جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۲٤، شمارهٔ ٤ صفحهٔ ٤١٣-٣٩٦ (١٣٨٧)

تأثیر کاربرد میکوریزا، ورمی‌کمپوست و کود فسفات زیستی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی رازیانه

محمدتقی درزی[1*]، امیر قلاوند[2]، فاطمه سفیدکن[3] و فرهاد رجالی[4]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، پست الکترونیک: MT_Darzi@yahoo.com
۲- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۳- استاد، بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور
٤- استادیار، مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور

تاریخ دریافت: آذر ١٣٨٦ تاریخ اصلاح نهایی: خرداد ١٣٨٧ تاریخ پذیرش: تیر ١٣٨٧

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای زیستی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum Vulgare* Mill.)، شامل میزان اسانس و میزان آنتول، فنکون و لیمونن در اسانس، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل سه فاکتوره با استفاده از عوامل تلقیح میکوریزایی (تلقیح و عدم تلقیح)، کود فسفات زیستی (۰، ۳۰ و ٦٠ کیلوگرم در هکتار) و ورمی‌کمپوست (۰، ٥ و ١٠ تن در هکتار) در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی با هیجده تیمار و سه تکرار در دو سال زراعی ١٣٨٤ و ١٣٨٥ در ایستگاه تحقیقات همند آبسرد در دماوند (وابسته به مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور) به اجرا درآمد. همچنین یک کرت به‌عنوان شاهد برای مقایسه با کرتهای کودهای زیستی در هر تکرار قرار داده شد که فقط کودهای شیمیایی (NPK به میزان ۹۰، ٦٠ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار) در آن بکار برده شد. مقایسه میانگینها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشترین میزان اسانس در دانه (٣/٨٨٪) و میزان آنتول در اسانس (٦٨/٤٢٪) و کمترین میزان فنکون (١١/٦٨٪) و لیمونن (١٠/٤٤٪) در اسانس در تلقیح با میکوریزا حاصل شد. کود فسفات زیستی نیز دارای تأثیر معنی‌داری بر روی میزان فنکون در اسانس نبود، ولی اثر معنی‌داری بر روی میزان اسانس در دانه و میزان آنتول و لیمونن در اسانس داشت. به‌طوری که بیشترین میزان اسانس در دانه (٣/٨٦٪) و میزان آنتول در اسانس (٦٧/٩٠٪) با مصرف ٦٠ کیلوگرم کود فسفات زیستی و نیز کمترین میزان لیمونن در اسانس (١٠/٥٩٪) با مصرف ٣٠ کیلوگرم از آن بدست آمد. همچنین بیشترین میزان اسانس در دانه (٤/٠٣٪) و میزان آنتول در اسانس (٧١/٤٧٪) و کمترین میزان فنکون (١٠/٤٥٪) و لیمونن (٩/٥٨٪) در اسانس با مصرف ١٠ تن ورمی‌کمپوست حاصل شد. مقایسه شاهد با تیمارهای کودهای زیستی نیز معنی‌دار شد. به‌طوری که از نظر میزان اسانس در دانه و میزان آنتول، فنکون و لیمونن در اسانس، دو تیمار کود زیستی حاوی تلقیح با میکوریزا، مصرف ٣٠ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ١٠ تن ورمی‌کمپوست و تلقیح با میکوریزا، مصرف ٦٠ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ١٠ تن ورمی‌کمپوست دارای ترکیب بهتری نسبت به تیمار شاهد بودند.

واژه‌های کلیدی: رازیانه، میکوریزا، کود فسفات زیستی، ورمی‌کمپوست، اسانس، آنتول، فنکون، لیمونن.

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

مقدمه

مصرف کودهای زیستی نظیر قارچ میکوریزا، میکروارگانیسمهای حل‌کننده فسفات و ورمی‌کمپوست در یک سیستم مبتنی بر کشاورزی پایدار، ضمن حفظ سلامت محیط‌زیست، موجب افزایش کیفیت و پایداری عملکرد به‌ویژه در تولید گیاهان دارویی می‌شود (Sharma, 2002؛ Kapoor *et al.*, 2004). رازیانه (*Foeniculum Vulgare* Mill) نیز یک گیاه دارویی اسانس‌دار بوده که از اهمیت زیادی در ایران و جهان برخوردار است و از ماده مؤثره آن در صنایع مختلف داروسازی، غذایی، آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شود. مهمترین ترکیب اسانس رازیانه را آنتول تشکیل می‌دهد که نقشی تعیین کننده در کیفیت اسانس آن دارد. ترکیبهای مهم دیگر شامل فنکون، لیمونن، استراگول، آلفاپینن و آنیزالدئید می‌باشد (امیدبیگی، ۱۳۷٦؛ سفیدکن، ۱۳۸۰؛ Gross *et al.*, 2002؛ Kapoor *et al.*, 2004؛ Miraldi, 1999). در رابطه با نقش کودهای زیستی بر روی کمیت و کیفیت اسانس رازیانه، Kapoor و همکاران (۲۰۰٤) نشان دادند که هم‌زیستی ریشه رازیانه با دو گونه از قارچهای میکوریزای وزیکولار آرباسکولار (Vesicular Arbuscular Mycorrhiza=VAM)، به‌طور معنی‌داری موجب بهبود میزان اسانس و کیفیت آن می‌شود، به نحوی که میزان ماده ارزشمند آنتول در اسانس در مقایسه با شاهد افزایش می‌یابد ولی میزان فنکون و لیمونن آن کاهش می‌یابد. در پژوهش دیگری، مشخص شد که تلقیح گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum*) با دو گونه قارچ VAM سبب افزایش بارز کمیت و کیفیت اسانس می‌شود به نحوی که مقادیر اجزاء مهمی چون ژرانیول و لینالول در ترکیب اسانس به‌طور چشمگیری افزایش یافت اما میزان آنتول و بتا–المن موجود در اسانس در مقایسه با شاهد کاهش یافت (Kapoor *et al.*, 2002b). در تحقیق Freitas و همکاران (۲۰۰٤) بر روی گیاه دارویی نعناع نیز روشن شد که کاربرد چهار گونه قارچ VAM، موجب بهبود مقدار اسانس و میزان منتول آن نسبت به تیمار شاهد می‌شود. در بررسی مشابهی که بر روی دو گیاه دارویی شوید (*Anethum graveolens*) و نوعی زیره (*Trachyspermum ammi Sprague*) انجام گرفته بود، ملاحظه شد که کاربرد دو گونه قارچ VAM به‌طور قابل توجهی کمیت و کیفیت اسانس دانه آنها را در مقایسه با کنترل بهبود بخشید. به نحوی که این افزایش در شوید اختصاص به مقادیر لیمونن و کارون اسانس و در زیره تعلق به مقدار تیمول اسانس داشت، درحالی که میزان دیل‌آپیول در اسانس شوید و میزان پارا– سیمن در اسانس زیره نسبت به شاهد کاهش یافت (Kapoor *et al.*, 2002a). در دو مطالعه که Gupta و همکاران (۲۰۰۲) بر روی گیاه دارویی نعناع و Khaosaad و همکاران (۲۰۰٦) بر روی گیاه دارویی مرزنجوش (*Origanum vulgare*) انجام دادند، مشخص شد که کاربرد قارچ میکوریزای VAM سبب افزایش چشمگیر میزان اسانس در مقایسه با شاهد می‌شود. همچنین در پژوهشی که با استفاده از یک گونه از باکتری حل کننده فسفات بر روی کیفیت اسانس گیاه دارویی علف لیمو انجام شد، ملاحظه شد که درصد ژرانیول در اسانس به طرز چشمگیری نسبت به شاهد افزایش یافت (Ratti *et al.*, 2001). در تحقیقی دیگر که توسط Sundara و همکاران (۲۰۰۲)، در گیاه نیشکر (*Saccharum hybrid*) انجام شد، مشاهده گردید که کاربرد یک گونه از باکتریهای حل‌کننده فسفات همراه با سنگ فسفات، باعث بهبود میزان قند و کیفیت (مقدار

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

ساکارز) آن در مقایسه با شاهد گردید. در خصوص تأثیر ورمی‌کمپوست بر روی کمیت و کیفیت ماده مؤثره Anwar و همکاران (۲۰۰۵) مشاهده نمودند که مصرف ۵ تن ورمی‌کمپوست سبب بهبود معنی‌دار مقدار اسانس و کیفیت آن در گیاه دارویی ریحان شد به نحوی که میزان لینالول و متیل کاویکول موجود در اسانس بیشتر از تیمار شاهد بود. نتیجه پژوهش عزیزی و همکاران (۱۳۸۳) هم بیانگر آن بود که مصرف سطوح مختلف ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار کود شیمیایی، سبب بهبود میزان اسانس در گیاه ریحان می‌شود.

