



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"

دوره چهارم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۶

<http://arpe.gonbad.ac.ir>

بررسی اثر کودهای بیولوژیک و ورمی کمپوست بر برخی از خصوصیات بیولوژیکی و کیفیت اسانس گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare Mill*) در خرم آباد

نوشین اصولی^{۱*}، کاظم طالشی^۲

^۱استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم آباد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۳

چکیده

مقدمه: استفاده از کودهای بیولوژیک به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان یک مسئله مهم در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار می باشد. برای بهبود خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک می توان از مواد آلی مثل کمپوست و ورمی کمپوست و میکروارگانیسم های بهبوددهنده رشد گیاه استفاده نمود. برای کاهش این مخاطرات باید از منابع و نهاده هایی استفاده کرد که علاوه بر تأمین نیازهای غذایی فعلی گیاه، باعث پایداری سیستم های کشاورزی در دراز مدت نیز منجر شود.

مواد و روش ها: این تحقیق به صورت بلوک های کامل تصادفی با هفت تیمار در ۳ تکرار طی سال زراعی ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل (۱) شاهد (بدون تیمار کودی)، (۲) باکتری ازتوباکتر (گونه *Azotobacter chroococcum*)، (۳) باکتری سودوموناس (گونه *Pseudomonas putida*)، (۴) ازتوباکتر + سودوموناس، (۵) ترکیب ورمی کمپوست (۲ تن در هکتار) + ازتوباکتر + سودوموناس، (۶) ترکیب ورمی کمپوست (۴ تن در هکتار) + ازتوباکتر + سودوموناس، (۷) ترکیب ورمی کمپوست (۶ تن در هکتار) + ازتوباکتر + سودوموناس بوده است. صفاتی از قبیل ارتفاع گیاه، وزن ریشه، قطر ساقه، عملکرد اسانس و خصوصیات کیفی اسانس از قبیل آنتول، فنکون، استراگول و لیمونن مورد بررسی قرار گرفتند.

*نویسنده مسئول: noshin_osoli@yahoo.com

نتایج: نتایج نشان داد که استفاده از کودهای بیولوژیکی و ورمی کمپوست تاثیر معنی داری بر صفات اندازه گیری شده داشته است. مطابق نتایج، بیشترین ارتفاع گیاه (۱۰۴/۸ سانتی متر)، وزن ریشه (۷۶/۶۸ گرم در مترمربع)، قطر ساقه (۳/۶۶ میلی متر)، عملکرد اسانس (۱۲/۶۳ کیلوگرم در هکتار) استراگول (۵/۷۶ درصد) و لیمونن (۴/۹۰ درصد) در تیمار ترکیب ورمی کمپوست (۶ تن در هکتار) + ازتوباکتر + سودوموناس بدست آمد، در حالی که کمترین میزان آن‌ها در تیمار شاهد مشاهده شد. هم‌چنین بیشترین میزان آنتول (۵۶/۳۲ درصد) و فنکون (۷/۷۶ درصد) از تیمار شاهد (بدون استفاده از هیچ کود) بدست آمد.

نتیجه گیری: به‌طور کلی کودهای بیولوژیک و ورمی کمپوست بر بعضی خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد اسانس و بعضی خصوصیات کیفی اسانس دانه رازیانه تاثیر مثبت داشته است. کاربرد این تیمارها از طریق مهیا نمودن آب و عناصر غذایی برای گیاه و باعث توسعه ریشه گیاه و در نهایت افزایش خصوصیات ذکر شده می‌شود.

واژه های کلیدی: کودهای بیولوژیک، ورمی کمپوست، خصوصیات مورفولوژیکی، اسانس، رازیانه

مقدمه

استفاده از سیستم‌های زراعی کم‌نهاد و ابداع شیوه‌های نوین مدیریت بهره‌برداری از منابع به‌منظور دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده که استفاده از کودهای بیولوژیک به‌منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان یک مسئله مهم در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار می‌باشد. برای بهبود خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک می‌توان از مواد آلی مثل کمپوست و ورمی کمپوست و میکروارگانیسم‌های بهبوددهنده رشد گیاه استفاده نمود. برای کاهش این مخاطرات باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر تأمین نیازهای فعلی گیاه باعث پایداری سیستم‌های کشاورزی در دراز مدت نیز منجر شود. بنابراین استفاده از کودهای زیستی و انتخاب بهترین گونه میکروارگانیسم که بیشترین سازگاری را نسبت به اقلیم منطقه داشته باشد می‌تواند در پایداری سیستم کشاورزی مفید واقع شود (Murty and Ladha, 1988). در بسیاری موارد کاربرد کودهای شیمیایی باعث آلودگی‌های محیطی و صدمات اکولوژیکی می‌شود که خود هزینه تولید را افزایش می‌دهد (Ghost and Bhat, 1998).

