

Evaluation of Growth, Yield and Essential Oil of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Under Mycorrhiza, Vermicompost and Chemical Fertilizer Treatments

Maryam Zolfaghari^{1*}, Somayeh Tolideh², Farideh Sedighi Dehkordi³,
Mohammad Mahmoodi Sourestani⁴

Received: 03 October 2020 Accepted: 18 October 2021

1-Assist. Prof., Horticulture Dept. of Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

2-Msc of Medicinal Plant, Horticulture Dept. of Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

3-Assist. Prof., Horticulture Dept. of Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

4-Assoc. Prof., Horticulture Dept. of Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

*Corresponding Author Email: M.zolfaghari@scu.ac.ir

Abstract

Background and Objective: The present study was conducted to study the effect of mycorrhiza and vermicompost biological fertilizers on the quantitative and qualitative yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.).

Materials and Methods: An experiment based on randomized complete block design (RCBD) with four treatment and four replications was conducted at experimental farm of Shahid Chamran University of Ahvaz in 2015-2016. The treatments were included mycorrhiza fungi (combination of *Glomus mosseae*, *G. intraradices*, and *G. etunicatum*), vermicompost, chemical fertilizer and control. After ripening 50% of fruits, the number of umbels per plant, number of seed per umbel, seed weight per umbel and seed yield were measured. Phosphorus content and percentage of root symbiosis with mycorrhiza fungi were measured by colorimetric and root staining methods, respectively. The essential oil of plants was extracted by water distillation method.

Result: The results of mean comparison of data showed that the highest of number of umbels per plant (31.05), seed yield (673.24 g.m⁻²), percentage of mycorrhizal symbiosis (60.25%), phosphorus content of leaf (1.63 %) and essential oil content (0.44 %) were obtained in plants inoculated with mycorrhiza. Also, highest of plant height and number of seed per umbel were observed in chemical fertilizer and mycorrhiza treatments. The control plants had the least of the above traits. Among the components identified in coriander essential oil, Linalool was the most abundant component of essential oil in all treatments.

Conclusion: Overall, according to the results, the application of mycorrhizal fungi can be effective in increasing yield, yield components and essential oil of coriander.

Keywords: Chemical Fertilizer, Coriander, Essential Oil, Mycorrhiza Fungi, Symbiosis, Vermicompost, Yield

بررسی رشد، عملکرد و اسانس گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) تحت تیمارهای میکوریزا، ورمی کمپوست و کود شیمیایی

مریم ذوالفقاری^{۱*}، سمیه تولیده، فریده صدیقی دهکردی^۲، محمد محمودی سورستانی^۴

تاریخ دریافت: ۹۹/۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۲۶

- ۱- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
 - ۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
 - ۳- استادیار بازنشسته گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
 - ۴- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
- *مسئول مکاتبه: Email: M.zolfaghari@scu.ac.ir

چکیده

اهداف: پژوهش حاضر به منظور مطالعه اثر کودهای بیولوژیک میکوریزا و ورمی کمپوست بر روی عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تیمار در ۴ تکرار در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه چمران اهواز به اجرا درآمد. تیمارها شامل قارچ میکوریزا (مخلوط سه گونه *Glomus mosseae*, *G. intraradices*, *G. etunicatum*)، ورمی کمپوست، کود شیمیایی (NPK) و شاهد بود. پس از رسیدن ۵۰ درصد میوه‌ها، صفات تعداد چتر در بوته، تعداد بذر در هر چتر، وزن بذور هر چتر و عملکرد بذر اندازه‌گیری شد. میزان فسفر و درصد همزیستی ریشه‌ها با قارچ میکوریزا به ترتیب به روش رنگ‌سنجی و رنگ‌آمیزی ریشه‌ها صورت گرفت. اسانس گیاهان نیز با استفاده از روش تقطیر با آب استخراج گردید.

یافته‌ها: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین تعداد چتر در بوته (۳۱/۰۵)، عملکرد بذر (۶۷۳/۲۴) گرم در متر مربع، درصد همزیستی میکوریزایی (۶۰/۲۵ درصد)، میزان فسفر برگ (۱/۶۳ درصد) و میزان اسانس بذر (۰/۴۴ درصد) در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا حاصل شد. همچنین، بیشترین ارتفاع بوته و تعداد بذر هر چتر در دو تیمار کود شیمیایی و قارچ میکوریزا حاصل شد. گیاهان شاهد دارای کمترین میزان از صفات فوق بودند. در بین ترکیبات شناسایی شده در اسانس گیاه گشنیز نیز لینالول فراوان‌ترین ترکیب موجود در اسانس در همه تیمارهای مورد بررسی بود.

