابولیت‌های ثانویه بابونه آلمانی (*Matricari chamomilla* L.) رقم پرسو (Presov) در پاسخ به کاربرد زئولیت و قارچ (*Serendipita indica*). فصلنامه علوم محیطی. ۲۰(۲): ۱۵۵-۱۷۰.

**سابقه و هدف:** گیاه بابونه (*Matricari chamomilla* L.) به‌دلیل دارا بودن ترکیبات مؤثری همچون کامازولن، آلفابیزابولول و آلفابیسابولول آ در صنایع مختلف داروسازی، غذایی، آرایشی و بهداشتی، دارای نقش بسیار مهمی است. در این گیاه تغذیه ارگانیک و بهبود جذب عناصر معدنی، نقش مهمی در افزایش عملکرد و کیفیت اسانس دارد. بر همین اساس استفاده از کودهای زیستی مانند قارچ‌های شبه مایکوریزایی به‌منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و حفظ سلامت محصول و محیط زیست یک مسئله مهم در کشاورزی امروز تلقی می‌گردد (Jamshidi *et al.*, 2011; Abbaszadeh *et al.*, 2006). یکی از راهکارهای جدید در زمینه توسعه امر کشاورزی، بالا بردن کارایی مصرف آب و عناصر غذایی، استفاده از کانی‌های طبیعی زئولیت است که با خاصیت نگهداری رطوبت، با فراهمی مواد غذایی سبب بهبود رشد گیاهان می‌شوند (Ahmed *et al.*, 2010).

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد قارچ (*Serendipita indica*) و زئولیت طبیعی (کلینوپتیلولیت) بر عملکرد کمی و کیفی گیاه بابونه آلمانی (رقم پرسو) آزمایشی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. عامل‌های آزمایشی شامل قارچ در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح) و زئولیت در چهار سطح (بدون مصرف زئولیت (Z1)، پنج تن (Z2)، ده تن (Z3) و پانزده تن (Z4) در هکتار) بودند. پس از برداشت محصول با حذف اثر حاشیه‌ای ۵۰ سانتی‌متر از هر طرف، صفات تعداد شاخه ثانویه، تعداد گل در بوته، عملکرد بیولوژیک، درصد اسانس، عملکرد اسانس، میزان فنل، فلاونوئید و میزان خاصیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد که تلقیح با قارچ و سطوح پایین زئولیت سبب افزایش تعداد شاخه ثانویه در بوته و تعداد گل در بوته گردید.

* Corresponding Author: *Email Address*. aminlotfi@asnrukh.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs. 2022.1066
http://dorl.net/dor/ 20.1001.1.17351324.1401.20.2.11.2

بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در سطح ۱۰ تن در هکتار به‌دست آمد، که با سایر سطح‌های کاربرد زئولیت از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت اما با شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که در هنگام تلقیح با قارچ با میزان کمتری زئولیت می‌توان درصد اسانس بالاتری تولید نمود. در تیمار تلقیح با قارچ *S.indica* بیشترین میزان عملکرد اسانس به‌دست آمد. همچنین، با مصرف زئولیت عملکرد اسانس افزایش یافت به‌طوریکه در تیمار عدم کاربرد زئولیت میزان عملکرد اسانس در پایین‌ترین سطح خود بود. صفت میزان فلاونوئید نیز مانند میزان فنل، در تیمار تلقیح با قارچ نسبت به عدم تلقیح مقدارهای بالاتری را دارا بود. نتایج مشخص نمود که چه‌بسا زئولیت با جذب رطوبت و مرطوب نگهداشتن محیط اطراف ریشه و تأخیر در خشکی خاک، سبب کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان گفت که اثرهای مفید کاربرد زئولیت و قارچ شبه مایکوریزا به‌عنوان یک سیستم تغذیه ارگانیک در تأمین عناصر غذایی عمده مورد نیاز گیاه دارویی بابونه و در نتیجه افزایش، درصد اسانس و عملکرد اسانس قابل توجه است. افزون بر این، مزایای سیستم‌های تغذیه جایگزین می‌تواند در مقایسه با سیستم‌های کشاورزی متداول از نظر محیطی قابل توجه باشد.

**واژه‌های کلیدی:** عملکرد اسانس، تعداد گل، شبه‌مایکوریزا، فنل، فلاونوئید.

## مقدمه

امروزه استفاده از شیوه‌های نوین مدیریت بهره‌برداری از منابع به‌منظور دست‌یابی به هدف‌های کشاورزی پایدار اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. با توجه به تأکیدی که کشاورزی پایدار بر افزایش کمیت و پایداری عملکرد دارد، گیاهان دارویی که محصول‌های کیفی می‌باشند، گزینه مناسبی برای این سیستم محسوب می‌شوند و به‌نظر می‌رسد که در شرایط کشاورزی پایدار، حداکثر رشد و عملکرد از آن‌ها حاصل گردد (Gholizadeh *et al*., 2010). گیاهان دارویی منبع بسیار عظیم و با اهمیت ترکیب‌های مختلف فیتوشیمیایی نظیر ترکیب‌های فنلی، فلاونوئیدها، ترپن‌ها، آلکالوئیدها و غیره می‌باشند (Esmaielpour and Rahmanian, 2017). گیاه بابونه (*Matricari chamomilla* L.) یکی از مهمترین گیاهان دارویی است. اسانس بابونه به‌دلیل دارا بودن ترکیب‌های مؤثری همچون کامازولن، آلفابیزابولول و آلفابیسابولول آ دارای خواص درمانی بسیاری از جمله ویژگی‌های ضدمیکروبی، ضدالتهابی، ضداسپاسم و ضدعفونی‌کنندگی بوده و در درمان ناراحتی‌های معده و روده‌ها به‌کار می‌رود (Molnar *et al*., 2017). همچنین عصاره این گیاه در آرامش سیستم اعصاب و کاهش تشنج مؤثر است و از آن برای تهیه کمپرس‌ها و درخشان کردن طبیعی موها نیز استفاده می‌شود (Salhe Abadi and Mehraban Sang Atash, 2015; Izadi *et al*., 2012).