هدف از انجام این پژوهش، مطالعه تأثیر قارچ میکوریزا، میکروارگانیزمهای حل‌کننده فسفات و ورمی‌کمپوست بر روی کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی رازیانه می‌باشد.

مواد و روشها

این تحقیق در طی دو سال ۱۳۸٤ و ۱۳۸۵ در مزرعه ایستگاه تحقیقات همند وابسته به مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۸۰۰ متر از سطح دریا، به اجرا درآمد. میانگین بارش سالیانه ایستگاه ۳۳٤/۲ میلی‌متر و متوسط دمای آن در حدود ۱۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. قبل از کشت، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری بعمل آمد و مشخص شد که بافت خاک لومی رسی و pH آن برابر ۷/۳ می‌باشد (جدول ۱). پژوهش با استفاده از آزمایش فاکتوریل سه عاملی شامل عامل تلقیح با قارچ میکوریزا (M) در دو سطح (عدم تلقیح=m1 و تلقیح=m2)، عامل کود فسفات زیستی (P) در سه سطح (p1=۰، p2=۳۰ و p3=٦۰ کیلوگرم در هکتار) و عامل ورمی‌کمپوست (V) در سه سطح (v1=۰، v2=۵ و v3=۱۰ تن در هکتار) در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی با هیجده تیمار و سه تکرار انجام گرفت. همچنین یک کرت به‌عنوان شاهد کود شیمیایی (NPK به میزان ۹۰، ٦۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار) در هر تکرار قرار داده شد و مقایسه آن با تیمارهای کودهای زیستی نیز در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با نوزده تیمار و سه تکرار صورت گرفت. کودهای شیمیایی مصرفی از نوع اوره (٤٦٪ نیتروژن)، سوپر فسفات تریپل (۵۰٪ فسفر) و سولفات پتاسیم (۵۰٪ پتاسیم) بودند.

جدول ۱- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی* خاک مورد آزمایش

Texture	pH عصاره	EC ds/m	O.C	N mg/kg	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg
لومی رسی	۷/۳	۰/۹۲	۰/۷۰	۸/۱۹	۱٦	۷۲٦	–	–	۷/٤	۹/۹	۰/٦۸	۲/٦۰

*- فرم قابل جذب عناصر غذایی اندازه‌گیری شد.

مایه تلقیح میکوریزایی که به‌صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) بود حاوی گونه‌ای قارچ VAM به نام *Glomus intraradices* می‌باشد که از مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. هر بذر آغشته به

مایه تلقیح میکوریزایی در حدود ۲۵۰-۲۰۰ اندام فعال قارچی دریافت می‌کند. کود فسفات زیستی نیز که مورد تأیید مؤسسه یادشده بوده، حاوی سنگ فسفات معدنی (Rock Phosphate) و یک گونه از باکتریهای حل‌کننده فسفات به نام *Pseudomonas striata* می‌باشد که در هر گرم از آن در حدود ۱۰۵ باکتری فعال یاد شده وجود دارد. ورمی‌کمپوست بکار رفته در آزمایش نیز با استفاده از کود دامی و گونه‌ای کرم خاکی به نام *Eisenia foetida* در ایستگاه خاک و آب کرج تهیه شد که نتایج تجزیه آن در جدول ۲ ارائه شده است. بذر رازیانه مورد استفاده در این تحقیق نیز، از بخش گیاهان دارویی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان فراهم شد.

جدول ۲- برخی خصوصیات شیمیایی* ورمی‌کمپوست مورد استفاده

pH عصاره	EC ds/m	O.C ٪	N mg/kg	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg
۷/۵	۵/۳۲	۱۰/۵۳	۸۲۰۰	٤٦۰۰	٤٤۰۰	٤٦۰۰۰	۱٤۰۰۰	۱۷۰۰۰	٦۳۸	۱۲٤	۲٦

*- میزان کل عناصر غذایی اندازه‌گیری شد.

زمین محل انجام آزمایش در چند سال قبل به‌صورت آیش بود. با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، عملیات تهیه زمین در اسفند ماه و با مساعد شدن شرایط فراهم شد. به‌منظور اجرای آزمایش، اندازه هر کرت به ابعاد ۵×۳ متر و حاوی ٦ ردیف کاشت در نظر گرفته شد. فاصله بین کرتها یک متر و بین تکرارها دو متر منظور شد. کاشت رازیانه و اعمال تیمارهای آزمایشی به‌صورت دست‌پاش، بعد از مساعد شدن هوا در بهار انجام شد. به همین منظور در ۱۷ فروردین سال ۱۳۸٤ جهت اعمال تیمارها، در کنار هر خط کاشت، شیاری در سراسر پشته به عمق ۵ سانتی‌متر ایجاد نموده و کودهای زیستی (کود فسفات زیستی و ورمی‌کمپوست) و کودهای معدنی (مربوط به کرت شاهد) را در داخل شیار ریخته و به‌وسیله شن‌کش روی آن خاک داده شد. کاشت رازیانه در تاریخ ۲۸ فروردین با استفاده از حدود یک کیلوگرم بذر و پس از اینکه بخشی از بذرهای مورد نیاز با مایه تلقیح میکوریزایی مخلوط شدند، در عمق ۳ سانتی‌متری خاک انجام شد و بلافاصله آبیاری صورت گرفت. سپس در مرحله ظهور سومین برگ رشته‌ای، تراکم کاشت براساس صد هزار بوته در هکتار (۲۰×۵۰ سانتی‌متر) تنظیم شد. لازم به ذکر است از آنجا که رازیانه یک گیاه چندساله می‌باشد، بنابراین فقط در سال اول آزمایش کشت شد. همچنین بر مبنای تجزیه خاک و ورمی‌کمپوست تنها به میزان ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مرحله ساقه‌دهی به‌صورت دستی همراه با آبیاری، برای کرتهای حاوی کودهای زیستی مصرف شد. کرتهای شاهد نیز ٤۵ کیلوگرم از مجموع ۹۰ کیلوگرم نیتروژن مورد نیاز خود را در این مرحله دریافت نمودند. عملیات مبارزه با علفهای هرز مزرعه در چهار نوبت به روش مکانیکی و به‌وسیله دست انجام شد. عملیات آبیاری نیز در طول دوره رشد، هر ۷ روز یک بار انجام شد. در سال دوم آزمایش نیز، تیمارها دقیقاً در کرتهای سال اول قرار گرفتند و کلیه عملیات مربوط به سال اول (بجز کاشت بذر و تنک کردن بوته‌ها)، برای سال دوم نیز تکرار شد. در این تحقیق صفات مختلف رازیانه شامل میزان اسانس در دانه، میزان آنتول در اسانس، میزان فنکون در

اسانس و میزان لیمونن در اسانس مورد بررسی قرار گرفتند. به‌منظور تعیین مقدار اسانس در دانه، از هر کرت آزمایشی یک نمونه ۵۰ گرمی تهیه کرده که بعد از آسیاب نمودن به مدت سه ساعت با استفاده از روش تقطیر با آب به‌وسیله دستگاه Clevenger، اسانس‌گیری بعمل آمد. بازده اسانس (درصد) نیز پس از رطوبت‌زدایی آب آن توسط سولفات سدیم محاسبه شد (سفیدکن، ۱۳۸۰؛ Kapoor *et al.*, 2004). جهت تجزیه نمونه‌های اسانس و اندازه‌گیری دقیق ترکیبهای موجود در آن (نظیر میزان آنتول، فنکون و لیمونن) نیز، از دستگاههای کروماتوگراف گازی (GC) و کروماتوگراف گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. طیف‌های بدست آمده با مقایسه طیف‌های جرمی ترکیبهای استاندارد شناسایی شدند و سپس با استفاده از محاسبه شاخصهای بازداری (RI) و با تزریق هیدروکربنهای نرمال مورد تأیید قرار گرفتند. درصد نسبی هر یک از ترکیبها هم با توجه به سطح زیر منحنی آن در طیف کروماتوگرام حاصل از GC با روش Area Normalization بدست آمد (سفیدکن، ۱۳۸۰).

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزارهای آماری موجود (SAS و SPSS) برای آنالیز واریانس نتایج هر سال آزمایش استفاده شد و نتایج دو سال آزمایش نیز به‌صورت تجزیه مرکب داده‌ها، مورد بررسی قرار گرفت. همچنین برای مقایسه میانگین تیمارها نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، استفاده شد.