نتیجه‌گیری: به طور کلی، با توجه به یافته‌های این پژوهش، کاربرد قارچ میکوریزا می‌تواند در افزایش عملکرد، اجزای عملکرد و میزان اسانس گیاه دارویی گشنیز مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، عملکرد، قارچ میکوریزا، کود شیمیایی، گشنیز، ورمی کمپوست، همزیستی

مقدمه

گشنیز با نام انگلیسی Coriander و نام علمی *Corianderum sativum* L. گیاهی است یکساله از خانواده چتریان به ارتفاع ۶۰ تا ۱۰۰ سانتی متر و با طول دوره رشد ۱۰۰ تا ۱۲۰ روز که در بسیاری از کشورها به عنوان گیاهی بهاره و در برخی کشورهای مدیترانه و جنوب شرقی آسیا به عنوان گیاهی زمستانه کشت می‌شود. گشنیز، گیاهی گرمادوست است و در انواع خاکها می‌روید (امیدبیگی ۲۰۰۶). مصرف گشنیز در درمان بیماری‌های عفونی مختلف توصیه و آثار ضد میکروبی و ضد قارچی آن تأیید شده است (کاپور و همکاران ۲۰۰۲). همچنین از این گیاه به عنوان هضم کننده غذا، ضدنفخ، اشتهاآور، برطرف کننده دردهای عضلانی و آرامبخش نیز استفاده می‌شود (سفیدکن ۲۰۰۱). سرشاخه‌های گیاه گشنیز به صورت تازه در سالاد و سوپ، میوه (بذر) آن در صنایع غذایی و آشپزی، اسانس میوه که دارای ۵۰٪ ترکیب لینالول می باشد در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی و روغن میوه آن در صنایع غذایی و دارویی کاربرد دارد (سفیدکن ۲۰۰۱). مهمترین ترکیبات اسانس گشنیز شامل لینالول، پینن، لیمونن، پی-سیمن، کامفور، استات ژرانیل و ژرانیل است (امیدبیگی ۲۰۰۶). امروزه استفاده از کودهای شیمیایی به عنوان سریعترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک به طور چشمگیری گسترش یافته است (شریفی عاشورآبادی ۱۹۹۸). در بسیاری موارد، کاربرد کودهای شیمیایی باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی و صدمات اکولوژیکی می‌شود که خود هزینه تولید را بالا می‌برد (قوست و بات ۱۹۹۸). کودهای شیمیایی، ترکیباتی با مقادیر بالای عناصر غذای هستند که با وجود اینکه در کوتاه مدت افزایش عملکرد را به دنبال دارند، در درازمدت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکها را تخریب می‌کنند. بسیاری از عوارض نامطلوب مصرف کودهای شیمیایی در دراز مدت به اثبات رسیده است. هر چند استفاده از کودهای شیمیایی به ظاهر سریع‌ترین و مطمئن‌ترین راه برای تأمین حاصلخیزی خاک به شمار می‌رود اما هزینه‌های زیاد مصرف این گونه کودها و آلودگی و تخریب محیط زیست و خاک که در اثر استفاده

از آنها حاصل می‌شود، بسیار نگران کننده است. به منظور افزایش میزان مواد غذایی در خاک و جایگزین نمودن کودهای شیمیایی می‌توان از کودهای آلی استفاده کرد (ملکوئی ۱۹۹۹).

کودهای زیستی به میکروارگانیسم‌هایی اطلاق می‌شود که می‌توانند به صورت‌های مختلف اعم از تلقیح، کاربرد روی سطح گیاه و یا خاک مورد استفاده قرار گرفته و از طریق افزایش دسترسی عناصر غذایی برای گیاه میزبان باعث تحریک رشد آن شوند. این کودها حاوی ریزجانداران (میکروارگانیسم‌ها) می باشد و هنگامی که روی بذر، سطح ریشه و یا در خاک استفاده شود موجب تحریک رشد ریشه یا خود گیاه می‌شود و از طریق افزایش قابلیت دسترسی مواد معدنی، سبب افزایش رشد گیاه می‌گردد (وسی ۲۰۰۳). استفاده از پتانسیل زیستی خاک یا جامعه میکروبی مفید خاک اعم از باکتریها و قارچها به عنوان یک راهکار امیدبخش در کشاورزی پایدار مطرح است. کشاورزی پایدار شامل مدیریت موفق منابع کشاورزی در جهت تأمین نیازهای بشر می باشد در حالیکه کیفیت محیط حفظ شده یا ارتقا پیدا می کند و منابع طبیعی حفظ می شوند. این رویکرد بایستی از نظر بیولوژیکی امکانپذیر، از نظر اکولوژیکی پایدار، از نظر اقتصادی بادوام و از نظر اجتماعی قابل پذیرش باشد (ساریخانی و امینی ۲۰۲۰).

قارچ‌های میکوریزا به عنوان یکی از مهمترین ریزجانداران خاک با برقراری همزیستی با طیف وسیعی از گیاهان به دو شکل اکتومیکوریزا و آندومیکوریزا سبب بهبود جذب آب و مواد غذایی توسط گیاهان میزبان خود می‌شوند (اسمیت و رد ۲۰۰۸). میکوریزا ارتباط همزیستی بین ریشه گیاه و قارچ است که هر دو در این رابطه سود می‌برند (سفر ۱۹۸۷). ریشه این قارچها به درون بافت میزبان نفوذ می‌کند و در ناحیه کورتکس ریشه (بافت پارانشیم و کلانشیم ریشه) گیاه میزبان منتشر می‌شود. این قارچها مواد مورد نیاز خود را به وسیله ریشه‌های درون و برون سلولی و نیز با فرستادن اندام مکنده خود به درون سلول میزبان به دست می‌آورند و در مقابل با شبکه میسلیومی گسترده خود در خاک، جذب عناصری نظیر فسفر، نیتروژن و انواع

کاتیون‌ها را بهبود می‌بخشند و نیز در مناطقی که گیاه دچار کمبود آب است، جذب آب را نیز افزایش می‌دهند (آلن ۱۹۸۲). ساختارهای میکوریزا، منتج به همزیستی بین این قارچ و ریشه گیاهان می‌شود و به طور مستقیم در تغذیه معدنی درگیرند. این همزیستی بین ریشه-قارچ موجب افزایش جذب مواد مغذی کمتر فعال می‌گردد. این قارچ‌ها در اطراف خاک ریشه منشعب شده و آب و مواد غذایی را از خاک به گیاه منتقل می‌کنند و خود، از ترکیبات کربن فراهم شده توسط گیاه میزبان بهره می‌گیرند (اورتاس ۲۰۱۰).