با توجه به کم بودن کارآیی جذب کودهای شیمیایی و اثرهای منفی کاربرد کودهای شیمیایی (آلودگی‌های محیط زیستی، کاهش کیفیت محصول‌های تولیدی، هجوم علف‌های هرز رقابت‌کننده با گیاهان زراعی و شیوع آفت‌ها و بیماری‌ها) در درازمدت از یک‌سو و اهمیت اسانس بابونه در صنایع مختلف داروسازی، غذایی، آرایشی و بهداشتی، از سوی دیگر، لزوم استفاده از روش‌های کشاورزی پایدار در تولید این گیاه را ضروری می‌سازد. در سال‌های اخیر، در بین فناوری‌های مدرن، کاربرد کودهای زیستی و آلی، جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان زراعی به‌عنوان یکی از تقویت‌کننده‌های با ارزش و سازگار با محیط زیست در سیستم کشاورزی پایدار و ارگانیک اهمیت فراوانی یافته است (Abbaszadeh *et al*., 2006). قارچ اندوفیت *Serendipita indica* به سبب داشتن ویژگی‌های بسیار مشابه قارچ‌های مایکوریزا، قارچ شبه مایکوریزا نامیده می‌شود. تلقیح استویا (*Stevia rebaudiana* L.) با قارچ *S. indica* موجب افزایش عملکرد رویشی در این گیاه شد (Varma *et al*., 2012). تأثیر تلقیح قارچ *S. indica* در افزایش زیست‌توده (بیوماس) گیاهان دیگری نظیر ذرت، جعفری، توتون، ترخون و درخت سپیدار نیز گزارش شده است (Verma *et al*., 1998)، نتایج

مطالعات قبلی گویای افزایش بیوماس قسمت‌های هوایی و ریشه گیاهان تلقیح‌شده با قارچ به میزان دو برابر نسبت به گیاهان لگومینوز شامل نخود فرنگی، لوبیا، سویا و اسفناج است (Roesty *et al*., 2006). همچنین در بررسی روی گیاه رازیانه، بهبود عملکرد این گیاه در تیمار تلفیق قارچ شبه مایکوریزایی *Serendipita indica* با سیستم‌های کودی مختلف به‌دلیل افزایش وسعت ریشه و بهبود جذب عناصر غذایی توسط آن گزارش شده است (Jamshidi *et al*., 2011).

یکی از راه‌های اساسی در توسعه امر کشاورزی، بالا بردن کارایی مصرف آب و عناصر غذایی است که افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی و ارتقاء کیفیت اکولوژیک و محیط زیستی بوم نظام‌های زراعی را به‌همراه دارد. یکی از راهکارهای جدید در این زمینه، استفاده از کانی‌های طبیعی زئولیت است. زئولیت‌ها آلومینوسیلیکات‌هایی هستند که افزون بر خاصیت نگهداری رطوبت، با فراهمی مواد غذایی سبب بهبود رشد گیاهان می‌شوند و به کود هوشمند نیز معروف می‌باشند (Ahmed *et al*., 2010). مولکول‌های آب و همچنین کاتیون‌ها به‌راحتی می‌توانند در داخل شبکه باز ساختمانی زئولیت‌ها حرکت کنند بدون این‌که ساختار شبکه دچار تغییر شود. بنابراین تحرک کاتیون‌ها سبب ایجاد پدیده تبادل کاتیونی با سایر کاتیون‌های موجود در محیط می‌شود (Shaw and Andrews, 2001). از طرفی، فراوانی منابع زئولیت‌ها در ایران سبب رواج استفاده از آن‌ها در کشاورزی شده است (Khashei Siuki, 2007). ارزیابی کاربرد سطح‌های نیتروژن و زئولیت بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalu moldavica*) نشان داد که مصرف زئولیت اثر معنی‌داری بر صفات وزن تر و خشک گیاه، وزن خشک ریشه، وزن اندام هوایی، سطح برگ، تعداد برگ، تعداد گل و درصد اسانس در گیاه داشت (Gholizadeh *et al*., 2010). نتایج تحقیق Gholamhoseini *et al*. (2007) مشخص کرد که می‌توان با بکارگیری زئولیت در زراعت آفتابگردان، افزون بر این‌که از هدرروی نیتروژن موجود در خاک به شکل قابل توجهی جلوگیری نمود، سبب بهبود بیشتر صفات زراعی گیاه شد. در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی تأثیر مصرف زئولیت طبیعی روی مقاومت به خشکی و افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبی انجام شد، نتایج نشان داد که مصرف زئولیت بر وزن خشک، ارتفاع بوته، تاریخ گل‌دهی و درصد اسانس تأثیر معنی‌داری داشت (Gupta *et al*., 2002).

امروزه به‌دلیل رویکرد روزافزون به استفاده از گیاهان دارویی و نقش این گیاهان در چرخه اقتصادی، از سوی دیگر لزوم ارتقای کمّی و کیفی گیاهان دارویی و افزایش کارآیی مصرف آب در تولید این گیاهان، لزوم حفاظت از منابع طبیعی مانند منابع آبی و تولید محصول‌های دارویی سالم در یک سیستم عاری از نهاده‌های شیمیایی، ضروری به‌نظر می‌رسد. برهمین اساس و به‌دلیل نبود وجود تحقیق جامع پیرامون تأثیر سطح‌های مختلف قارچ *S. Indica* و زئولیت روی گیاه بابونه در ایران، این آزمایش با در نظر گرفتن اهمیت کاربرد کودهای زیستی و مواد جاذبه الرطوبه بر عملکرد کمی و کیفی گیاه بابونه به اجرا درآمد.

## مواد و روش‌ها

برای ارزیابی اثر کود زیستی و زئولیت بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان واقع در ۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز و در حاشیه شرقی رودخانه کارون با طول جغرافیایی۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۵ دقیقه و ارتفاع حدود ۲۲ متر از سطح دریا، در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. براساس تقسیم بندی‌های اقلیمی دومارتین این منطقه جزء منطقه‌های

خشک محسوب می‌شود. این منطقه دارای تابستان‌های گرم و خشک، پاییز و زمستان ملایم و میانگین بارندگی ۲۱۰ میلی‌متر است که این بارندگی‌ها به‌طور عمده در پاییز و زمستان رخ می‌دهد. فاکتور اول عامل قارچ (*Serendipita indica*) با دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح) و فاکتور دوم زئولیت طبیعی کلینوپتیلولیت[1] در چهار سطح (عدم مصرف زئولیت (Z1)، پنج تن (Z2)، ۱۰ تن (Z3) و ۱۵ تن (Z4)) در هکتار بود. رقم زراعی پروسو بابونه آلمانی مورد استفاده در این تحقیق از مرکز تحقیقات منابع طبیعی اصفهان تهیه گردید. قارچ از آزمایشگاه بیماری‌شناسی گیاهی گروه گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و زئولیت طبیعی کلینوپتیلولیت از شرکت افرند توسکا سمنان تهیه شد. به‌منظور اجرای آزمایش، اندازه هر کرت به ابعاد ۳×۲ متر و حاوی شش خط کاشت به فاصله‌های بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. کاشت بابونه و اعمال تیمارهای آزمایشی در ۲۸ آبان‌ماه انجام گردید. البته قبل از کاشت، برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری به‌عمل آمد و نمونه‌ها برای تجزیه به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات خاک و آب منتقل شدند (جدول ۱). ویژگی‌های شیمیایی زئولیت مورد مطالعه در جدول (۲) نشان داده شده است. صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد شاخه ثانویه، تعداد گل در بوته، وزن خشک گل، عملکرد بیولوژیک، درصد اسانس، عملکرد اسانس، میزان فنل، فلاونوئید و میزان خاصیت آنتی‌اکسیدانی بود. برداشت محصول با حذف اثر حاشیه‌ای ۵۰ سانتی‌متر از هر طرف کرت انجام شد. پنج بوته به‌منظور اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک، برگ، ساقه وگل جدا و وزن آن‌ها توسط ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۱ پس از خشک کردن، تعیین گردید. در پایان برداشت گل‌ها، نسبت به برداشت بوته‌ها اقدام گردید. بوته‌های برداشت شده از هر کرت، پس از برداشت بسته‌بندی و برچسب زده شدند، سپس با قرار گرفتن نمونه‌ها در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت و توزین، عملکرد ماده خشک تعیین گردید و سپس عملکرد بیولوژیک محاسبه شد. به‌منظور تعیین مقدار اسانس گل، بعد از برداشت گل‌ها و سایه خشک‌کردن آن‌ها، از هر کرت آزمایشی یک نمونه تصادفی تهیه کرده، به‌وسیله دستگاه کلونجر با استفاده از روش تقطیر با آب، اسانس‌گیری شد (Zeinali *et al.*, 2009). بازده اسانس (درصد) نیز پس از رطوبت‌زایی آب محاسبه شد. بعد از تعیین بازده اسانس عملکرد آن نیز به کمک حاصل‌ضرب عملکرد گل و بازده اسانس محاسبه گردید.