نتایج

میزان اسانس در دانه

نتایج بدست آمده از تجزیه مرکب سالهای آزمایش، بیانگر آن بود که تأثیر هر سه عامل به تنهایی و اثر متقابل دو عامل کود فسفات زیستی و ورمی‌کمپوست و نیز اثر متقابل هر سه عامل با هم در سطح یک درصد بر میزان اسانس در دانه معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین تلقیح با میکوریزا (۳/۸۸٪) و عدم تلقیح (۳/۴۵٪) تفاوت قابل توجهی وجود دارد، به نحوی که میزان اسانس در دانه در تلقیح با میکوریزا در حدود ۱۲/۵ درصد بیشتر بود (جدول ۴). مقایسه میانگینها نشاندهنده وجود اختلاف معنی‌داری بین سطوح کود فسفات زیستی بود، به‌طوری که میزان اسانس در دانه در سطح سوم کود فسفات زیستی (۳/۸۶٪) در مقایسه با سطح اول (۳/۴۷٪) و سطح دوم (۳/۶۶٪) به‌ترتیب در حدود ۱۱/۲ و ۵/۵ درصد بیشتر بود (جدول ۴). همچنین مقایسه میانگین تیمارها تفاوت قابل ملاحظه‌ای را بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست نشان داد، به نحوی که میزان اسانس دانه در سطح سوم (۴/۰۳٪) ۵/۸ درصد بیشتر از سطح دوم (۳/۸۱٪) و ۲۷/۵ درصد بیشتر از سطح اول (۳/۱۶٪) بود (جدول ۴).

مقایسه میانگین اثر متقابل دو عامل کود فسفات زیستی و ورمی‌کمپوست نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد به نحوی که میزان اسانس در دانه در تیمارهای حاوی سطح سوم کود فسفات زیستی در سطوح دوم و سوم ورمی‌کمپوست (به‌ترتیب ۴/۰۳٪ و ۴/۱۸٪) در مقایسه با تیمارهای شامل سطح دوم کود فسفات زیستی در سطوح دوم و سوم ورمی‌کمپوست (۳/۸۳٪ و ۴/۰۲٪) و تیمارهای حاوی سطح اول کود فسفات زیستی در سطوح دوم و سوم ورمی‌کمپوست (۳/۵۵٪ و ۳/۸۸٪) برتر بودند (جدول ۴). مقایسه میانگینهای اثر متقابل هر سه عامل نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد. به نحوی که میزان اسانس دانه در تیمار شامل تلقیح با میکوریزا، مصرف ۶۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست (۴/۴۰٪)

جدول ۳- تجزیه واریانس کمیت و کیفیت اسانس رازیانه تحت تأثیر کودهای زیستی در تجزیه مرکب در دو سال آزمایش

منابع تغییرات (S. O. V.)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)			
		میزان اسانس در دانه (٪)	میزان آنتول در اسانس (٪)	میزان فنکون در اسانس (٪)	میزان لیمونن در اسانس (٪)
سال	۱	۰/٦۱۹ **	۸۸٦/٦٦۰ **	۳٤/٤٦٥ **	۱۹۰/٥۳٦ **
تکرار در سال (خطای a)	٤	۰/۰۰٤	٥/٦۸۱	۰/٥٤۲	۰/۰٦۹
تلقیح میکوریزایی	۱	٤/۸۸۱ **	۱۷٦/۸۷۰ **	۲۲/۰٤۱ **	۱۳/۳٦۳ **
تلقیح میکوریزایی× سال	۱	۰/۰۰۰۱ ns	٤/۲٦۰ ns	۱/٦۰۱ ns	۰/۰۰۷ ns
کود فسفات زیستی	۲	۱/۳٦۱ **	۲۹/۲۰٦ *	۰/۹۹۳ ns	۱۲/٤۹٦ **
کود فسفات زیستی× سال	۲	۰/۰۰۰۲ ns	۲/٦٥٤ ns	۰/۱٤۲ ns	۰/۸۹۸ ns
تلقیح میکوریزایی× کود فسفات زیستی	۲	۰/۰۰٤ ns	۱/۱۲٦ ns	۱/۰٤٥ ns	۱/۱۲٤ ns
تلقیح میکوریزایی× کود فسفات زیستی× سال	۲	۰/۰۰۲	۲/۰۷٥ ns	۱/٦۱۹ ns	٦/۲۱٦ **
ورمی کمپوست	۲	۷/۳۲٤ **	٦۷۳/٦۷۱ **	۹۸/۸۹٦ **	٤۸/۸٥۳ **
ورمی کمپوست × سال	۲	۰/۰۰۰۱ ns	٥۱/۳۲۰ **	۲/٤٦٥ *	٦/۲۳۷ **
تلقیح میکوریزایی × ورمی‌کمپوست	۲	۰/۰۰۲ ns	۱۲/٦۸۸ ns	۳/۹٦۹ **	۱۰/٥٦۱ **
تلقیح میکوریزایی× ورمی‌کمپوست× سال	۲	۰/۰۰۰۲ ns	۱٥/٦۷۳ ns	۰/۷٥۳ ns	٦/٥۹٦ **
کود فسفات زیستی× ورمی‌کمپوست	٤	۰/۰۳٤ **	۲/۰٤۷ ns	٥/۹۹۱ **	۱/۰۷٦ ns
کود فسفات زیستی× ورمی‌کمپوست× سال	٤	۰/۰۰۰۱ ns	۱/۰۹٤ ns	۷/۹۷۰ **	۳/۳۳۸ **
اثر متقابل هر سه عامل	٤	۰/۰۹۱ **	۱/۰۱٥ ns	۱/۱۰۳ ns	۱/۹۰۹ ns
اثر متقابل هر سه عامل× سال	٤	۰/۰۰۰۲ ns	۲/۱٥۳ ns	۰/۷۰٦ ns	۱/٥۷۰ ns
خطای b	٦۸	۰/۰۰۹	۹/۳۲۲	۰/۷۷۸	۰/۷۸۱

ns، * و **، به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ٥ و ۱ درصد.

برتری چشمگیری نسبت به سایر تیمارها داشت (جدول ٤).

اطلاعات حاصل از تجزیه مرکب دو سال آزمایش نشان داد که تیمارهای کودهای زیستی و شاهد تأثیر معنی‌داری بر میزان اسانس در دانه داشتند (جدول ٥).

مقایسه میانگین اثر متقابل دو عامل کود فسفات زیستی و ورمی‌کمپوست نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد به نحوی که میزان اسانس در دانه در تیمارهای حاوی سطح سوم کود فسفات زیستی در سطوح دوم و سوم

جدول ٤- مقایسه میانگینهای میزان اسانس در دانه تحت تأثیر کودهای زیستی در سال ٨٤، ٨٥ و تجزیه مرکب در دو سال آزمایش

تیمار	میزان اسانس در دانه (درصد)		
	سال ١٣٨٤	سال ١٣٨٥	تجزیه مرکب دو سال آزمایش
تلقیح میکوریزایی			
m1	٣/٥٣ b	٣/٣٨ b	٣/٤٥ b
m2	٣/٩٥ a	٣/٨٠ a	٣/٨٨ a
کود فسفات زیستی			
p1	٣/٥٥ c	٣/٤٠ c	٣/٤٧ c
p2	٣/٧٣ b	٣/٥٨ b	٣/٦٦ b
p3	٣/٩٤ a	٣/٧٩ a	٣/٨٦ a
ورمی‌کمپوست			
v1	٣/٢٤ c	٣/٠٨ c	٣/١٦ c
v2	٣/٨٨ b	٣/٧٣ b	٣/٨١ b
v3	٤/١٠ a	٣/٩٥ a	٤/٠٣ a
کود فسفات زیستی× ورمی‌کمپوست			
p1v1	٣/٠٦ g	٢/٩١ g	٢/٩٩ g
p1v2	٣/٦٣ d	٣/٤٧ d	٣/٥٥ d
p1v3	٣/٩٦ c	٣/٨١ c	٣/٨٨ c
p2v1	٣/١٩ f	٣/٠٤ f	٣/١١ f
p2v2	٣/٩٠ c	٣/٧٦ c	٣/٨٣ c
p2v3	٤/٠٩ b	٣/٩٤ b	٤/٠٢ b
p3v1	٣/٤٦ e	٣/٣٠ e	٣/٣٨ e
p3v2	٤/١٠ b	٣/٩٦ b	٤/٠٣ b
p3v3	٤/٢٦ a	٤/١٠ a	٤/١٨ a
اثر متقابل هر سه عامل با هم			
m1p1v1	٢/٢٧ l	٢/٦١ l	٢/٦٩ k
m1p1v2	٣/٥٢ hi	٣/٣٥ hi	٣/٤٣ gh
m1p1v3	٣/٧٤ fg	٣/٥٨ fg	٣/٦٦ f
m1p2v1	٢/٩٩ k	٢/٨٤ k	٢/٩١ j
m1p2v2	٣/٦١ gh	٣/٤٧ gh	٣/٥٤ g
m1p2v3	٣/٩٣ de	٣/٧٧ de	٣/٨٥ de
m1p3v1	٣/٣٦ j	٣/١٦ j	٣/٢٤ i
m1p3v2	٣/٨٥ ef	٣/٧٢ ef	٣/٧٩ e
m1p3v3	٤/٠٢ d	٣/٩٠ cd	٣/٩٦ d
m2p1v1	٣/٣٦ j	٣/٢٢ ij	٣/٢٩ i
m2p1v2	٣/٧٥ fg	٣/٦٠ efg	٣/٦٧ f
m2p1v3	٤/١٧ c	٤/٠٣ bc	٤/١٠ c
m2p2v1	٣/٣٩ ij	٣/٢٥ ij	٣/٣٢ hi
m2p2v2	٤/٢٠ c	٤/٠٦ bc	٤/١٣ c
m2p2v3	٤/٢٧ bc	٤/١٢ b	٤/١٩ cb
m2p3v1	٣/٦٠ h	٣/٤٣ gh	٣/٥١ g
m2p3v2	٤/٣٦ b	٤/١٩ ab	٤/٢٧ b
m2p3v3	٤/٥٠ a	٤/٣١ a	٤/٤٠ a