ورمی کمپوست یک کود بیوارگانیک و مخلوط بیولوژیکی بسیار فعالی از باکتری‌ها، آنزیم‌ها، بقایای گیاهی، کود حیوانی و کپسول‌های کرم خاکی است که سبب ادامه عمل تجزیه مواد آلی خاک و پیشرفت فعالیت‌های میکروبی در بستر کشت گیاه می‌گردد (برمنس ۱۹۹۹). استفاده از ورمی کمپوست در کشاورزی پایدار، علاوه بر افزایش حمایت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاه زراعی می‌شود (آرانکن و همکاران ۲۰۰۴). ارزشمندترین ویژگی ورمی کمپوست در عملکرد آنزیم‌ها، میکروارگانیسم‌ها و هورمون‌های مختلف موجود در آن است. ورمی کمپوست دارای آنزیم‌هایی نظیر پروتئاز، آمیلاز، لیپاز، سلولاز و کتیناز است که در تجزیه مواد آلی خاک و در نتیجه در دسترس قرار دادن مواد مغذی مورد نیاز گیاهان نقش مؤثری دارد (سجادی نیک و همکاران ۲۰۱۱).

با توجه به تأکیدی که کشاورزی پایدار بر افزایش کیفیت و پایداری عملکرد دارد، گیاهان دارویی که محصولاتی کیفی می‌باشند گزینه مناسبی برای این سیستم محسوب می‌شوند و به نظر می‌رسد در چنین شرایطی، حداکثر رشد و عملکرد در این گیاهان حاصل شود (گوپتا ۲۰۰۲). مروری بر تحقیقات انجام شده توسط محققین نیز گویای سودمندی بکارگیری نهاده‌های زیستی در بهبود عملکرد گیاهان دارویی است. نصیری دهرسخی و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه خود بر روی

تاثیر ورمی کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه زیره سبز، افزایش ارتفاع گیاه، وزن هزاردانه و تعداد دانه در چتر را گزارش نمودند. در پژوهشی دیگر که به منظور ارزیابی کاربرد ورمی کمپوست بر گیاه دارویی زنیان صورت گرفت نتایج نشان داد کاربرد این نوع کود سبب افزایش تعداد چتر در بوته گردید (خالصرو و ملکیان ۲۰۱۷). یافته‌های طالشی و اصولی (۲۰۱۷) نشان داد کاربرد ورمی کمپوست در ترکیب با کودهای زیستی باکتریایی، میزان عملکرد دانه و عملکرد اسانس را در گیاه رازیانه به طور مؤثری بهبود بخشید و سبب افزایش کارایی تولید در این گیاه شد. درزی و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی تاثیر ورمی کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی رازیانه پرداختند و بیان داشتند کاربرد ورمی کمپوست تاثیر مثبتی بر ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه داشت. همچنین نتایج مطالعه درزی و همکاران (۲۰۱۱) در گیاه آنیسون نیز نشان دهنده افزایش میزان و کیفیت اسانس به دنبال کاربرد ورمی کمپوست بود. مطالعات صورت گرفته توسط محققین مختلف، تاثیر مثبت کاربرد قارچ میکوریزا بر عملکرد و کیفیت گیاهان دارویی را آشکار می‌سازند. به طور مثال، زمانی و همکاران (۲۰۱۹) اظهار داشتند کاربرد قارچ میکوریزا در گیاه رازیانه، منجر به افزایش عملکرد دانه، درصد کلنیزاسیون، میزان عناصر غذایی در دسترس گیاه و درصد و عملکرد اسانس گردید. در گیاه دارویی آنیسون نیز نتایج نشان داد کاربرد میکوریزا در شرایط تنش شوری سبب بهبود صفات کمی و کیفی این گیاه در شرایط تنشی گردید (معصومی زواریان و همکاران ۲۰۱۵). کاپور و همکاران (۲۰۰۴) نیز بیان داشتند همزیستی ریشه گیاه رازیانه با دو گونه از قارچ‌های میکوریزا به طور معنی‌داری موجب بهبود میزان و کیفیت اسانس شد به نحوی که میزان ماده ارزشمند آنتول در مقایسه با شاهد افزایش یافت. با توجه به مطالب ذکر شده، هدف از پژوهش حاضر، بررسی مقایسه تاثیر کاربرد میکوریزا، ورمی کمپوست و کود شیمیایی بر رشد، عملکرد و اسانس گیاه دارویی گشنیز در شرایط آب و هوایی شهرستان اهواز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز در طی سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد (مشخصات خاک مزرعه در جدول ۱ ذکر شده است). پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تیمار در ۴ تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل قارچ میکوریزا (مخلوط سه گونه *Glomus mosseae*, *G.intraradices*, *G.etunicatum*) به میزان ۲۰۰-۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، کود شیمیایی به صورت اوره به مقدار ۷۰-۶۰ کیلوگرم در هکتار، اکسید فسفر ۱۰۰-۸۰ کیلوگرم در هکتار، اکسید پتاس ۵۰-۴۰ کیلوگرم در هکتار، ورمی‌کمپوست به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و