ورمی کمپوست حاصل یک فرآیند نیمه‌هوازی است که طی تجزیه مشترک مواد آلی توسط کرم زباله یا کرم خاکی و میکروارگانیسم‌های خاکی تولید می‌شود (Atiyeh et al., 2002). ورمی کمپوست غنی از هورمون‌های رشد و ویتامین‌ها بوده و به‌عنوان یک آفت‌کش قوی زیستی مطرح است (Martin et al., 1997). ورمی کمپوست از طرفی ظرفیت نگهداری رطوبت موجود در خاک را نیز افزایش می‌دهد و از آبشویی عناصر غذایی جلوگیری می‌کند (Galli et al., 1990). در پژوهشی قلاوند و همکاران (Ghalavand et al., 2006) مشاهده کردند که اثر ترکیب کودهای شیمیایی و آلی

به‌عنوان یک منبع تغذیه مناسب برای گیاه و عامل اساسی در اصلاح ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک عمل نموده است. میرزایی تالارپشتی و همکاران (Mirzaei et al., 2009) بیان کردند که کمپوست سبب افزایش ماده آلی خاک و عناصر غذایی پرمصرف در خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک می‌شود.

درزی و همکاران (Darzi et al., 2012) در بررسی باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپرلیوم بر گیاه گشنیز اظهار داشت که این باکتری‌ها از طریق افزایش نیتروژن قابل دسترس، فتوسنتز گیاه را سرعت بخشیده و اثر معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه داشتند. در همین رابطه در پژوهشی که با استفاده از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات بر گیاه دارویی مرزنجوش انجام شد، نتایج نشان داد که مصرف کودهای زیستی باعث افزایش درصد و عملکرد اسانس نسبت به تیمار شاهد شد (Gharib et al., 2008). ازاز و همکاران (Azzaz et al., 2009) نیز کاربرد کودهای زیستی را عاملی در افزایش رشد رویشی، عملکرد و میزان اسانس گیاه رازیانه گزارش کردند. همچنین در مطالعه‌ای گزارش شده است که کودهای آلی می‌توانند عملکرد و محتوای اسانس را در گیاه دارویی افزایش دهد (Anwar et al., 2005). با آن‌که رویکرد انسان به فرآورده‌های دارویی گیاهان دارویی دیرینه‌ای بلند دارد؛ ولی از حدود نیمه دوم قرن بیستم مسئله افزایش تولید این فرآورده‌ها در سطح مزارع و باغات شکل علمی نو به خود گرفت و بهره‌وری از گیاهان پرورشی مربوطه به (با عنوان محصولات و میوه‌های شیمیایی، دستاوردهای متابولیتی و عناوین دیگر) به‌جای انهدام و مصرف گیاهان رویشی طبیعت، جایگاه تازه و بی‌سابقه‌ای یافت.

رازیانه گیاهست چندساله با نام علمی *Foeniculum vulgare* Mill، از مهمترین و پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی خانواده چتریان می‌باشد، که عمدتاً به‌منظور استفاده از اسانس حاصل از آن در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی مورد کشت قرار می‌گیرد (Darzi et al., 2012). استفاده از گیاهان دارویی و فرآورده‌های حاصله از آن نقش این گیاهان را در چرخه اقتصادی جهانی پررنگ‌تر کرده، به‌طوری‌که مصرف رو به تزاید آن‌ها تنها به کشورهای در حال توسعه محدود نبوده بلکه در کشورهای پیشرفته نیز توسعه فراوانی یافته‌اند. صرف‌نظر از ارزش اقتصادی گیاهان دارویی، این گیاهان قابل تطابق با روش‌های کشت ارگانیک هستند که تمایل تولیدکننده‌ها و مصرف‌کننده‌ها را به‌همراه دارد (Moradi et al., 2009).