۱۰۰×۲۰ گرم گل خشک /مقدار اسانس = درصد اسانس

درصد اسانس × عملکرد گل خشک = عملکرد اسانس

**جدول ۱- ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی**
**Table 1. Soil properties of the experimental field**

| ویژگی‌های خاک | عمق(سانتی‌متر) Depth (cm) | |
|---|---|---|
| **Soil properties** | **30-60** | **0-30** |
| هدایت الکتریکی($dS.m^{-1}$) Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$) | 1.5 | 1 |
| اسیدیته خاک pH | 7.82 | 7.32 |
| نیتروژن کل (٪) Total nitrogen (%) | 0.026 | 0.014 |
| فسفر قابل جذب ($mg.kg^{-1}$) ava. P ($mg.kg^{-1}$) | 15.1 | 13.8 |
| پتاسیم قابل جذب ($mg.kg^{-1}$) ava. K ($mg.kg^{-1}$) | 181 | 126 |
| کربن آلی (٪) Organic carbon (%) | 0.51 | 0.37 |
| وزن مخصوص ظاهری($Mg.kg^{-1}$) Bulk density ($Mg.kg^{-1}$) | 1.34 | 1.37 |
| **بافت Texture** | | |
| رس(٪) Clay (%) | 43.5 | 45.1 |
| لای(٪) Silt (%) | 40 | 38 |
| شن(٪) Sand (%) | 16.5 | 16.9 |

جدول۲- مشخصات زئولیت
**Table 2. Zeolite properties**

| نام ماده Material | میزان (درصد) Amount (%) |
|---|---|
| اکسیدکلسیم $CaO$ | 2.3 |
| اکسیدمنیزیم $MgO$ | 0.1 |
| اکسیدسدیم $Na_2O$ | 1.1 |
| اکسیدپتاسیم $K_2O$ | 3.0 |
| اکسیدآلومینیوم $AL_2O_3$ | 12.00 |
| اکسیدسیلیس $SiO_2$ | 65.0 |
| اکسید فسفر $P_2O_5$ | 0.01 |
| اکسیدمنگنز $MnO$ | 0.04 |
| اکسیدآهن $Fe_2O_3$ | 1.5 |
| کلر $Cl$ | - |
| اکسیدگوگرد $SO_3$ | - |

## تعیین محتوای ترکیب‌های فنلی

برای تعیین محتوای فنل کل از عصاره قسمت‌های مختلف اندام هوایی و روش فولین سیوکالتیو استفاده شد. ابتدا ۱۰۰ میکرولیتر عصاره با غلظت یک میلی‌گرم بر میلی‌لیتر با ۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین مخلوط و پس از گذشت یک دقیقه، ۱/۵ میلی‌لیتر از سدیم بیکربنات ۲۰٪ به آن اضافه و سپس ورتکس شد. پس از گذشت یک دقیقه، ۱/۵ میلی‌لیتر از نمونه به‌مدت ۱۲۰ دقیقه در دمای اتاق انکوبه گردید. سپس به‌وسیله دستگاه اسپکتوفتومتر (مدلSpekol 2000) جذب نمونه در ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. منحنی استاندارد توسط محلول‌های ۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از گالیک‌اسید در متانول تهیه و محتوای فنل کل به‌صورت معادل اکی والان گالیک اسید (میلی‌گرم گالیک‌اسید / گرم وزن عصاره) بیان شد (Hayouni *et al.*, 2007).

## تعیین محتوای فلانوئید

به کمک روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلراید محتوای فلانوئید اندازه‌گیری شد (Chang *et al.*, 2002). در این روش ۰/۵ میلی‌لیتر از هر عصاره با ۱/۵ میلی‌لیتر متانول و ۰/۱ میلی‌لیتر آلومینیوم کلراید ۱۰٪ و ۱٪ میلی‌لیتر پتاسیم استات یک مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر از آب مقطر مخلوط گردیده و به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق انکوبه و سپس با دستگاه اسپکتوفتومتر (مدل Spekol 2000) در طول موج ۴۱۵ نانومتر میزان جذب نور توسط نمونه خوانده شد. از غلظت‌های مختلف کوئرستین ۱۲/۵ -۱۰۰ میکروگرم/میلی‌لیتر در متانول جهت رسم منحنی استاندارد استفاده شد و محتوای فلاونوئید به‌صورت اکی والان‌های کوئرستین/ گرم وزن عصاره خشک بیان گردید.

## تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی

برای تعیین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی از روش ارزیابی میزان مهار رادیکال آزاد (DPPH)[۲] استفاده گردید (Brand – Williams *et al.*, 1995). در این روش از استوک ساخته شدهDPPH ۳/۹ میلی‌لیتر (۰/۰۰۴ گرم DPPH در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول) داخل لوله آزمایش ریخته و سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از هر عصاره را به آن افزوده و به‌مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شد. پس از آن میزان جذب نور هر نمونه در طول موج ۵۱۷ nm خوانده شد. درصد مهار رادیکال DPPH با استفاده از معادله $I(\%)= 100\times(A0 - As)/A0$ محاسبه شد که A0 میزان جذب کنترل (حاوی همه اجزا واکنشگر بدون نمونه) و As جذب نمونه بود. سپس نتایج به‌صورت IC50 (مقداری از آنتی اکسیدان که لازم است DPPH به ۵۰ مقدار اولیه برسد) بیان گردید.

تجزیه و تحلیل داده ها با نرم‌افزار SAS 9.3 انجام و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام گرفت.