میانگینهای دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.

برای اطلاع از تیمارها به مواد و روشها مراجعه شود.

ورمی‌کمپوست (به‌ترتیب ٤/۰۳٪ و ٤/۱۸٪) در مقایسه با تیمارهای شامل سطح دوم کود فسفات زیستی در سطوح دوم و سوم ورمی‌کمپوست (۳/۸۳٪ و ٤/۰۲٪) و تیمارهای حاوی سطح اول کود فسفات زیستی در سطوح دوم و سوم ورمی‌کمپوست (۳/۵۵٪ و ۳/۸۸٪) برتر بودند (جدول ٤). مقایسه میانگینهای اثر متقابل هر سه عامل نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد. به نحوی که میزان اسانس دانه در تیمار شامل تلقیح با میکوریزا، مصرف ٦۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست (٤/٤۰٪) برتری چشمگیری نسبت به سایر تیمارها داشت (جدول ٤).

اطلاعات حاصل از تجزیه مرکب دو سال آزمایش نشان داد که تیمارهای کودهای زیستی و شاهد تأثیر معنی‌داری بر میزان اسانس در دانه داشتند (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس کمیت و کیفیت اسانس رازیانه تحت تأثیر کودهای زیستی و شاهد در تجزیه مرکب در دو سال آزمایش

منابع تغییرات (S. O. V)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)			
		میزان اسانس در دانه (٪)	میزان آنتول در اسانس (٪)	میزان فنکون در اسانس (٪)	میزان لیمونن در اسانس (٪)
سال	۱	۰/٦٤۹ **	۱۰٤٦/۰۷۷ **	٤۰/۵۳۷ **	۲۲۳/٤۹٦ **
تکرار در سال(خطای a)	٤	۰/۰۰۱	۵/٦۰٤	۰/۸٤٤	۰/۱۵۳
تیمار	۱۸	۱/۲۸۵ **	۹۱/۷٤۸ **	۱٤/۹۵۱ **	۹/٦۰٤ **
تیمار× سال	۱۸	۰/۰۰۰٤ ns	۱۱/۹۹۱ ns	۲/٦۸۳ **	۳/۸۹۷ **
خطای b	۷۲	۰/۰۰۹	۹/۲۸٦	۰/۸۳۲	۰/۷٦۰

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

مقایسه میانگینها در بین شاهد و تیمارهای کودهای زیستی نیز دارای تفاوت معنی‌داری بود. به‌طوری که دو تیمار کود زیستی شامل تلقیح با میکوریزا، مصرف ٦۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۵ تن ورمی‌کمپوست (٤/۲۷٪) و تلقیح با میکوریزا، مصرف ٦۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست (٤/٤۰٪) برتری بارزی به‌ترتیب در حدود ۲۵ و ۲۹ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (۳/٤۱٪) نشان دادند.

میزان آنتول در اسانس

اطلاعات بدست آمده از تجزیه مرکب در دو سال آزمایش، بیانگر آن بود که تأثیر هر دو عامل تلقیح میکوریزایی و ورمی‌کمپوست در سطح یک درصد و نیز اثر عامل کود فسفات زیستی در سطح پنج درصد بر میزان آنتول در اسانس معنی‌دار شد اما اثرهای متقابل میان عوامل مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری بر میزان آنتول در اسانس نداشتند (جدول۳). مقایسه میانگینها نشان داد که بین سطوح تلقیح میکوریزایی تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد، به نحوی که میزان آنتول در اسانس در تلقیح با میکوریزا (٦۸/٤۲٪) در مقایسه با عدم تلقیح (٦۵/۸٦٪) در حدود ۳/۹ درصد بیشتر بود (جدول ٦). مقایسه میانگین تیمارها در بین سطوح کود فسفات زیستی نیز، اختلاف معنی‌داری را نشان داد، به‌طوری که میزان آنتول در اسانس در سطح سوم (٦۷/۹۰٪) در مقایسه سطح اول

(٦٦/١٤٪) در حدود ۲/۷ درصد بیشتر بود (جدول ٦). در رابطه با اثر ورمی‌کمپوست بر میزان آنتول در اسانس نیز، مقایسه میانگینها نشان داد که بین سطوح ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری وجود دارد، به نحوی که میزان آنتول در اسانس در سطح سوم (٧١/٤٧٪) ٦/٥ درصد بیشتر از سطح دوم (٦٧/١٢٪) و ١٣/٨ درصد بیشتر از سطح اول (٦٢/٨٢٪) بود (جدول ٦).

بر پایه اطلاعات حاصله از تجزیه مرکب دو سال آزمایش، تیمارهای کودهای زیستی و شاهد تأثیر معنی‌داری بر میزان آنتول در اسانس داشتند (جدول ٥). مقایسه میانگین تیمارها نیز در بین شاهد و تیمارهای کودهای زیستی نشان‌دهنده اختلاف قابل توجهی بود. به‌طوری که دو تیمار کود زیستی شامل تلقیح با میکوریزا، مصرف ۳۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست (٧٢/٨٩٪) و تلقیح با میکوریزا، مصرف ٦٠ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست (٧٣/٨١٪) برتری چشمگیری به‌ترتیب در حدود ۱۲/۳ و ۱۳/۸ درصد نسبت به شاهد کود شیمیایی (٦٤/٨٨٪) داشتند.

جدول ٦- مقایسه میانگینهای میزان آنتول در اسانس تحت تأثیر کودهای زیستی در سال٨٤، ٨٥ و تجزیه مرکب در دو سال آزمایش

تیمار	میزان آنتول در اسانس (درصد)		
	سال ١٣٨٤	سال ١٣٨٥	تجزیه مرکب دو سال آزمایش
تلقیح میکوریزایی			
m1	٦٨/٩٢ b	٦٢/٨٠ b	٦٥/٨٦ b
m2	٧١/٠٩ a	٦٥/٧٥ a	٦٨/٤٢ a
کود فسفات زیستی			
p1	٦٩/٢٦ a	٦٣/٠٣ a	٦٦/١٤ b
p2	٧٠/٢٨ a	٦٤/٤٦ a	٦٧/٣٧ ab
p3	٧٠/٤٧ a	٦٥/٣٣ a	٦٧/٩٠ a
ورمی‌کمپوست			
v1	٦٦/٥٦ c	٥٩/٠٩ c	٦٢/٨٢ c
v2	٧٠/٤٨ b	٦٣/٧٦ b	٦٧/١٢ b
v3	٧٢/٩٨ a	٦٩/٩٧ a	٧١/٤٧ a

میزان فنکون در اسانس

نتایج بدست آمده از تجزیه مرکب سالهای آزمایش، نشان‌دهنده آن بود که تأثیر دو عامل تلقیح میکوریزایی و ورمی‌کمپوست و نیز اثر متقابل دو عامل تلقیح میکوریزایی و ورمی‌کمپوست و اثر متقابل کود فسفات زیستی و ورمی‌کمپوست در سطح یک درصد بر میزان فنکون در اسانس معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین سطوح تلقیح میکوریزایی تفاوت قابل توجهی وجود دارد، به طوری که میزان فنکون در اسانس در تلقیح با میکوریزا (١١/٦٨٪) در مقایسه با عدم