تیمار شاهد بودند. مایه تلقیح میکوریزایی که به صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه گیاهان میزبان همراه با بستر کشت گیاه میزبان که اسپور و هیف میکوریزا در آن وجود دارد) بود از مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه گردید. تمامی تیمارهای کودی از جمله کود شیمیایی، ورمی‌کمپوست و قارچ میکوریزا در زمان آماده سازی زمین و قبل از کشت با خاک مخلوط گردید. در این آزمایش، صفات کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز شامل ارتفاع گیاه، تعداد چتر در بوته، تعداد بذر در هر چتر، عملکرد بذر در متر مربع، میزان فسفر، درصد همزیستی و میزان اسانس مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی متر)

بافت خاک	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	مواد آلی	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل جذب (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب (mg.kg ⁻¹)
لومی شنی	۷/۱۱	۳	۰/۵	۰/۰۳	۱۶/۶	۲۶۷

بذر گشنیز مورد استفاده در این تحقیق، از شرکت پاکان بذر اصفهان فراهم گردید. بذرها در کرت‌هایی به ابعاد ۲×۲ متر مربع به صورت ردیفی با فاصله ۳۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ۱۰ سانتی‌متر بین بوته‌ها بر روی ردیف کاشته شدند. عملیات داشت شامل آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت انجام شد. آبیاری‌های بعدی با فاصله تقریبی هر یک هفته انجام شد. در طول فصل رشد مبارزه با علف‌های هرز به طور مکانیکی دستی انجام شد. پس از رشد گیاهان و زمانی که حداقل ۵۰ درصد میوه‌ها رسیدند، تعداد چتر در بوته، تعداد بذر در هر چتر و وزن بذور هر چتر اندازه‌گیری شد. بدین منظور، تعداد چتر ۱۰ بوته از هر واحد آزمایشی به طور تصادفی انتخاب و تعداد چتر در بوته، تعداد بذر در هر چتر و وزن بذور هر چتر آنها اندازه‌گیری گردید. تعیین مقدار فسفر با استفاده از روش رنگ سنجی (رنگ زرد مولیبدات-وانادات) و به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد (بینگهام و بارتلز

۱۹۹۶) و اندازه‌گیری درصد همزیستی ریشه گشنیز با قارچ میکوریزا از روش رنگ‌آمیزی ریشه‌ها استفاده گردید (فلیس و هایمن ۱۹۷۰). جهت تعیین میزان اسانس بذر، از هر کرت آزمایشی یک نمونه ۵۰ گرمی تهیه و پس از آسیاب، اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب به وسیله دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت انجام شد. درصد اسانس نیز پس از رطوبت زدایی توسط سولفات سدیم محاسبه گردید. آنالیز نمونه‌های اسانس و اندازه‌گیری دقیق ترکیبات موجود در آن با استفاده از دستگاه‌های کروماتوگراف گازی (GC) و کروماتوگراف گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) صورت گرفت. جهت اندازه‌گیری عملکرد بذر، گیاهان هر کرت در ابعاد یک متر مربع برداشت و میزان عملکرد، پس از جداسازی بذور از بوته‌ها و توزین آنها محاسبه شد.

² Gas Chromatography- Mass Spectrometry¹ Gas Chromatography

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد بین تیمارهای مورد بررسی از نظر صفت ارتفاع گیاه تفاوت معنی دار در سطح ۱ درصد وجود دارد (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین این صفت، بیشترین میزان ارتفاع گیاه مربوط به تیمارهای میکوریزا و شیمیایی به ترتیب با میانگین ۹۹/۰۸ و ۹۵/۷۰ سانتی‌متر بود و کمترین ارتفاع بوته در تیمار شاهد با میانگین ۷۱/۷۸ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۲). ارتفاع بوته مانند هر اندام رویشی یا زایشی دیگری به شدت تحت تاثیر میزان عناصر غذایی و آب قرار می‌گیرد (ارکوسا و همکاران ۲۰۰۲) بنابراین دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، در افزایش ارتفاع بوته بسیار مؤثر است. با توجه به یافته‌های این

تحقیق چنین به نظر می‌رسد که نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی از طریق تأثیرگذاری بر تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها توانسته موجب افزایش ارتفاع بوته گردد. نتایج نشان دهنده آن است که همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گشنیز از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید فرآورده فتوسنتزی بیشتر و بهبود صفات رشدی نظیر ارتفاع گیاه گردیده است. همچنین قارچ میکوریزا از طریق همزیستی با ریشه گیاه سبب اشغال حجم بیشتری از خاک توسط ریشه همراه با هیف‌های میکوریزا گردیده است و باعث ایجاد یک سیستم ریشه‌ای نازک‌تر شده که توانسته است به منافذ باریک خاک نفوذ کند و با افزایش سطح جذب ریشه و به دنبال آن افزایش جذب آب و عناصر غذایی منجر به افزایش ارتفاع گردد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی در تیمارهای مختلف گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)