زراعت گیاهان دارویی با کوه‌های بیولوژیک و ورمی‌کمپوست، اثرات منفی روی کیفیت دارویی و عملکرد آن‌ها را کاهش می‌دهد، لذا بسیاری از شرکت‌های تولیدکننده داروهای گیاهی، ترکیبات گیاهی را که از طریق کشت آلی یا بیودینامیک تولید شده باشند، ترجیح می‌دهند (Griff et al., 2003). بنابراین با توجه به اهمیت و جایگاه رازیانه به‌عنوان یک گیاه دارویی، این تحقیق به‌منظور بررسی اثر

باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، حل‌کننده‌های فسفات و ورمی کمپوست بر بعضی خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد اسانس و ترکیبات اسانس به اجرا در آمده تا واکنش این گیاه دارویی در راستای کشاورزی پایدار به کودهای بیولوژیکی مشخص شود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه و با ارتفاع ۱۱۴۷ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالانه ۴۹۹ میلی‌متر به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با ۷ تیمار و ۳ تکرار اجرا شد. تیمارها شامل C) شاهد (بدون تیمار کودی)، N) باکتری ازتوباکتر (گونه *Azotobacter chroococcum*)، P) باکتری سودوموناس (گونه *Pseudomonas putida*)، NP) ازتوباکتر + سودوموناس، V2NP) ترکیب ورمی کمپوست (۲ تن در هکتار) + ازتوباکتر + سودوموناس، V4NP) ترکیب ورمی کمپوست (۴ تن در هکتار) + ازتوباکتر + سودوموناس، V6NP) ترکیب ورمی کمپوست (۶ تن در هکتار) + ازتوباکتر + سودوموناس بوده است. ازتوباکتر با نام تجاری ازتوباکتر بارور ۱ (حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس ازتوباکتر) و سودوموناس با نام تجاری بیوسفربارور ۲ (حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات از جنس *باسیلیوس لنتوس* و *سودوموناس پوئید*) بوده و هر کدام دارای جمعیت تقریبی 10^8 باکتری در هر میلی‌لیتر (10^8 CFU/ml) بوده، که از شرکت زیست فناور سبز تهیه گردید. قبل از اجرای آزمایش، نمونه خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متر به صورت تصادفی از زمین محل اجرای آزمایش برداشت که نتایج آن به همراه نتایج آزمایش ورمی کمپوست در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه (۳۰-۰ سانتی‌متر)

Table 1- Analysis of physical and chemical characteristics of soil

| بافت خاک | اسیدیته | هدایت الکتریکی | ماده آلی | کربن آلی | نیتروژن | فسفر | پتاسیم |
|----------|---------|----------------|----------|----------|---------|-------|--------|
| Texture | pH | EC (ds/m) | OM (%) | OC (%) | N (%) | P (%) | K (%) |
| Loam | 7.4 | 1.21 | 3.24 | 2.19 | 0.16 | 1.17 | 0.12 |

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ورمی کمپوست

Table 2- Analysis of physical and chemical characteristics of vermicompost

| اسیدیته | هدایت الکتریکی | ماده آلی | کربن آلی | نیتروژن | فسفر | پتاسیم |
|---------|----------------|----------|----------|---------|-------|--------|
| pH | EC (ds/m) | OM (%) | OC (%) | N (%) | P (%) | K (%) |
| 6.35 | 1.20 | 20.16 | 11.7 | 1.81 | 1.16 | 1.16 |

براساس آزمون خاک مقادیر ۱۵۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره (نیتروژن) و سوپرفسفات تریپل (فسفر) به خاک اضافه شد. کل کود فسفر و یک دوم کود نیتروژن در زمان کاشت و مابقی کود نیتروژن در اوایل زمان گلدهی به خاک اضافه شد. براساس نیاز کودی رازیانه و اطلاعات خاک، ورمی کمپوست براساس نقشه طرح قبل از کاشت در عمق ۱۵ سانتی متری به خاک مخلوط شد. تلقیح باکتری های ازتوباکتر بارور ۱ و بیوسفربارور ۲ براساس تیمارها با بذر رازیانه (تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان) قبل از کاشت و در شرایط سایه انجام گرفت. بدین منظور، ابتدا میزان بذر مورد نیاز برای هر تیمار انتخاب، و برای تسهیل در چسبیدن مایه تلقیح با بذرهای، از مقداری شکر حل شده در آب گرم (۱۰ گرم شکر در ۱۰۰ گرم آب) استفاده شد. خیس شدن بذور توسط محلول آب و شکر، مایه تلقیح به بذرها مخلوط شده و سپس بذرها به طور جداگانه به مدت دو ساعت در سایه خشک شدند.