تلقیح (۱۲/۵۸٪) ۷/۷ درصد کمتر بود (جدول ۷). در رابطه با اثر ورمی‌کمپوست بر میزان فنکون در اسانس نیز، مقایسه میانگینها نشان‌دهنده آن بود که بین سطوح ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به نحوی که میزان فنکون در اسانس در سطح سوم (۱۰/٤۵٪) ۱٦/٦ درصد کمتر از سطح دوم (۱۲/۱۸٪) و ۳۱/۷ درصد کمتر از سطح اول (۱۳/۷٦٪) بود (جدول ۷). نتیجه مقایسه میانگین اثر متقابل تلقیح میکوریزایی و ورمی‌کمپوست نیز نشان‌دهنده اختلاف قابل ملاحظه‌ای بود به نحوی که مقدار فنکون در اسانس در تیمارهای حاوی تلقیح با میکوریزا و سطوح مختلف ورمی‌کمپوست (به‌ترتیب ۱۳/٤۲٪، ۱۱/۹۹٪ و ۹/٦۳٪) در مقایسه با تیمارهای شامل سطوح عدم تلقیح میکوریزایی و ورمی‌کمپوست (به‌ترتیب ۱٤/۱۱٪، ۱۲/۳٦٪ و ۱۱/۲۷٪) به‌طور قابل توجهی تقلیل یافت (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه میانگینهای میزان فنکون در اسانس تحت تأثیر کودهای زیستی در سال ۸٤، ۸۵ و تجزیه مرکب در دو سال آزمایش

تیمار	میزان فنکون در اسانس (درصد)		
	سال ۱۳۸٤	سال ۱۳۸۵	تجزیه مرکب دو سال آزمایش
تلقیح میکوریزایی			
m1	۱۱/۹۰ a	۱۳/۲۷ a	۱۲/۵۸ a
m2	۱۱/۲٤ b	۱۲/۱۲ b	۱۱/٦۸ b
ورمی‌کمپوست			
v1	۱۳/۲۹ a	۱٤/۲٤ a	۱۳/۷٦ a
v2	۱۱/۳۲ b	۱۳/۰٤ b	۱۲/۱۸ b
v3	۱۰/۰۹ c	۱۰/۸۱ c	۱۰/٤۵ c
تلقیح میکوریزایی× ورمی‌کمپوست			
m1v1	۱۳/٤۹ a	۱٤/۷٤ a	۱٤/۱۱ a
m1v2	۱۱/۵٤ b	۱۳/۱۹ b	۱۲/۳٦ c
m1v3	۱۰/٦٦ c	۱۱/۸۸ c	۱۲/۲۷ d
m2v1	۱۳/۰۹ a	۱۳/۷۵ b	۱۳/٤۲ b
m2v2	۱۱/۱۰ bc	۱۲/۸۹ b	۱۱/۹۹ c
m2v3	۹/۵۲ d	۹/۷۳ d	۹/٦۳ e

مطابق اطلاعات بدست آمده از تجزیه مرکب سالهای آزمایش، میزان فنکون در اسانس توسط تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شاهد در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها نیز در بین شاهد و تیمارهای کودهای زیستی نشان‌دهنده اختلاف قابل توجهی بود، به‌طوری که دو تیمار کود زیستی شامل تلقیح با میکوریزا، مصرف ۳۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست (۹/٦۲٪) و تلقیح با میکوریزا، مصرف ٦۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست (۹/۰۱٪) دارای

میزان فنکون پایین‌تری به‌ترتیب در حدود ۲۸ و ۳۲/۷ درصد نسبت به شاهد (۱۳/۳۸٪) بودند.

میزان لیمونن در اسانس

تجزیه مرکب در دو سال آزمایش، بیانگر آن بود که تأثیر هر سه عامل به تنهایی و نیز اثر متقابل دو عامل تلقیح میکوریزایی و ورمی‌کمپوست در سطح یک درصد بر میزان لیمونن در اسانس معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین سطوح تلقیح میکوریزایی تفاوت قابل توجهی وجود دارد به‌طوری که میزان لیمونن در اسانس در تلقیح با میکوریزا (۱۰/٤٤٪) در مقایسه با عدم تلقیح (۱۱/۱٤٪) در حدود ٦/۷ درصد کمتر بود (جدول ۸). مقایسه میانگین تیمارها در بین سطوح کود فسفات زیستی نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد به گونه‌ای که میزان لیمونن در اسانس در سطح دوم (۱۰/۵۹٪) در مقایسه با سطح اول (۱۱/٤۵٪) در حدود ۸ درصد کمتر بود (جدول ۸). در رابطه با اثر ورمی‌کمپوست بر میزان لیمونن در اسانس نیز، مقایسه میانگینها نشان‌دهنده آن بود که بین سطوح ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به‌نحوی که میزان لیمونن در اسانس در سطح سوم (۹/۵۸٪) ۱۳/۷ درصد کمتر از سطح دوم (۱۰/۸۹٪) و ۲٤/۲ درصد کمتر از سطح اول (۱۱/۹۰٪) بود (جدول ۸). براساس نتایج بدست آمده از تجزیه مرکب سالهای آزمایش، میزان لیمونن در اسانس توسط تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شاهد در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول۵). مقایسه میانگین تیمارها نیز در بین شاهد و تیمارهای کودهای زیستی بیانگر اختلاف قابل توجهی بود به‌طوری که تیمار کود زیستی شامل تلقیح با میکوریزا، مصرف ٦۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست (۸/۳۸٪) دارای میزان لیمونن پایین‌تری در حدود ۲٦ درصد نسبت به شاهد (۱۱/۳۰٪) بودند.

بحث

در تفسیر نتیجه حاصل از بهبود میزان اسانس در اثر مصرف مایه تلقیح میکوریزایی، می‌توان اظهار داشت از آنجایی که اسانسها ترکیبهایی ترپنوئیدی بوده که واحدهای سازنده آنها (ایزوپرنوئیدها) مانند ایزوپنتنیل پیروفسفات (IPP) و دی متیل آلیل پیروفسفات (DMAPP)، نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیبهای اخیر ضروری می‌باشد (Loomis & Corteau, 1972). از این رو همزیستی میکوریزایی از طریق جذب کارآمد فسفر و تا حدودی نیتروژن توسط ریشه رازیانه، موجب افزایش اسانس این گیاه دارویی شد. این موضوع با نتیجه تحقیق Kapoor و همکاران (۲۰۰٤) مطابقت دارد. در همین خصوص در مطالعه دیگری که روی گیاه دارویی نعناع انجام گرفت، Gupta و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که تلقیح گیاه نعناع با گونه‌ای قارچ VAM به نام *Glomus fasiculatum* به طور قابل ملاحظه‌ای میزان اسانس را افزایش داد. آنها دریافتند که همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گیاه نعناع از طریق افزایش جذب آب و عناصر پر مصرف در بهبود میزان اسانس مؤثر بوده است. در همین رابطه در تحقیق انجام شده بر روی گیاه دارویی گشنیز مشاهده شد که همزیستی میکوریزایی ریشه گیاه، سبب افزایش چشمگیر میزان اسانس در دانه می‌شود (Kapoor *et al*., 2002b). در بررسی مشابهی که به همین

جدول ۸- مقایسه میانگینهای میزان لیمونن در اسانس تحت تأثیر کودهای زیستی در سال ۸٤، ۸۵ و تجزیه مرکب در دو سال آزمایش

تیمار	میزان لیمونن در اسانس (درصد)		
	سال ۱۳۸٤	سال ۱۳۸۵	تجزیه مرکب دو سال آزمایش
تلقیح میکوریزایی			
m1	۹/۸۱ a	۱۲/٤۸ a	۱۱/۱٤ a
m2	۹/۱۲ b	۱۱/۷٦ b	۱۰/٤٤ b
کود فسفات زیستی			
p1	۱۰/۲۳ a	۱۲/٦۸ a	۱۱/٤۵ a
p2	۹/۰۹ b	۱۲/۱۱ ab	۱۰/۵۹ b
p3	۹/۰۷ b	۱۱/۵۷ b	۱۰/۳۲ b
ورمی‌کمپوست			
v1	۱۰/۱۵ a	۱۳/٦۵ a	۱۱/۹۰ a
v2	۹/۵۸ b	۱۲/۲۰ b	۱۰/۸۹ b
v3	۸/٦٦ c	۱۰/۵۰ c	۹/۵۸ c