# نتایج و بحث

## تعداد شاخه‌های ثانویه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر سطح‌های زئولیت و برهم‌کنش قارچ و زئولیت بر تعداد شاخه ثانویه به‌ترتیب در سطح خطای پنج و یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین برهم‌کنش عامل‌های مورد بررسی (جدول

۴) نشان می‌دهد که با تلقیح قارچ، تعداد شاخه فرعی با میزان کمتری از زئولیت به بیشترین تعداد رسید، به‌طوریکه در تلقیح قارچ و پنج تن در هکتار زئولیت، بالاترین تعداد شاخه فرعی مشاهده شد. در تیمار عدم تلقیح جهت دست‌یابی به بیشترین تعداد شاخه ثانویه مقادیر زیادتری زئولیت لازم بود و بیشترین تعداد شاخه ثانویه در این تیمار در ۱۰ تن در هکتار زئولیت به‌دست آمد؛ ولی در بین سایر سطح‌ها زئولیت از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. این نتایج گویای آن است که در صورت عدم تلقیح قارچ مقادیر بیشتری از زئولیت لازم است تا گیاه به‌تواند تعداد بالایی شاخه فرعی تولید نماید؛ اما در هنگام تلقیح با قارچ می‌توان با پایین‌ترین سطوح زئولیت به بیشترین تعداد شاخه فرعی دست پیدا کرد. چه‌بسا دلیل بروز این نتیجه، تأثیر شبکه ریسه‌ای قارچ در خاک است که سبب جذب آب و املاح از حجم بیشتری از خاک شده و کاهش میزان مصرف زئولیت را جبران می‌کند. Farhadi *et al*. (2016) در مطالعه‌ای روی گیاه ذرت نشان دادند که کاربرد توام زئولیت و قارچ مایکوریزا موجب افزایش رشد رویشی گیاه و بهبود صفات مرفولوژیک گیاه می‌گردد.

**تعداد گل در بوته**

بنابر نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارهای زئولیت، قارچ و بر همکنش زئولیت و قارچ در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). بررسی جدول (۴) نشان می‌دهد که با تلقیح قارچ، تعداد گل در بوته در کمترین مقادیر کاربرد زئولیت به بیشترین میزان خود رسید؛ به‌طوریکه در تلقیح قارچ در سطح پنج تن زئولیت در هکتار، بیشترین میانگین گل در بوته به‌دست آمد. همچنین مشخص شد که در تلقیح قارچ بین سطوح مختلف زئولیت اختلاف معنی‌دار وجود دارد و با افزایش سطح زئولیت کمترین تعداد گل در بوته در سطح ۱۵ تن در هکتار زئولیت به‌دست آمد. اما در تیمار عدم تلقیح، بیشترین تعداد گل در سطح پنج تن در هکتار زئولیت حاصل شد (جدول ۴).

**جدول۳- تجزیه واریانس(میانگین مربعات) صفات مختلف بابونه آلمانی تحت تأثیر قارچ(*Serendipita indica*) و زئولیت**

**Tabel 3. Analysis of variance (mean squares) of different characteristics of the German chamomile affected by fungus (*Serendipita indica*) and zeolite**

| منابع تغییرات S.O. V | درجه آزادی Degree od freedom | تعداد شاخه ثانویه Number of secondary branches | تعداد گل در بوته Number of flowers per plant | عملکرد بیولوژیک Biological yield | درصد اسانس Percentage of extract | عملکرد اسانس Essential oil yield | فنل Phenol | فلاونوئید Flavonoid | آنتی‌اکسیدان Antioxidant activity |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار Replication | 2 | 0.41$^{ns}$ | 78.70$^{*}$ | 2256667.50 $^{ns}$ | 0.017 $^{ns}$ | 15.53$^{**}$ | 0.0001$^{ns}$ | 0.001 $^{ns}$ | 24.84$^{**}$ |
| قارچ Fungus | 1 | 0.03$^{ns}$ | 429.00$^{**}$ | 2518251.26 $^{ns}$ | 0.014 $^{ns}$ | 9.39$^{*}$ | 0.0753$^{*}$ | 0.150$^{**}$ | 27.50$^{*}$ |
| زئولیت Zeolit | 3 | 3.62$^{*}$ | 529.60$^{**}$ | 5809484.30$^{*}$ | 0.006 $^{ns}$ | 1.00$^{*}$ | 0.295 $^{ns}$ | 0.010 $^{ns}$ | 135.88$^{**}$ |
| قارچ×زئولیت Zeolit×Fungus | 3 | 8.37$^{**}$ | 164.97$^{**}$ | 3406276.11 $^{ns}$ | 0.027$^{*}$ | 3.39 $^{ns}$ | 0.832$^{**}$ | 0.017$^{*}$ | 61.83$^{**}$ |
| خطا Error | 14 | 1.04 | 22.69 | 1556337.18 | 0.007 | 2.09 | 0.0099 | 0.003 | 4.58 |
| ضریب تغییرات (٪) C.V. (٪) | - | 11.91 | 14.56 | 12.99 | 0.25 | 21.44 | 11.25 | 14.79 | 3.53 |

$^{*}$ و $^{**}$ به ترتیب معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد ($^{*}$P <0.05 and$^{**}$P <0.01) وns: عدم معنی‌داری

$^{*}$and $^{**}$: Significant at 5 and 1 % levels of probability, respectively ($^{*}$P <0.05 and$^{*}$P <0.01) and ns: Nonsignificant

**جدول۴- اثر برهم‌کنش قارچ (*Serendipita indica*) و زئولیت بر برخی صفات بابونه آلمانی**

**Tabel 4. Effect of interaction between fungus (*Serendipita indica*) and zeolite on some characteristics of the German chamomile**

| تیمارها Treatments | زئولیت Zeolite | تعداد شاخه ثانویه (در بوته) Number of secondary branches | تعداد گل در بوته Number of flowers per plant | میزان اسانس (%) Extract (%) | فنل (میلی گرم گالیک اسید / گرم وزن عصاره) Phenol (mg gallic acid / g extract weight) | فلاونوئید (میلی‌گرم کوئرستین/ گرم عصاره خشک) Flavonoid (Quercetin mg / gr dry extract) | آنتی‌اکسیدان Antioxidant activity |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تلقیح با قارچ Inoculation with fungus | عدم کاربرد No application | 8.85 ab | 29.66 cd | 0.44 ab | 0.889a | 0.620a | 68.264a |
| | ۵ تن در هکتار 5 tons per hectare | 10.53 a | 43.16 ab | 0.60 a | 1.00a | 0.480b | 63.973ab |
| | ۱۰ تن در هکتار 10 tons per hectare | 8.13 bc | 27.75 d | 0.69 a | 1.00a | 0.482b | 58.823bc |
| | ۱۵ تن در هکتار 15 tons per hectare | 6.86 c | 13.30 e | 0.45 ab | 0.858a | 0.399b | 55.830bc |
| عدم تلقیح با قارچ No inoculation with fungus | عدم کاربرد No application | 8.36 bc | 36.23 bc | 0.38 b | 0.693b | 0.315c | 62.899ab |
| | ۵ تن در هکتار 5 tons per hectare | 7.26 bc | 48.52 a | 0.37 b | 0.564b | 0.372bc | 62.280ab |
| | ۱۰ تن در هکتار 10 tons per hectare | 10.40 a | 26.36 d | 0.47 ab | 0.898a | 0.321c | 50.515c |
| | ۱۵ تن در هکتار 15 tons per hectare | 8.06 bc | 36.58 bc | 0.49 ab | 0.917a | 0.340c | 52.326c |