میانگین مربعات									
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع کل	تعداد چتر در بوته	تعداد بذر در هر چتر	وزن بذور هر چتر	عملکرد بذر در متر مربع	فسفر	درصد همزیستی	درصد اسانس
بلوک	۳	۲۰/۶۴ ^{ns}	۱/۳۵ ^{ns}	۰/۲۵ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۲۱/۹۸ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۱۰۸/۶۰ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
تیمار	۳	۴۱۲/۶۱ ^{**}	۱۶۹/۴۷ ^{**}	۸/۲۱ ^{**}	۰/۰۳۹ ^{**}	۲۰۹۲۳۵/۱ ^{**}	۰/۱۷۰ ^{**}	۱۴۳۰/۵۹ ^{**}	۰/۶۷ ^{**}
خطای آزمایش	۹	۱۵/۱۹	۲/۶۰	۰/۲۷	۰/۰۰۳	۱۳/۰۲	۰/۰۰۳	۱۰/۴۲	۰/۰۲
ضریب تغییرات (%)		۴/۶۲	۶/۹۴	۸/۲۳	۸/۳۰	۱۳/۲۲	۱۳/۴۱	۶/۸۸	۱/۹۶

^{ns}، * و ** به ترتیب نشان دهنده تفاوت غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

تعداد چتر در بوته

نتایج مقایسه میانگین نشان داد تیمار میکوریزا با میانگین ۳۱/۰۵ عدد دارای بیشترین تعداد چتر در بوته بود. کمترین تعداد چتر در بوته نیز در تیمار شاهد با تعداد ۱۶/۷۰ به دست آمد. با توجه به این نتایج می‌توان چنین استنباط کرد که همزیستی میکوریزایی از طریق تغذیه مناسب و افزایش بیوماس گیاه گشنیز موجبات تسریع در گلدهی و بهبود تعداد چتر در بوته را فراهم آورده است. میکوریزا با مهیا نمودن عناصر غذایی در مقادیر مورد نیاز گیاه سبب بهبود فتوسنتز، تولید آسیمیلات و ماده خشک بیشتر در اندام‌های گیاه گردیده

که این امر، بهبود رشد زایشی و تولید تعداد چتر بیشتری در هر بوته را به دنبال داشته است. همچنین افزایش جذب عناصر پرمصرف و مهمی نظیر نیتروژن و پتاسیم توسط گیاه با کاربرد میکوریزا، سبب افزایش تولید مولکول‌های ATP و NADPH نیز شده است که این مساله به افزایش تقسیم و بزرگ شدن سلولی در فرآیند تولید چتر در بوته نیز کمک کرده است. بستامی و مجیدیان (۲۰۱۶) نیز در مطالعه خود بر روی گیاه گشنیز، به تاثیر مثبت میکوریزا در افزایش تعداد چترک در هر بوته اشاره نمودند.

تعداد بذر در هر چتر

بستگی دارد. عنصر فسفر، عنصری مهم در فرآیند گلدھی به حساب می‌آید. (سیدی و همکاران ۲۰۱۷) و به نظر می‌رسد به دلیل بالا بودن میزان فسفر برگ در تیمار میکوریزا، این کود از طریق تامین تدریجی و مداوم عناصر غذایی ضروری از جمله فسفر توانسته است با افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهان سبب افزایش تعداد بذر در بوته گردد.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد دو تیمار میکوریزا و شیمیایی به ترتیب با ۵۶/۹۶۵ و ۵۱/۱ عدد دارای بیشترین تعداد بذر در هر چتر بودند. کمترین تعداد بذر در هر چتر متعلق به تیمار شاهد با ۲۱/۷۵ عدد بود (جدول ۳). به طور کلی، تعداد بذر در چتر، تابعی از تراکم بوته و تعداد چتر در بوته است و به شرایط محیطی زمان گرده‌افشانی نیز

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی در تیمارهای مختلف گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum*)

تیمارها	ارتفاع کل (cm)	تعداد چتر در بوته	تعداد بذر در هر چتر	عملکرد بذر (g.m ⁻²)	فسفر برگ (%)	درصد همزیستی	میزان اسانس (%)
قارچ میکوریزا	۹۹/۰۸ ^a	۳۱/۰۵ ^a	۵۶/۵۶ ^a	۶۷۳/۲۴ ^a	۱/۶۳ ^a	۶۰/۲۵ ^a	۰/۴۴ ^a
ورمی کمپوست	۷۹/۷۳ ^b	۱۹/۲۸ ^c	۳۲/۶۶ ^b	۲۹۰/۷۶ ^c	۰/۸۳ ^c	-	۰/۳۵ ^a
کود شیمیایی	۹۵/۷۰ ^a	۲۶/۰۰ ^b	۵۷/۱۰ ^a	۵۷۱/۶۵ ^b	۱/۳۵ ^b	-	۰/۴۲ ^a
شاهد	۷۱/۷۸ ^b	۱۶/۷۰ ^c	۲۱/۷۵ ^c	۱۸۸/۵۲ ^d	۰/۴۵ ^d	۳۳/۵۰ ^b	۰/۲۴ ^b

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف یکسان باشند در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