منظور بر روی شوید و نوعی زیره (*Trachyspermum ammi* Sprague) انجام گرفته بود، ملاحظه شد که کاربرد دو گونه قارچ VAM به‌طور قابل‌توجهی میزان اسانس این گیاهان را در مقایسه با شاهد بهبود بخشید (Kapoor *et al.*, 2002a). در این پژوهش، جذب بیشتر فسفر معدنی توسط گیاهان میکوریزایی که عنصری ضروری در بیوسنتز اسانس می‌باشد، به‌عنوان عامل تأثیرگذار در افزایش مقدار اسانس شناخته شد. همچنین در تحقیق دیگری که به همین منظور بر روی نعناع انجام گرفت، Freitas و همکاران (۲۰۰٤) نشان دادند که تلقیح ریشه این گیاه با چهار گونه میکوریزای VAM، سبب افزایش محسوس میزان اسانس نعناع در مقایسه با تیمار شاهد شد. همچنین محققان یادشده بهبود تغذیه معدنی گیاه به‌ویژه فسفر، که از طریق همزیستی میکوریزایی حاصل شده بود را به‌عنوان دلیل عمده افزایش بارز میزان اسانس ذکر کردند و این در حالی است که کاربرد فسفر معدنی به تنهایی هیچ گونه تأثیری بر بهبود مقدار اسانس در نعناع نداشت. مطالعه Khaosaad و همکاران (۲۰۰٦) هم که با استفاده از یک گونه قارچ VAM بر روی گیاه دارویی مرزنجوش انجام گرفته بود نیز نشان‌دهنده آن بود که مقدار اسانس در این گیاه به‌طور چشمگیری در مقایسه با شاهد افزایش یافت. همچنین به نظر می‌رسد که استفاده از کود فسفات زیستی، از طریق تأثیر مثبتی که بر روی فعالیت باکتریهای حل‌کننده فسفات و سایر میکروارگانیزمهای مفید در خاک می‌گذارد، امکان دسترسی مطلوب به عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف را توسط گیاه دارویی رازیانه فراهم آورده و متعاقب آن می‌تواند در بهبود میزان اسانس مؤثر باشد. اگرچه در این رابطه پژوهشی بر روی گیاهان دارویی انجام نگرفته است، اما مطالعه Sundara و همکاران (۲۰۰۲) روی میزان قند نیشکر، با نتیجه تحقیق

حاضر مطابقت دارد. آنها اظهار داشتند که افزودن این باکتری به خاک ضمن افزایش فعالیت بیولوژیکی آن و بهبود حلالیت فسفر در ریزوسفر و جذب مطلوب فسفر توسط گیاه می‌تواند به افزایش درصد قند در نیشکر منتهی شود. افزایش مقادیر ورمی‌کمپوست نیز از طریق فراهمی جذب بیشتر فسفر و نیتروژن که در اجزاء تشکیل دهنده اسانس رازیانه حضور دارند موجب افزایش میزان اسانس دانه شد. در همین رابطه در پژوهشی که با استفاده از مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست بر روی گیاه دارویی ریحان صورت گرفت، Anwar و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که مصرف ۵ تن ورمی‌کمپوست همراه با کود شیمیایی (NPK به میزان ۵۰، ۲۵ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار) برتری محسوسی از نظر میزان اسانس نسبت به کنترل داشت. آنها اظهار داشتند که افزودن ورمی‌کمپوست به خاک نه‌تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده است بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش دسترسی به عناصر معدنی و در نهایت بهبود میزان اسانس را نیز فراهم آورده‌است. نتیجه پژوهش عزیزی و همکاران (۱۳۸۳) بر روی ریحان نیز با تحقیق حاضر هماهنگی دارد. همان‌طور که ملاحظه گردید یک اثر هم‌افزایی و تشدید کننده در کاربرد توأم کود فسفات زیستی و ورمی‌کمپوست بر روی میزان اسانس در رازیانه به چشم می‌خورد. به نظر می‌رسد که حضور باکتری حل‌کننده فسفات همراه با سنگ فسفات در بستر کشت حاوی ورمی‌کمپوست، می‌تواند سبب بهبود فعالیت این باکتری و سایر میکروارگانیزمها شود و شرایط لازم برای حلالیت فسفر از دو منبع معدنی سنگ فسفات و آلی ورمی‌کمپوست را فراهم‌آورد و متعاقب آن دسترسی گیاه رازیانه به فسفر را افزایش دهد و از آنجا که فسفر یکی از اجزاء اصلی تشکیل دهنده اسانس می‌باشد بنابراین مشارکت این دو کود زیستی می‌تواند به بهبود بیشتر میزان اسانس نیز منجر شود. نتیجه تحقیق Kumar و Singh (۲۰۰۱) نیز مؤید همین مطلب است. همچنین بنظر می‌رسد که حضور میکوریزا در کنار کود فسفات زیستی و ورمی‌کمپوست می‌تواند یک اثر تشدید کننده بر میزان اسانس در دانه رازیانه داشته باشد. نتیجه پژوهش Ratti و همکاران (۲۰۰۱) بر روی گیاه دارویی علف لیمو نیز بیانگر آن بود که کاربرد توأم قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات همراه با سنگ فسفات، موجب یک اثر هم‌افزایی روی فعالیت هر دو میکروارگانیزم می‌شود، به نحوی که سبب تقویت و تشدید میزان اسانس در این گیاه دارویی شده است. لازم به تذکر است که در بحث تولید گیاهان دارویی، ارزش واقعی به کیفیت محصول یعنی میزان ماده مؤثره داده می‌شود و در تحقیقاتی هم که با استفاده از کودهای زیستی در این زمینه بعمل آمده نیز مشاهده شده که حداکثر ماده مؤثره در چنین شرایطی حاصل می‌شود (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۳؛ Anwar *et al.*, 2005؛ Gupta *et al.*, 2002؛ Kapoor *et al.*, 2004؛ Ratti *et al.*, 2001). در پژوهش حاضر نیز به نظر می‌رسد تیمارهای کودهای زیستی مطلوب در مقایسه با تیمار شاهد شیمیایی، به‌مراتب شرایط مناسبتری را برای بهبود فعالیتهای میکروبی مفید در خاک مهیا کرده و ضمن فراهم‌نمودن مطلوب عناصر معدنی ماکرو و میکرو برای رازیانه، از طریق ایجاد اثرهای هم‌افزایی و تشدید کننده بین خود (Ratti *et al.*, 2001؛ Kumar and Singh, 2001؛ Hazarika *et al.*, 2000) قادرند موجب افزایش میزان اسانس در دانه شوند.