میانگین‌های داخل هر ستون و هر تیمار که دارای حروف مشابه هستند با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column and for each treatment, followed by similar letters are not significantly different at the 5% of probability level – using LSD Test

در بررسی روی گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) مشخص شد که کاربرد هم‌زمان زئولیت و مایه تلقیح میکروبی با افزایش ظرفیت نگهداری آب و افزایش جذب مواد غذایی سبب بهبود شرایط رشدی گیاه و افزایش میزان گل شد (Salehi *et al*., 2011). حال آن‌که بررسی تأثیر زئولیت سمنان بر گل آهار (*Zinnia elegans*) نشان داد که زئولیت سبب کاهش عملکرد گل آهار شد. چه‌بسا دلیل مشاهده این دو نتیجه متضاد را می‌توان در ساختمان متفاوت کانی‌های زئولیت جستجو نمود که به‌دلیل متفاوت بودن ساختمان، رفتار شیمیایی غیریکنواختی از خود نشان دادند (Hamidpour *et al*., 2013).

## عملکرد بیولوژیک

اثر زئولیت بر عملکرد بیولوژیک (وزن خشک کل) در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۳). مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک تیمارهای آزمایشی (جدول ۵) نشان داد که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک

در سطح ۱۰ تن در هکتار به‌دست آمد، که با سایر سطوح کاربرد زئولیت از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت اما با شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بود. به‌نظر می‌رسد که به‌کارگیری ترکیب‌هایی با ویژگی‌های زئولیت‌ها با جلوگیری از هدرروی عناصر غذایی و نگهداری یون‌های مغذی موجب افزایش کارایی کودهای موجود، جذب عناصر غذایی (Nus and Brauen, 1991) و حفظ رطوبت شده و در نهایت به توسعه و بهبود رشد گیاه، افزایش وزن ریشه، اندام‌های هوایی و در مجموع افزایش وزن خشک و عملکرد بیولوژیک منجر می‌شود. Gholizadeh *et al.* (2010) در مطالعه اثر مقادیر مختلف مصرف زئولیت و تنش خشکی بر رشد و تولید روغن در گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) گزارش کردند که زئولیت در شرایط تنش خشکی از طریق در اختیار قرار دادن آب بیشتر برای گیاه موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک گیاه و تولید روغن بیشتر می‌شود.

همچنین در رابطه با تأثیر زئولیت روی ویژگی‌های رشدی و عملکردی بابونه می‌توان بیان نمود که با توجه به این‌که زئولیت مورد استفاده از نوع پتاسیم‌دار بود و بخش قابل توجهی از آن را (حدود۳٪) پتاسیم تشکیل می‌داد (جدول ۲)، به‌نظر می‌رسد مصرف زئولیت در خاک افزون بر افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، جذب رطوبت و جلوگیری از آب‌شویی نیتروژن (Polat *et al.*, 2004) با تأمین بخشی از پتاسیم مورد نیاز گیاه (Nus and Brauen, 1991) موجب افزایش رشد و عملکرد بیولوژیک شد. Gholamhoseini *et al.* (2007) در بررسی خود روی گیاه کلزا نیز دریافتند که کاربرد زئولیت در زراعت این گیاه می‌تواند سبب افزایش عملکرد اقتصادی و بیولوژیک گردد.

**درصد اسانس**

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر برهم‌کنش تیمارها در سطح پنج درصد بر صفت درصد اسانس معنی‌دار گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها (جدول۴) نشان داد که بیشترین میزان درصد اسانس در زمان کاربرد قارچ بدون توجه به میزان زئولیت مصرف شده، به‌دست آمد که البته این تیمارها از این نظر با تیمارهای عدم تلقیح قارچ همراه با کاربرد ۱۰ و ۱۵ تن زئولیت اختلاف معنی‌داری نداشتند. به عبارت دیگر این نتایج نشان داد که در هنگام تلقیح با قارچ با میزان کمتری زئولیت می‌توان درصد اسانس بالاتری تولید نمود.چنانچه جدول ۵ نشان می‌دهد به‌طورکلی تیمار عدم تلقیح با قارچ دارای درصد اسانس کمتری بود؛ بررسی‌های صورت گرفته بیانگر این است که اسانس‌ها ترکیب‌های ترپنوئیدی بوده که ترکیب‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها نیاز ضروری به عناصری نظیر نیتروژن و فسفر دارند. از این رو ریزوباکتری‌های افزاینده رشد گیاه[۳] با تأثیر روی جذب نیتروژن و فسفر موجب افزایش درصد و عملکرد اسانس می‌گردند. در بررسی روی گیاه بادرشبی نیز محققان گزارش نمودند که تلقیح با قارچ می‌تواند از طریق افزایش جذب عناصری مانند فسفر و نیتروژن سبب افزایش درصد اسانس شود (Gholizadeh *et al.*, 2010).

**عملکرد اسانس**

عملکرد اسانس حاصل‌ضرب عملکرد گل در درصد اسانس می‌باشد. بنابراین، این صفت تحت تأثیر مستقیم این دو پارامتر است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر اصلی قارچ و زئولیت در سطح احتمال خطای پنج درصد بر عملکرد اسانس معنی‌دار شده است (جدول۳). در سطح تلقیح با قارچ *S.indica* بیشترین میزان عملکرد اسانس به‌دست آمد (جدول ۵). روابط مایکوریزایی به‌عنوان مهمترین دلیل جذب کارآمدتر مواد غذایی از خاک به‌دلیل نفوذ بهتر هیف‌ها، نسبت به ریشه‌های مویین، شناخته شده‌اند. در پژوهشی در مورد گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) مشخص شد که کاربرد قارچ مایکوریزا *Serendipita indica* تأثیر معنی‌داری بر اسانس، پروتئین، کلروفیل a و b، کارتنوئید، ارتفاع و طول گل آذین رازیانه داشت

(Kapoor *et al*., 2004). اثر مشابهی نیز برای قارچ *S. indica* گزارش شده است (Oelmuller *et al*., 2009). همچنین، با مصرف زئولیت عملکرد اسانس افزایش یافت به‌طوریکه در تیمار عدم کاربرد زئولیت میزان عملکرد اسانس در پایین‌ترین سطح خود بود (جدول ۵). در همین رابطه می‌توان بیان نمود که زئولیت به‌دلیل دارا بودن ظرفیت بالای تبادل کاتیونی، غلظت نیتروژن و سایر عناصر غذایی را در ناحیه اطراف ریشه افزایش داده است که در نتیجه، غلظت نیتروژن جذب شده توسط گیاه افزایش یافته و در نهایت سبب افزایش درصد اسانس و به تبع آن عملکرد اسانس گردید. Salehi *et al*. (2011) در بررسی خود روی گیاه بابونه آلمانی(*Matricaria chamomilla* L.) نشان دادند که کاربرد کودهای آلی و زئولیت با بهبود شرایط رشدی گیاه و به تبع آن بهبود میزان گل و درصد اسانس بابونه در نهایت موجب افزایش عملکرد اسانس شد.