عملکرد بذر

درحالی که در گیاهان شاهد درصد آغشتگی ۳۳/۵۰ بود. میکوریزا با ریشه گیاهان به صورت همزیست زندگی کرده و به سلول‌های کورتکس راه یافته و در عین حال با گسترش ریشه خود به درون خاک، جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهند (شیرانی راد ۲۰۰۰). هیف‌های توسعه یافته قارچ‌های میکوریزا قادر به رشد در منافذ از خاک بوده که ریشه‌های مویین تارهای کشنده قادر به نفوذ در آنها نیستند، در نتیجه دسترسی گیاه به عناصر غیر متحرک مانند فسفر افزایش می‌یابد (گران و همکاران، ۲۰۰۲) بنابراین شبکه هیف‌های میکوریزا قادرند راحت‌تر از ریشه گیاهان در خاک‌های متراکم نفوذ و باعث افزایش سیستم ریشه گیاهان می‌گردند (میرانصاری مهابادی ۲۰۰۶). این نتایج، تأیید کننده اثر مثبت میکوریزا بر بهبود صفات مورد بررسی در این پژوهش است. در مطالعات بسیار اندکی به اندازه‌گیری درصد همزیستی میکوریزا و ریشه در گیاهان دارویی پرداخته شده است و تنها در گیاه دارویی اسطوخدوس محققین، درصد همزیستی قارچ گلوموس اینترادیسز و گلوموس موسه را ارزیابی و افزایش درصد همزیستی این قارچ‌ها و ریشه گیاه اسطوخدوس را گزارش نمودند (مارولاندا و همکاران ۲۰۰۷).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، دو تیمار میکوریزا و کود شیمیایی به ترتیب با میانگین ۶۷۳/۲۴ و ۵۷۱/۶۵ گرم در متر مربع دارای بیشترین عملکرد دانه بودند و تیمار شاهد نیز با ۱۸۸/۵۲ گرم در متر مربع کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۳). دلافزایش میزان عملکرد بذر در پاسخ به کاربرد میکوریزا می‌تواند این مساله باشد که کاربرد کود میکوریزا به دلیل افزایش سرعت و مدت فتوسنتز باعث افزایش راندمان انتقال مواد فتوسنتزی به مخزن گردیده است و این اتفاق، منجر به افزایش عملکرد بذر در این گیاه دارویی شده است. زمانی و همکاران (۲۰۱۹) نیز افزایش میزان عملکرد بذر گیاه رازیانه را به دنبال اعمال میکوریزا گزارش نمودند که با نتایج این تحقیق، مطابقت دارد. همچنین چگنی و همکاران (۲۰۱۸) در کشت گیاه دارویی شوید افزایش وزن هزار دانه بذر و عملکرد را در پی تیمار گیاه با قارچ میکوریزا گزارش کردند.

درصد همزیستی

مقایسه میانگین نشان داد کاربرد قارچ میکوریزا سبب ۶۰/۲۵۳ درصد آغشتگی ریشه در گیاه گشنیز شد

فسفر برگ

نتایج مقایسه میانگین نشان داد تیمار میکوریزا با ۱/۶۳ درصد بیشترین میزان فسفر برگ را به خود اختصاص داد و کمترین میزان فسفر متعلق به تیمار شاهد با ۰/۴۵ درصد بود (جدول ۳). با توجه به مطالب ذکر شده می توان چنین استنباط کرد که پس از رویش اسپورهای قارچی و گسترش آنها در ریزوسفر، بخشی از ریشه ها وارد سیستم ریشه گیاه شده و سبب کاهش غلظت آبسبزیک اسید گشته و میزان سیتوکنین را افزایش داده اند. این عمل سبب گسترش سیستم ریشه ای و افزایش جذب آب گردیده است. ریشه های برون ریشه ای نیز با ترشح اسیدهای آلی حل کننده فسفات های نامحلول نظیر اسیدمالیک، جذب فسفر توسط گیاه را افزایش داده اند (خلوتی و همکاران ۲۰۰۵). نتایج علی آبادی فراهانی و همکاران (۲۰۱۰) نیز حاکی از آن بود که کاربرد میکوریزا سبب افزایش میزان فسفر در اندام هوایی در گیاه دارویی گشنیز گردید که دلیل آن، ساز و کار عمل قارچ میکوریزا در جذب فسفر بوده است.

میزان و اجزای اسانس

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد تیمارهای مورد بررسی از نظر درصد اسانس تفاوت معنی داری با یکدیگر در سطح آماری ۱ درصد داشتند (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده ها، ۳ تیمار میکوریزا،

کود شیمیایی و ورمی کمپوست تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند اما تفاوت آنها با شاهد از لحاظ آماری معنی دار بود. میزان اسانس در تیمارهای مذکور به ترتیب ۰/۴۴، ۰/۴۲ و ۰/۳۵ درصد بود و کمترین میزان اسانس متعلق به تیمار شاهد با ۰/۲۴ درصد بود (جدول ۳). گوپتا و همکاران (۲۰۰۲) نیز خاطر نشان کردند از آنجایی که اسانس ها ترکیبات ترپنوئیدی هستند و واحدهای سازنده آنها ایزوپرنوئیدها مانند ایزوپنتنیل پیروفسفات (IPP) و دی متیل آلایل پیروفسفات (DMAPP)، نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیبات ضروری می باشد، از این رو همزیستی میکوریزایی، ورمی کمپوست و کود شیمیایی از طریق جذب کارآمد فسفر و تا حدودی نیتروژن توسط ریشه موجب افزایش اسانس گیاه دارویی گشنیز شده است. در ارتباط با ترکیبات اسانس، با توجه به نتایج آنالیز اجزای گیاه گشنیز، ۹ ترکیب به عنوان ترکیبات غالب موجود در اسانس این گیاه شناسایی گردیدند که در جدول ۴ ذکر گردیده است. ترکیب غالب موجود در اسانس این گیاه در این تحقیق، لینالول بود که در میزان آن در تیمارهای کود شیمیایی، میکوریزا، ورمی کمپوست و شاهد به ترتیب ۷۳/۶۲، ۷۶/۲۳، ۷۲/۹۱ و ۷۱/۷۰ بود. پس از لینالول، آلفا-پینن و آلفا-ترپینن بیشترین میزان ترکیبات اسانس بودند.