مقدار آنتول بیشتر در اسانس رازیانه، نشان‌دهنده کیفیت مطلوب اسانس این گیاه دارویی است (Gross *et al.*, 2002؛ Khan *et al.*, 1992) و به نظر می‌رسد که همزیستی میکوریزایی از طریق تأثیر بر جذب مناسب عناصر غذایی و بهره‌گیری مطلوب فاکتورهای رشدی توسط رازیانه، موجب افزایش میزان آنتول در اسانس می‌شود. در همین زمینه، Kapoor و همکاران (۲۰۰٤) نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند. آنها نشان دادند که همزیستی ریشه گیاه دارویی رازیانه با دو گونه از قارچهای میکوریزا به نامهای *Glomus fasiculatum* و *G. macrocarpum*، موجب بهبود میزان آنتول در اسانس شد. در پژوهش دیگری که در آن به ارزیابی اثر قارچهای میکوریزا بر روی کیفیت اسانس گیاه دارویی گشنیز پرداخته شده بود، مشخص شد که تلقیح میکوریزایی این گیاهان، سبب بهبود بارز کیفیت اسانس گردید به‌نحوی که مقادیر اجزاء مهمی چون ژرانیول و لینالول در ترکیب اسانس به‌طور چشمگیری نسبت به شاهد افزایش یافت (Kapoor *et al.*, 2002b). از آنجایی که در پژوهش مذکور، غلظت فسفر در گیاه نیز افزایش یافته بود بنابراین محققان بهبود کیفیت اسانس را نیز به بهبود جذب فسفر مرتبط دانستند. نتایج تحقیقات سایر محققان نیز بیانگر آن بود که همزیستی میکوریزایی موجب بهبود کیفیت اسانس در گیاهان دارویی می‌شود به‌طوری که در مطالعات Kapoor و همکاران (۲۰۰۲الف) افزایش در لیمونن و کارون گیاه شوید و تیمول گیاه زیره و نیز Freitas و همکاران (۲۰۰٤) افزایش در منتول گیاه نعناع به ثبت رسید. این نکته نیز قابل تأمل است که با توجه به گونه گیاهی، ممکن است قارچهای میکوریزا نیز اثرهای مختلفی روی کیفیت اسانس داشته باشند. در رابطه با این موضوع، در تحقیقی که با استفاده از سه گونه قارچ میکوریزا بر روی ریحان انجام شد، Copetta و همکاران (۲۰۰٦) ملاحظه نمودند که گونه‌های میکوریزا دارای واکنشهای متفاوتی بودند به‌طوری که تنها گونه *Gigaspora rosea* از نظر کیفیت اسانس دارای برتری قابل ملاحظه‌ای نسبت به تیمار شاهد بود. در این پژوهش، بهبود کیفیت اسانس به افزایش ترکیبهای مهمی نظیر آلفا-ترپینئول، اوگنول و کامفور نسبت داده شد. در خصوص تأثیر میکروارگانیزمهای حل‌کننده فسفات بر روی میزان آنتول در اسانس، پژوهشی بر روی گیاه دارویی رازیانه انجام نشده است، اما در تحقیقی که به منظور بررسی اثر باکتریهای حل‌کننده فسفات بر روی کیفیت اسانس گیاه دارویی علف لیمو صورت گرفت، Ratti و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که کاربرد یک گونه از باکتری حل‌کننده فسفات به نام *Bacillus polymyxa* همراه با مصرف یک نوع فسفات معدنی غیر محلول به نام تری کلسیم فسفات، باعث بهبود کیفیت اسانس شد به نحوی که درصد ژرانیول در اسانس بیشتر از تیمار شاهد بود. از آنجایی که ورمی‌کمپوست غنی از عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف بوده و در بهبود فرایندهای حیاتی خاک نیز نقش مؤثری ایفاء می‌کند بنابراین مصرف آن می‌تواند موجب افزایش بیوماس گیاهی و تسریع در گلدهی شود (Arancon *et al.*, 2004) و این مسئله ضمن مهیا کردن زمان مناسب برای رسیدگی مطلوب دانه رازیانه، می‌تواند سبب بهبود کیفیت اسانس آن نیز شود. یافته‌های Anwar و همکاران (۲۰۰۵) بر روی ریحان با نتیجه این تحقیق مطابقت دارد. آنها در پژوهش خود نشان دادند که مصرف ورمی‌کمپوست، برتری بارزی از نظر کیفیت اسانس نسبت به کنترل داشت، به‌طوری که مقادیر

لینالول و متیل کاویکول موجود در اسانس به نحو محسوسی بیشتر بود. نتیجه بدست‌آمده از مقایسه بین تیمارهای کود زیستی و شاهد مؤید این است که کاربرد تیمارهای مطلوب کود زیستی، می‌تواند عناصر غذایی لازم (پر مصرف و کم مصرف) را در مراحل مختلف رشد در اختیار گیاه رازیانه قرار دهد و منجر به افزایش کیفیت اسانس یعنی میزان آنتول شود. سایر محققان نیز بهبود در کیفیت اسانس گیاهان دارویی را به کمک مصرف کودهای زیستی و آلی، تأیید می‌نمایند (اکبری‌نیا، ۱۳۸۲؛ شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۸۱؛ Anwar *et al.*, 2005؛ Freitas *et al.*, 2004؛ Kapoor *et al.*, 2004).

به نظر می‌رسد که همزیستی میکوریزایی از طریق بهبود میزان آنتول رازیانه، سبب کاهش میزان فنکون در اسانس آن می‌شود. نتیجه پژوهش Kapoor و همکاران (۲۰۰٤) نیز با این تحقیق مطابقت دارد. در تحقیقاتی که بر روی سایر گیاهان دارویی انجام گرفته است نیز نتایج مشابهی حاصل شد. در همین زمینه در مطالعه‌ای بر روی دو گیاه دارویی شوید و نوعی زیره، مشاهده شد که همزیستی ریشه این دو گیاه با قارچ های VAM موجب کاهش چشمگیر میزان دیل آپیول در اسانس گیاه شوید و میزان پارا سیمن در اسانس گیاه زیره در مقایسه با شاهد گردید (Kapoor *et al.*, 2002a). نتایج مطالعات Kapoor و همکاران (۲۰۰۲ب) بر روی گشنیز، Freitas و همکاران (۲۰۰٤) بر روی نعناع و Copetta و همکاران (۲۰۰٦) بر روی ریحان، در رابطه با کاهش برخی از ترکیبهای عمده اسانس در گیاهان مذکور، با نتیجه تحقیق حاضر هماهنگی دارد. در خصوص تأثیر ورمی‌کمپوست بر میزان فنکون نیز، مشاهده شد که یافته‌های Anwar و همکاران (۲۰۰۵) بر روی ریحان با نتیجه تحقیق حاظر مطابقت دارد. آنها نشان دادند که مصرف ۵ تن ورمی‌کمپوست سبب کاهش معنی‌دار برخی از ترکیبهای موجود در اسانس ریحان در مقایسه با تیمار شاهد شد. در تفسیر نتیجه بدست آمده از اثر متقابل میان قارچ میکوریزا و ورمی‌کمپوست، می‌توان اظهار داشت همان گونه که اثر مجزای هر یک از دو کود زیستی مذکور، سبب کاهش معنی‌دار میزان فنکون در اسانس شد، مشاهده شد که این تأثیر کاهندگی در حضور توأم میکوریزا و ورمی‌کمپوست نیز تشدید می‌شود و منجر به کاهش بیش از پیش میزان فنکون در اسانس می‌شود. همچنین با بهبود بارزی که در میزان آنتول در اسانس در تیمارهای مطلوب کود زیستی مشاهده شد، قابل انتظار بود که ما شاهد کاهش برخی از ترکیبهای اسانس نظیر میزان فنکون در تیمارهای یادشده نسبت به تیمار شاهد شیمیایی نیز باشیم. نتایج برخی تحقیقات نیز نشانگر آن است که مصرف کودهای زیستی و آلی موجب تقلیل میزان فنکون در اسانس رازیانه می‌شود (شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۸۱؛ Kapoor *et al.*, 2004). همچنین گزارش Marotti و همکاران (۱۹۹۳) نیز حکایت از آن دارد که مصرف کودهای شیمیایی بر روی میزان فنکون موجود در اسانس رازیانه مؤثر می‌باشد و می‌تواند باعث افزایش میزان آن شود.

می‌توان اظهار داشت که همزیستی میکوریزایی با تأثیر مثبت بر روی افزایش مقدار برخی از اجزاء اسانس (میزان آنتول)، موجب کاهش میزان لیمونن در اسانس رازیانه می‌شود. یافته‌های Kapoor و همکاران (۲۰۰٤) نیز با نتیجه این پژوهش هماهنگی دارد. همچنین در تحقیقی دیگر در ارتباط با تغییر ترکیبهای اسانس در تلقیح با میکوریزا، مشاهده شد که همزیستی ریشه گیاه دارویی