**جدول۵ - اثر قارچ (*Serendipita indica*) و زئولیت بر برخی ویژگی‌های بابونه آلمانی**

**Tabel 5. Effect of fungus (*Serendipita indica*) and zeolite on some characteristics of the German chamomile**

| عملکرداسانس (لیتر در هکتار) Essential oil yield (L/ha) | میزان اسانس (%) Extract (%) | عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha) | تیمارها Treatments | |
|---|---|---|---|---|
| 7.37 a | 0.47 a | 9279.4 a | تلقیح با قارچ Inoculation with fungus | قارچ Fungus |
| 6.12 b | 0.42 b | 9927.2 a | عدم با تلقیح No inoculation with fungus | |
| 6.15 b | 0.46 a | 8463.6 b | عدم کاربرد No application | زئولیت Zeolite |
| 7.02 a | 0.47 a | 10204.4 a | ۵ تن در هکتار 5 tons per hectare | |
| 7.29 a | 0.49 a | 10614.0 a | ۱۰ تن در هکتار 10 tons per hectare | |
| 7.37 a | 0.48 a | 9131.2ab | ۱۵ تن در هکتار 15 tons per hectare | |

میانگین‌های داخل هر ستون و هر تیمار که دارای حروف مشابه هستند با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column and for each treatment, followed by similar letters are not significantly different at the 5% of probability level – using LSD Test

**فنل**

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به فنل نشان داد که اثر قارچ و برهم‌کنش دو عامل بر فنل به‌ترتیب در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴) نشان داد که به‌طورکلی تیمار تلقیح با قارچ نسبت به عدم تلقیح میزان فنل بیشتری تولید نمود. همچنین در تیمار تلقیح با افزایش زئولیت میزان فنل افزایش و سپس کاهش یافت. حساسیت قارچ به رطوبت‌های بالا و کاهش فعالیت در جذب فسفر شاید دلیلی بر افت فنل حاصل در سطح بالای زئولیت باشد. در عدم تلقیح، در سطح‌های بالای زئولیت بیشترین مقدار فنول حاصل شد اما بین سطح ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار زئولیت اختلاف معنی‌دار وجود نداشت و این دو تیمار توانستند از نظر این صفت عملکردی هم اندازه سطح‌های مختلف تلقیح ایجاد کنند. ترکیب‌های فنولی به‌عنوان گروهی از متابولیت‌های ثانویه، دارای ساختار شیمیایی متنوع و انتشاری گسترده در گیاهان می‌باشد(Harborne, 1988). در مطالعه‌ای که Mathur and Vyas (1996)روی برگ و ریشه گیاه *Ziziphus xylopyrus* تیمار شده با شش گونه قارچ VAM انجام دادند افزون بر افزایش معنی‌دار فنول‌ها در تمامی تیمارهای قارچی، همبستگی مثبتی میان انباشتگی فنول کل و فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز در این گونه گیاهی

مشاهده شد. آن‌ها بیان کردند که افزایش انباشتگی فنول‌ها در گیاهان تیمارشده با قارچ می‌تواند در نتیجه افزایش فعالیت آنزیمی پلی‌فنول‌اکسیداز باشد. بررسی‌های دیگر نیز نشان داد که افزایش فعالیت آنزیمی گیاه (پلی‌فنول‌اکسیداز و پراکسیداز) می‌تواند دلیل اصلی افزایش محتوای فنول کل در نمونه‌های تلقیح‌شده با قارچ باشد (Charitah and Reddy, 2002). نتایج حاصل از تحقیق حاضر مشخص کرد که چه‌بسا افزایش فنول در گل بابونه‌های مایکوریزایی نسبت به شاهد می‌تواند از یک سو دلیلی بر دخالت این ترکیب‌ها در ایجاد همزیستی و از سوی دیگر نشان‌دهنده تحریک تولید آن‌ها توسط مایکوریزا باشد. افزایش میزان فنول‌ها در گیاه بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) تلقیح شده با مایکوریزا نسبت به گیاهان شاهد (بدون تلقیح) در بررسی‌های Krishna and Bagyaraj (1984) گزارش شده است.

**فلاونوئید**

نتایج تجزیه واریانس میزان فلاونوئید نشان داد که اثر کاربرد قارچ بر فلاونوئید در سطح یک و برهم‌کنش دو عامل در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مانند صفت میزان فنل، در بین میانگین‌های میزان فلاونوئید نیز، تلقیح با قارچ نسبت به عدم تلقیح میزان‌های بالاتری را دارا بود (جدول ۴). فلاونوئیدها دسته‌ای از ترکیب‌های فنولی هستند که طیف وسیعی از مواد رنگی را در بر می‌گیرند؛ بر همین اساس وجود روندی مانند روند تغییرات میزان فنل در این صفت دور از ذهن نیست. گرچه عمل فلاونوئیدها به‌عنوان ترکیب‌های سیگنالی ضروری در تشکیل مایکوریزای VAM مورد تردید است (Becard *et al.*, 1995). با این حال ثابت شده است که فلاونوئیدهای معینی در گیاهان مایکوریزایی، جوانه‌زنی هاگ قارچ‌های اندومایکوریزایی را افزایش می‌دهند (Becard *et al.*, 1992).

**آنتی‌اکسیدان**

براساس جدول تجزیه واریانس (جدول۳) اثر اصلی و برهم‌کنش عامل‌های آزمایشی بر میزان آنتی‌اکسیدان معنی‌دار بود. بنابر نتایج جدول (۴) مقایسه میانگین‌ها هم در تیمار تلقیح و هم عدم‌تلقیح با قارچ با افزایش میزان زئولیت میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاهش پیدا کرد. می‌توان چنین بیان کرد که در هنگام بروز تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی، تولید گونه‌های فعال اکسیژن که یکی از مهمترین عامل‌های آسیب‌رسان به سیستم فتوسنتزی است به شدت افزایش می‌یابد. بر همین اساس گیاهان برای کاهش دادن اثرهای مخرب گونه‌های اکسیژن فعال از سازوکارهای متفاوتی استفاده می‌نمایند که از آن جمله آن‌ها می‌توان به سیستم دفاع آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان اشاره کرد. کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسید از مهمترین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان به‌شمار می‌آیند (Kim and Lee, 2005). کمبود دسترسی به آب در منطقه‌های گرمسیری مانند خوزستان موجب ایجاد تنش اکسیداتیو و افزایش فعالیت تمام آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌گردد؛ اما زئولیت با جذب رطوبت و مرطوب نگهداشتن محیط اطراف ریشه و تأخیر در خشکی خاک، مانعی بر افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان است. نتیج این بررسی نشان داد که افزایش سطوح کاربرد زئولیت به‌دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و کاهش کمبود آب در دسترس گیاه، کاهش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی را به‌همراه داشت. در کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) نیز کاربرد زئولیت با کاهش کمبود آب قابل دسترس و بهبود شرایط رشدی گیاه کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان را سبب شد (Naeemi *et al.*, 2012).