جدول ۴- درصد ترکیبات اسانس گیاه گشنیز در تیمارهای مختلف

اجزای اسانس	زمان بازداری	کود شیمیایی	میکوریزا	ورمی کمپوست	شاهد
آلفا- پینن	۷/۹۵	۵/۱۴	۶/۰۳	۵/۰۴	۶/۱۱
بتا- پینن	۷/۷۳	۰/۳۰	۰/۶۹	۰/۶۳	۰/۷۶
بتا- میرسن	۸/۲۰	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۲۸
پی- سیمن	۹/۰۸	۲/۲۴	۱/۵۲	۱/۵۶	۱/۸۵
لیمونن	۹/۲۰	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۲
آلفا- ترپینن	۱۰/۰۷	۴/۸۳	۴/۴۳	۳/۸۶	۵/۰۵
لینالول	۱۱/۳۲	۷۳/۶۲	۷۶/۲۳	۷۲/۹۱	۷۱/۷۰
ژرانیول	۱۵/۶۷	۲/۱۲	۱/۰۲	۳/۳۱	۱/۸۴
ژرانیل استات	۱۸/۸۳	۲/۳۵	۲/۲۴	۱/۹۳	۲/۵۲

نتیجه گیری

با توجه به نتایج این پژوهش چنین به نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی مناسب می‌تواند در افزایش رشد و عملکرد و خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه دارویی گشنیز مؤثر باشد. با توجه به این نکته که کاربردهای شیمیایی سبب آلودگی‌های محیطی و صدمات اکولوژیکی می‌شود، یک کود زیستی مناسب، بدون کوچکترین صدمات و مخاطرات محیطی و با حفظ پایداری و سلامت سیستم کشاورزی می‌تواند نیازهای غذایی گیاه را تا حدود زیادی برطرف ساخته و باعث بهبود شاخص‌های عملکردی گیاه شود و افزایش تولید را در پی داشته باشد که سبب قابل توصیه شدن کاربرد این کودها می‌گردد. نتایج حاصل از این آزمایش حاکی از آن است که قارچ میکوریزا اثر مثبتی بر عملکرد دانه، عملکرد اسانس و اجزای عملکرد گیاه گشنیز داشت که این اثر مثبت را می‌توان به تأثیر بهبود پذیری وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک توسط قارچ و فراهمی بهتر عناصر غذایی

برای گیاه نسبت داد. پس می‌توان گفت مصرف قارچ میکوریزا باعث افزایش رشد و عملکرد بیولوژیک و نیز بهبود میزان اسانس می‌شود. این تیمار در اکثر موارد قابل رقابت با تیمار کود شیمیایی می‌باشد و در برخی شاخص‌ها مقادیر بیشتری را نسبت به مصرف کود شیمیایی نشان داده است که بیانگر کارایی قارچ‌های میکوریزا و لزوم توجه بیشتر به آنها در سیستم‌های کشاورزی می‌باشد. با توجه به اینکه آنچه در تولید گیاهان دارویی مدنظر است، افزایش زیست توده و تولید مواد مؤثره به صورت عاری از باقیمانده سموم و کود شیمیایی است، به نظر می‌رسد با استفاده از این کودها بتوان در جهت تولید سالم و پایدار گیاهان دارویی گام برداشت.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از دانشگاه شهید چمران اهواز به جهت حمایت‌های مالی از این طرح قدردانی می‌کنند.

منابع مورد استفاده

- Aliabadi Farahani H and Valadabadi SAR. 2010. The role of arbuscular mycorrhizal fungi on the medicinal plant coriander (*Coriandrum sativum* L.) under drought stress conditions. Iranian Journal of Soil Research, 24(1):69-80. (In Persian).
- Allen M, Moore JTS and Christensen M. 1982. Phytohormone changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae: II. Altered levels of gibberellin like substances and abscisic acid in the host plant. Canadian Journal of Botany, 60: 468-471.
- Arancon N, Edwards CA, Bierman P, Welch C and Metzger JD. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: Effects on growth and yields. Bioresource Technology, 93: 145-153.
- Bastami A and Majidian M. 2016. M. Comparison between mycorrhizal fungi, phosphate biofertilizer and manure application on growth parameters and dry weight of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) medicinal plant. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture Soilless Culture Research Center, 7 (2):23-33. (In Persian).
- Bingham FT and Bartels JM. 1996. Methods of soil analysis. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Bremness L. 1999. Herbs (Eyewitness Handbook). Dorling Kindersley, London.
- Cheghini Z, Zolfaghari M, Sedighi F, Mahmoodi Sourestani M. 2018. The Effect of Mycorrhizal Fungi and PGPRs Comparing with Chemical Fertilizer on Growth, Yield and Essential Oil Content of *Anethum graveolens*. Journal of Agriculture Science and Sustainable Production. 28 (4): 93-104. (In Persian).
- Darzi MT, Ghalavand A and Rejali, F. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Crop Science, 10 (1): 88-109. (In Persian).