گشنیز با دو گونه قارچ میکوریزا به نامهای *Glomus fasiculatum* و *G. macrocarpum*، باعث کاهش بارز آنتول و بتا-المن موجود در اسانس در مقایسه با شاهد شد (Kapoor *et al.*, 2002b). نتایج تحقیقات Kapoor و همکاران (۲۰۰۲الف) بر روی شوید و نوعی زیره، Freitas و همکاران (۲۰۰٤) بر روی نعناع و Copetta و همکاران (۲۰۰٦) بر روی ریحان نیز مؤید همین مطلب است. در خصوص اثر کاربرد کود فسفات زیستی بر کاهش میزان لیمونن در اسانس نیز، Ratti و همکاران (۲۰۰۱) در پژوهشی بر روی گیاه دارویی علف لیمو، نشان دادند که کاربرد یک گونه از باکتریهای حل‌کننده فسفات به نام *Bacillus polymyxa*، موجب تغییر در اجزاء تشکیل دهنده اسانس این گیاه شد به‌طوری که در برابر افزایشی که در میزان ژرانیول در اسانس صورت گرفت، چندین ترکیب دیگر موجود در اسانس کاهش یافت. همچنین در رابطه با تأیید تقلیل میزان لیمونن در اسانس رازیانه در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست نیز، Anwar و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهشی مشاهده کردند که کاربرد مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست بر روی ترکیبهای تشکیل دهنده اسانس تأثیر می‌گذارد، به‌طوری که مصرف ۵ تن ورمی‌کمپوست، موجب کاهش بارز برخی از اجزاء اسانس ریحان شد. در بسیاری از پژوهشهای مرتبط با کشاورزی پایدار مشاهده می‌شود که مصرف کودهای زیستی و آلی در گیاهان دارویی اسانس‌دار ضمن افزایشی که در برخی از اجزاء تشکیل دهنده اسانس ایجاد می‌کند، سبب کاهش در بعضی از ترکیبهای اسانس نیز می‌شود (اکبری‌نیا، ۱۳۸۲؛ Anwar *et al.*, 2005؛ Copetta *et al.*, 2006؛ Freitas *et al.*, 2004؛ Kapoor *et al.*, 2002a). گیاه دارویی رازیانه نیز از این حیث مستثنی نیست (شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۸۱؛ Kapoor *et al.*, 2004) و این موضوع به وضوح در نتیجه تحقیق حاضر در خصوص کاهش میزان لیمونن در اسانس در صورت کاربرد تیمارهای مطلوب کود زیستی نیز ملاحظه می‌شود. تحقیقاتی هم که توسط Marotti و همکاران (۱۹۹۳) در زمینه کاربرد کودهای شیمیایی بر روی ترکیبهای موجود در اسانس رازیانه انجام گرفت، مشخص نمود که یک رابطه همبستگی منفی بین میزان دو ترکیب آنتول و لیمونن در اسانس وجود دارد. از این رو در مطالعه ما نیز با توجه به کاهشی که در میزان آنتول تیمار کود شیمیایی ملاحظه شد، انتظار افزایش میزان لیمونن در اسانس آن نیز قابل پیش‌بینی بود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از رئیس و کارکنان ایستگاه تحقیقات همند وابسته به مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور که همکاری صمیمانه‌ای در طول اجرای تحقیق داشتند، کمال تشکر و سپاس را داریم. از همکاری و زحمات کارکنان بخش تحقیقات گیاهان دارویی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور نیز کمال تشکر و امتنان را داریم.

منابع مورد استفاده

- امیدبیگی، ر.، ۱۳۷٦. رهیافتهای تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد دوم، انتشارات طراحان نشر، ٤۲٤ ص.
- اکبری‌نیا، ا.، ۱۳۸۲. بررسی عملکرد و ماده مؤثره زنیان در سیستمهای کشاورزی متداول، ارگانیک و تلفیقی. رساله دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.
- سفیدکن، ف.، ۱۳۸۰. بررسی کمی و کیفی اسانس رازیانه *Foeniculum vulgare* Mill. در مراحل مختلف رشد. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۷: ۱۰٤-۸۵.

- شریفی عاشورآبادی، ا.، امین، غ.ر، میرزا، م. و رضوانی، م.، ۱۳۸۱. تأثیر سیستمهای تغذیه گیاه (شیمیایی، تلفیقی و ارگانیک) بر کیفیت گیاه دارویی رازیانه. مجله پژوهش و سازندگی، ۵۶ و ۵۷: ۸۷-۷۸.
- عزیزی، م.، لکزیان، ا. و باغانی، م.، ۱۳۸۳. بررسی تأثیر مقادیر متفاوت ورمی‌کمپوست بر شاخصهای رشد و میزان اسانس ریحان اصلاح شده. خلاصه مقالات دومین همایش گیاهان دارویی، دانشگاه شاهد، ۸-۷ بهمن: ۶۲.
- Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A. and Khanuja, S.P.S., 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 36 (13-14): 1737-1746.
- Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J.D., 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology, 93: 145-153.
- Copetta, A., Lingua, G. and Berta, G., 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. Mycorrhiza, 16: 485-494.
- Freitas, M.S.M., Martins, M.A. and Vieira, E.I.J.C., 2004. Yield and quality of essential oils of *Mentha arvensis* in response to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 39(9): 887-894.
- Gross, M., Friedman, J., Dudai, N., Larkov, O., Cohen, Y. and Bar, E., 2002. Biosynthesis of estragole and t-anethole in bitter fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. var. vulgare) chemotypes. Changes in SAM: phenylpropene o-methyltranferase activities during development. Plant Science, 163: 1047-1053.
- Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M. and kumar, S., 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* 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.
- Hazarika, D.K., Taluk Dar, N.C., Phookan, A.K., Saikia, U.N., Das, B.C. and Deka, P.C., 2000. Influence of vesicular arbascular mycorrhizal fungi and phosphate solubilizng bacteria on nursery establishment and growth of tea seedlings in assam. Symposium no. 12, Assam Agricultural University, Jorhat- Assam, India.
- Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G., 2002a. Glomus macrocarpum: a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens* L.) and carum (*Trachyspermum ammi* Sprague). World Journal of Microbiology and Biotechnology, 18 (5): 459-463.
- Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G., 2002b. Mycorrhization of coriander (*coriandrum sativum*) 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, K.G., 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.
- Khan, M.M.A., Samiullah, S.H.A. and Afridi, M.M.R.K., 1992. Yield and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in relation to basal and foliar application of nitrogen and phosphorus. Journal of Plant Nutrition, 15(11): 2505-2515.
- Khaosaad, T., Vierheilig, H., Nell, M., Zitterl-Eglseer, K. and Novak, J., 2006. Arbuscular mycorrhiza alter the concentration of essential oils in oregano (*Origanum sp*., Lamiaceae). Mycorrhiza, 16: 443-446.
- Kumar, V. and Singh, K.P., 2001. Enriching vermicompost by nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria. Bioresource Technology, 76: 173-175.
- Loomis, W.D. and Corteau, R., 1972. Essential oil biosynthesis. Recently Advance Phytochem, 6: 147-185.
- Marotti, M., Dellacecca, V., Piccaglia, R. and Glovanelli, E., 1993. Agronomic and chemical evaluation of three varieties of *Foeniculum vulgare* Mill. Acta Horticulture, 331: 63-69.
- Miraldi, E., 1999. Comparison of the essential oils from ten *Foeniculum vulgare* Miller samples of fruits of different origin. Flavour and Fragrance Journal, 14: 379-382.
- Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N. and Gautam, S.P., 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. motia by rhizobacteria, AMF and Azospirillum inoculation. Microbiological Research, 156: 145-149.
- Sharma, A.K., 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India, 300p.
- Sundara, B., Natarajan, V. and Hari, K., 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugar cane and sugar yields. Field Crop Research, 77: 43-49.

The effects of mycorrhiza, vermicompost and phosphatic biofertilizer application on quantity and quality of essential oil in Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.)

M.T. Darzi[1*], A. Ghalavand[2], F. Sefidkon[3] and F. Rejali[4]

1*- Corresponding author, Islamic Azad University, Rudhen Branch, Iran, E-mail: MT_Darzi@yahoo.com
2- Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran
3- Research Institute of Forest and Rangelands, Tehran, Iran
4- Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran

Received: December 2007 Revised: June 2008 Accepted: July 2008

Abstract

In order to study the effects of biofertilizers on quantity and quality of essential oil in fennel containing essential oil content and anethole content, fenchone content and limonene content in essential oil, an experiment was conducted at Hamand Research station in Damavand in 2005 and 2006. The factors were mycorrhizal inoculation (inoculated and non-inoculated), phosphatic biofertilizer (0, 30, 60 kg/ha) and vermicompost (0, 5 , 10 ton/ha). The experiment design was factorial experiment in the base of randomized complete blocks design with eighteen treatments and three replications. In addition, one plot was allocated to control in each replication and only chemical fertilizers (NPK: 90, 60 and 90 kg/ha) were used. Data obtained from control plots were used for comparing other plots. Mean comparison was carried out using Duncan multiple range test (at 5% level). Results showed that the highest essential oil content in seed and anethole content in essential oil and the lowest fenchone content and limonene content in essential oil were obtained with mycorrhiza treatment. Phosphatic biofertilizer also showed significant effects on essential oil content and anethole and limonene contents in essential oil (except fenchone content). The maximum essential oil content in seed and anethole content in essential oil were related to the plots with consumption of 60 kg/ha. The lowest limonene content in essential oil was obtained with consumption of 30 kg/ha phosphatic biofertilizer. The highest essential oil content in seed and anethole content in essential oil and minimum fenchone content and limonene content in essential oil were obtained with consumption of 10 ton/ha vermicompost. Comparison of control versus biofertilizer treatments was significant, as two biofertilizer treatments include inoculation with mycorrhiza, application of 30 kg/ha phosphatic biofertilizer and 10 ton/ha vermicompost and inoculation with mycorrhiza and application of 60 kg/ha phosphatic biofertilizer and 10 ton/ha vermicompost in relation to quantity and quality of essential oil were better than control.

Key words: Fennel, Mycorrhiza, phosphatic biofertilizer, vermicompost, essential oil, anethole, fenchone, limonene.