## نتیجه‌گیری

با توجه به تجدید نظر در استفاده از کودهای شیمیایی در تولید گیاهان داروئی جهت تولید غذای سالم و حفظ سلامت محیط زیست و همچنین افزایش کارآیی مصرف آب در تولیدهای کشاورزی با کاربرد تلفیقی ترکیب‌هایی مانند زئولیت به‌همراه قارچ شبه مایکوریزای *S. indica* در

زراعت گیاه دارویی بابونه آلمانی ضمن بهبود ویژگی‌های فیزیکی (با استفاده از زئولیت) و بیولوژیکی (با استفاده از کودهای زیستی) خاک می‌توان محصولی سالم با عملکردی مطلوب را تولید نمود و به‌دنبال آن به صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی، حفظ محیط زیست، کاهش کاربرد کودهای شیمیایی دست یافت. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان گفت که اثرهای مفید کاربرد زئولیت و قارچ شبه مایکوریزا به‌عنوان یک سیستم تغذیه ارگانیک در تأمین عناصر غذایی عمده مورد نیاز گیاه بابونه آلمانی و در نتیجه افزایش، درصد اسانس و عملکرد اسانس قابل توجه است. افزون بر این، سیستم‌های تغذیه جایگزین می‌تواند ضمن حفظ سلامتی محیط زیست و تولید محصولی سالم، گامی موفق در جایگزینی کشاورزی پایدار به‌جای کشاورزی رایج باشد.

## تشکر و قدردانی

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌جهت فراهم نمودن امکان اجرای این آزمایش تشکر می‌گردد.

## پی‌نوشت‌ها

[1] Clinoptilolite
[2] diphenyl-1-picrylhydrazyl
[3] PGPR

## منابع

Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, A., Ardakani, M.R., Lebaschi, M.H., Safikhani, F. and Naderi Hadjibagher Kandi, M., 2006. Effect of application methods of nitrogen fertilizer on essential oil content and composition of Balm (*Melissa officinalis* L.) under field condition. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 22(3), 223-230. (In Persian with English abstract).

Ahmed, O.H., Majid, N. and Muhamad, N., 2010. Use of zeolite in maize (*Zea mays* L.) cultivation on nitrogen, potassium, and phosphorus uptake and use efficiency. International Journal of the Physical Sciences. 5(15), 2393-2401.

Becard, G., Doud, D.D. and Pfeffer, P.E., 1992. Extensive in vitro hyphal growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in the presence of CO2 and flavonols. Applied and Environmental Microbiology. 58, 821- 825.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant antioxidant activity. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie. 28, 25- 30.

Becard, G., Taylor, A.P., Douds, D.D., Pfeffer, P.E. and Doner, L.W., 1995. Flavonoids are not necessary plant signal compounds in arbuscular mycorrhizal symbiosis. Molecular Plant-Microbe Interactions. 8, 252 - 258.

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

Charitah, D.M. and Reddy, M.N., 2002. Phenolic acid metabolism of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) plants inoculated with VAM fungus and *Rhizobium*. Plant Growth Regul. 37, 151 -156.

Esmaielpour, M. and Rahmanian, M., 2017. Application of allelopathic properties of medicinal plants for non-chemical control of weeds. In Proceedings 1st National Conference of the Role of Medicial Plants in Resistive Economy, In date 2017-04-27, City Fereydunshahr, Iran. p. 201.

Farhadi, D., Asghari, H., Ameriyan, M. and Abbaspour, A., 2016. Effect of zeolite and mycorrhiza on some morphological characteristics and yield of maize at different levels of soil phosphorus. Journal of Sol Biology. 4(1), 39-52.

(In Persian with English abstract).

Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Modarres Sanavy, S.A.M. and Jamshidi, E., 2007. Effect of zeolite compost application in loamy sand field on grain yield and other traits of Sunflower. Evironmental Sciences. 5(1), 23-36. (In Persian with English abstract).

Gholizadeh, A., Amin, M.S.M., Anuar, A.R., Esfahani, M. and Saberioon, M.M., 2010. The study on the effect of different levels of zeolite and water stress on growth, development and essential oil content of Moldavian Balm (*Dracocephalum moldavica* L.). American Journal of Applied Sciences. 7(1), 33-37.

Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M. and Kumar, S., 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of mentol mint (*Mentha arvensis*) under field condition. Journal of Bioresource Technology. 81, 77-79.

Hamidpour, M., Fathi, S. and Roosta, H.R., 2013. Effects of zeolite and vermicompost on growth characteristics and concentration of some nutrients in *Petunia hybrida*. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture Soilless Culture Research Center. 4(1), 95-102. (In Persian with English abstract).

Harborne, J. B., 1988. The flavonoids: Advances in Research Since 1980. Chapman and Hall, London.

Hayouni, E.A., Abedrabba, M., Bouix, M. and Hamdi, M., 2007. The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of *Tunisian Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. Fruit Extracts, Food Chemistry. 105(3), 1126-1134.

Izadi, Z., Modarres Sanavi, S.A.M., Sorooshzadeh, A., Esna-Ashari, M. and Davoodi, P., 2012. Antimicrobial activity of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) and fever few (*Tanacetum parthenium* L.). Armaghane-danesh, Yasuj University of Medical Sciences Journal (YUMSJ). 18(1), 31-43. (In Persian with English abstract).

Jamshidi, E., Ghalavand, A., Sephidkon, F. and Mohamadi Goltaph, E., 2011. Effects of different nutrition systems (organic, chemical, biological and integrated) and fungi piriformospora indica on yield and concentration of elements in shoot and grain of Fennel (*Foeniculum valgare* mill). Evironmental Sciences. 8(4), 59-72. (In Persian with English abstract).

Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G., 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in (*foeniculum vulgare* mill) on mycorrhizal inoculation supplemented with p-fertilizer. Bio Resource Technology. 9, 307-311.

Khashei Siuki, A., Kouchakzadeh, M., riahi, H. and zanganeh sirdari, Z., 2007. Investigating the effects of natural zeolite clinoptilolite on natural trend of maize growth. In Proceedings 1th Iran International Zeolite Conference, In date 2007-04-29, Tehran, Iran, p.353.

Kim, J.H. and Lee C.H., 2005. In vivo deleterious effects specific to reactive oxygen species on photosystem I and II after photo-oxidative treatments of rice (*Oryza sativa* L.) leaves. Plant Science. 168, 1115-1125.

Krishna, K.R. and Bagyaraj, D.J., 1984. Phenols in mycorrhizal roots of Arachis hypogaea. Experientia. 40(1), 85-86.