- Darzi MT, Hadjseyed H and Rejali F. 2011. Effects of vermicompost and phosphate biofertilizer application on yield and yield components in Anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26 (4): 452-465. (In Persian).
- Erkossa T, Stahr K and Tabor G. 2002. Integration of organic and inorganic fertilizers: effect on vegetable productivity. Ethiopian Agricultural research Organization, Debre Zeit Agricultural Research Centre, Ethiopia, 82: 247-256.
- Ghost BC and Bhat R. 1998. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. International Environmental Pollution, 102 (1): 123– 126.
- Grant CA, Peterson GA and Capbell CA. 2002. Nutrient consideration for diversified cropping systems in the northern great plains. Agronomy Journal, 94:186-198.
- Gupta ML, 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 menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology. 81: 77-79.
- Kapoor R, Giri B and Mukerji KG. 2002. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L) to enhance the concentration and quality of essential oil. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82(4), 339-342.
- Kapoor R, Giri B and Mukerji KG. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology, 93: 307-311.
- Khalesro S and Malekian M. 2017. Effects of vermicompost and humic acid on morphological traits, yield, essential oil content and component in organic farming of Ajwan (*Trachyspermum ammi* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 32(6): 968-980. (In Persian).
- Khalvati MA, Hu Y, Mozafar A and Schmidhalter U. 2005. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress. Plant Biology Stuttgart, 7: 706-712.
- Malakoti MJ. 1999. Sustainable agriculture and increasing yield by optimizing fertilizer consumption in Iran. Agricultural Education Publication, Tehran. (In Persian).
- Marulanda A, Porcel R, Barea JM and Azcon R. 2007. Drought tolerance and antioxidant in Lavender plants colonized by activities native drought-tolerant or drought sensitive *Glomus* species. Microbiology Ecology, 54: 543-552.
- Masoomi Zavarian A, Yousefirad M and Asghari M. 2015. Effects of mycorrhizal fungi on quantitative and qualitative characteristics of Anise plant (*Pimpinella anisum*) under salt stress. Journal of Medicinal Plants, 4 (56):139-148. (In Persian)
- Miransari Mahabadi MR, Bahrami H, Rejali F and Malakoti MJ. 2006. Evaluating the effects of arbuscular mycorrhizae on nutrient uptake and corn yield in a compacted soil. Soil Science Society of Iran, 20 (1): 106-121. (In Persian)
- Nasiri Dehsorkhi A, Makarian H, Varnaseri Ghandali V and Salari N. 2018. Investigation of effect of humic acid and vermicompost application on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Applied Field Crops Research, 31 (1): 93-116. (In Persian).
- Omidbaigi R. 2006. Production and processing of medicinal plants. Astan Ghuds Razavi Publication, Mashhad. (In Persian).
- Ortas, I. 2010. Effect of mycorrhiza application on plant growth and nutrient uptake in cucumber production under field conditions. Spanish journal of agricultural research, 8: S116-S122.
- Philips J M and Hayman DS. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transaction of British Mycological Society, 55:158-161.
- Safir GR.1987. Ecophysiology of va mycorrhizal plants. CRC Press, Florida.

- Sajjadi Nik R, Yadvi A and Faraji H. 2011. Effect of chemical (Urea), organic (Vermicompost) and biological (Nitroxin) fertilizers on quantity and quality yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of Agriculture Science and Sustainable Production, 21 (2): 87-101. (In Persian).
- Sarikhani M. R., Amini R. 2020. Biofertilizer in Sustainable Agriculture: Review on the Researches of Biofertilizers in Iran. Agricultural Science and Sustainable Production. 30(1). 329-365.
- Saydi Z, Fateh E and Aynehband A. 2017. Effect of different sources of nitrogen and organic fertilizers on yield and yield components of Ajowan (*Trachyspermum ammi* L.). Journal of Agroecology, 9(1): 115-128. (In Persian).
- Sefidkon F. 2001. Essential oil of aerial parts and fruits of *Coriandrum Sativum*. Iranian Journal of Medicinal Plants, 7 (1): 71-87. (In Persian).
- Sharifi Ashorabadi A. 1998. The Effect of Fertility on Yield of Fennel. Agriculture Ph.D. Thesis Islamic Azad University of Tehran.
- Shiranirad AH, Alizadeh A and Hashemi Dezfouli A. 2000. The study of vesicular-arbuscular mycorrhizae fungi, phosphorus and drought stress effects on nutrient uptake efficiency in wheat. Journal of Seed and Plant, 16 (3): 327-349. (In Persian).
- Smith SE and Read D J. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, New York.
- Taleshi K and Osoli N. 2017. Effects of biofertilizer and vermicompost on yield and quality of essential oil of (*Foeniculum Vulgare* Mill.). 1th International and 5th National Congress on Organic vs. Conventional Agriculture, Ardabil, Iran. PP. 1-7
- Vessey JK. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil. 255:571 – 86.
- Zamani F, Amirni R, Rezei- Chianeh E and Rahimi, A. 2019. The effect of bacterial bio-fertilizers and mycorrhizal fungi on seed yield and chemical composition of essential oil from three Fennel landrace. Crop Improvement (Journal of Agriculture Crops Production), 20 (4): 831-848. (In Persian).