Mathur, N. and Vyas, A., 1996. Biochemical changes in Ziziphus xyloropus by VA mycorrhizae. Botanical Bulletin of Academia Sinica. 37, 209–212.

Molnar, M., Mendesevic, N., Subaric, D., Banjari, I. and Jokic, S., 2017. Comparison of various techniques for the extraction of umbelliferone and herniarin in *Matricaria chamomilla* processing fractions. Chemistry Central Journal. 11, 1-8.

Naeemi, M., Ali Akbari, Gh., Shirani Rad, A.H., Hassanloo, T. and Abbas Akbari, Gh., 2012. Effect of zeolite application and selenium spraying on water relations traits and antioxidant enzymes in medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) under water deficit stress conditions. Journal of Crops Improvement. 14(1), 67-81. (In Persian with English abstract).

Nus, J.L. and Brauen, S.E., 1991. Clinoptilolite zeolite as an amendment for establishment of creeping bentgrass on sandy media. Horticultural Science. 26(2), 117-119.

Oelmuller, R., Sherameti, I., Tripathi, S. and Varma, A., 2009. Serendipita indica a cultivable root endophyte with multiple biotechnological applications. Symbiosis. 49, 1-12.

Polat, E., Karaca, M., Demir, H. and Naci Onus, A., 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 12, 183-189.

Roesty, D., Gaur, R., Johri, B.N., Imfeld, G., Sharma, S., Kawaljeet, K. and Aragno, M., 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect therhizo bacterial community structure in rain-fed wheat fields. Soil Biology and Biochemistry. 38(5), 1111-1120.

Salehi, A., Ghalavand, A., Sefidkon, F. and Asgharzade A., 2011. he effect of zeolite, PGPR and vermicompost application on N, P, K concentration, essential oil content and yield in organic cultivation of German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 27(2), 188-201. (In Persian with English abstract).

Salhe Abadi, S. and Mehraban Sang Atash, M., 2015. Evaluation of the antioxidant activity and total phenols, flavonoids in methanolic, dichloromethane and ethyl acetate extracts of aerial parts of Rubia Florida. Journal of North Khorasan University. 7(1), 101-112. (In Persian with English abstract).

Shaw, J.W., and Andrews, R., 2001. Cation exchange capacity affects greens' truf growth. Golf Course Management. 69(3), 73-77.

Varma, A., Bakshi, M., Lou, B., Hartmann, A. and Oelmuller, R., 2012. *Serendipitaindica*: a novel plant growth-promoting mycorrhizal fungus. Review. NAAS (National Academy of Agricultural Sciences). Agricultural Research. 1(2), 117–131.

Verma, S., Varma, A., Rexer, K.H., Kost, G., Sarbhoy, A., Bisen, P., Butehorn, B. and Franken, P., 1998. Serendipita indica gen. ET sp. Nov., A new root-colonizing fungus. Mycologia. 95, 896-903.

Zeinali, H., Bagheri Kholanjani, M., Golparvar, M. R., Jafarpour, M. and Shirani Rad, A. H., 2009. Effect of different planting time and nitrogen fertilizer rates on flower yield and its components in German chamomile (*Matricaria recutita*). Iranian Journal of Agronomical Sciences. 10(3), 220-230. (In Persian with English abstract).

Environmental Sciences Vol.20 / No.2 / Summer 2022

**155-170**
**Original Article**

# Changes in growth and quantitative characteristics and some secondary metabolites of the German Chamomile (*Matricaria recutita* L.) cultivar Presov in response to *Serendipita indica* and zeolit

**Zahra Parvizizadeh,[1] Mohammad Hossein Gharineh,[1] Abdolmehdi Bakhshandeh,[1] Amin Lotfi Jalal-Abadi[1*] and Babak Pakdaman Sardrood[2]**

[1] Department of Plant Production Engineering and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran
[2] Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran

Received: 2021.05.24 Accepted: 2022.01.19

**Parvizizadeh, Z., Gharineh, M.H., Bakhshandeh, A., Lotfi Jalal-Abadi, A. and Pakdaman Sardrood, B., 2022.** Changes in growth and quantitative characteristics and some secondary metabolites of the German Chamomile (*Matricaria recutita* L.) cultivar Presov in response to *Serendipita indica* and zeolit. 20(2): 155-170.

**Introduction:** The plant chamomile *(Matricaria chamomilla* L.) has a very important role in various pharmaceutical, food, cosmetic and health industries due to its active compounds such as chamazulene, alpha-bisabolol as well as alpha-bisabolol A. In this plant, organic nutrition and improved absorption of mineral elements would play an important role in the raise of yield and essence quality. Therefore, the use of biofertilizers such as mycorrhizal-like fungi is regarded as an important issue in the reduction of chemical fertilizer application and maintain crop health and the environment in nowadays agriculture. The use of the natural mineral, zeolite, is one of the new strategies in agricultural development for increasing water and nutrient use efficacy, where it improves plant growth through its capacity for water preservation and supply of nutritional materials.

**Material and methods:** To study the effect of the application of the fungus *Serendipita indica* and the natural zeolit (Clinoptilolite) on the quantitative and qualitative yield of the German chamomile cv. Presov, a factorial experiment based on randomized complete block design with three replicates was performed in the

[*] Corresponding Author: *Email Address*. aminlotfi@asnrukh.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs. 2022.1066
http://dorl.net/dor/ 20.1001.1.17351324.1401.20.2.11.2

experimental field of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan during 2006-2007. The experimental factors included the fungus with two levels (either inoculation/ no inoculation) and zeolit with four levels of the application rates (tonnes per hectare): Z1 (0), Z2 (5), Z3 (10) and Z4 (15). After crop harvest performed omitting the marginal effect in a border-band of 50 cm width per plot surroundings, the traits of the number of secondary branches, the number of flowers per plant, biological yield, essence percentage, essence yield, the rate of phenolics, and flavonoids as well as the rate of antioxidant activity were determined.

**Results and discussion:** The inoculation with the fungus and the lower levels of zeolit led to increased number of secondary branches and of flowers per plant. The highest rate of biological yield was obtained with 10 tonnes of zeolit per hectare, which was not statistically significant difference from other levels of zeolite application but still significantly different from that in control. Higher percentage of extract could be produced with lower rates of zeolit. The highest rate of extract yield was yielded as a result of inoculation with *S. indica*. Furthermore, the application of zeolite led to increased extract yield, so that the lowest rate of extract yield resulted from the no zeolit treatment. The rate of flavonoids, as well as phenolics were higher when the fungus was inoculated than in the absence of inoculation.

**Conclusion:** Considering the results of this research, the beneficial impacts of zeolite, as well as the mycorrhiza-like fungus application are notable as an organic nutritional system in the provision of most nutrients required by the medicinal plant chamomile, and in turn the increase of its extract yield. Moreover, the advantages of the substituent nutritional system can environmentally be considerable compared to traditional agricultural systems.

**Keywords:** Essence yield, Number of flowers, Mycorrhiza-like, Phenolics, Favonoids.