کرت‌هایی به ابعاد ۳ × ۴ متر مربع ایجاد شد. در هر کرت ۶ ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی متر از یکدیگر ایجاد شده و بذرها به فاصله ردیف‌های کشت ۱۵ سانتی متر و در عمق ۲-۳ سانتی متر، در ۱۰ فروردین ۱۳۹۴ کشت گردید. بعد از کشت نیز برای سبز شدن یکنواخت آبیاری صورت گرفت و در طول دوره رشد نیز هر هفته یکبار آبیاری انجام می‌گرفت. فاصله بین کرت‌ها در هر بلوک ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. جهت حصول تراکم مناسب در مرحله ۴ برگی گیاه عمل تنک کردن انجام گرفته و هم‌چنین ۳ مرتبه وجین علف‌های هرز در طول رشد گیاه به صورت دستی انجام گرفت. در طول رشد گیاه آفت و بیماری خاصی مشاهده نشد. حدود اواسط شهریور کرت‌ها آماده برداشت و نمونه‌برداری خصوصیات مورفولوژیکی انجام گرفت.

جهت اندازه‌گیری درصد و عملکرد اسانس، مقدار ۲۰ گرم از دانه تولید شده در هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و در سایه کاملاً خشک شده و توسط آسیاب پودر شده و سپس به مدت ۲ ساعت در دستگاه کلونجر قرار داده شده و پس از رطوبت‌زدایی آب آن توسط سولفات سدیم، درصد و مقدار عملکرد اسانس آن اندازه‌گیری شد (Mirza et al., 1996). جهت تعیین درصد دقیق ترکیبات اساسی موجود در اسانس مثل آنتول، فنکون، لیمونن و استراگول از دستگاه کروماتوگراف گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. طیف‌های بدست آمده از طریق مقایسه با طیف‌های جرمی ترکیبات استاندارد و به کمک شاخص بازداری (RI) و مقایسه آن با کتب مرجع و مقالات با استفاده از کتابخانه کامپیوتری صورت گرفت (Adams, 2001). داده‌های توسط نرم‌افزار آماری MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که صفات ارتفاع گیاه، عملکرد اسانس و وزن ریشه در سطح یک درصد و قطر ساقه در سطح پنج درصد تحت تاثیر تیمارهای مختلف کودهای بیولوژیک و ورمی کمپوست قرار گرفته است (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که، کاربرد توام کودهای بیولوژیک و ورمی کمپوست باعث افزایش عملکرد اسانس، ارتفاع گیاه، وزن ریشه و قطر ساقه نسبت به شاهد شده است؛ به طوری که بیشترین عملکرد اسانس (۱۲/۶۳ درصد)، ارتفاع گیاه (۱۰۴/۸ سانتی‌متر) و وزن ریشه (۷۶/۶۸ گرم در مترمربع) در تیمار کود بیولوژیک ازتوباکتر + سودوموناس به همراه ۶ تن در هکتار ورمی کمپوست و بیشترین قطر ساقه (۴/۵۰ میلی‌متر) در تیمار کود بیولوژیک ازتوباکتر + سودوموناس به همراه ۴ تن در هکتار ورمی کمپوست حاصل شد. هم‌چنین کمترین این صفات در تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۴).

حسینی و همکاران (Hoseyni *et al.*, 2006) نشان دادند که کودهای آلی مثل ورمی کمپوست می‌تواند ساختمان خاک را توسعه داده که این امر باعث رشد و ریشه گیاهان، باعث مهیا نمودن و جذب بهتر مواد غذایی توسط گیاهان می‌شود. علاوه بر این کودهای آلی باعث تسهیل در جذب و نگهداری آب در خاک می‌شود که این امر باعث تاثیر مطلوبی در رشد گیاه و تولید ترکیبات اسانس گیاه می‌شود. تحقیق انجام گرفته شده بر روی ریحان نشان داد که مصرف کودهای بیولوژیک سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات سبب افزایش ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن تر و وزن خشک ساقه و وزن تر و خشک ریشه شده است (Rahi, 2013).

نتایج این تحقیق با نتایج کوزه‌گر کانجی و اردکانی (Koozehgar Kaleji and Ardakani, 2017) که استفاده از میکوریزا و ورمی کمپوست سبب افزایش وزن خشک ریشه، قطر ریشه و طول ریشه شده است، مطابقت دارد. هم‌چنین بیگناه و همکاران (Bigonah *et al.*, 2015) اظهار داشتند که، تیمارهای کودی اعمال شده نظیر کودهای بیولوژیک و ورمی کمپوست باعث افزایش ارتفاع گیاه گشنیز شد. انصاری (Ansari, 2008) رشد بهتر و عملکرد بالاتر گیاهان در اثر کاربرد چای کمپوست و ورمی‌واش را آزادسازی آهسته عناصر غذایی به همراه آکسین و جیبرلین ناشی از این کودها نسبت داد. زارع دوست و همکاران (Zaredost *et al.*, 2012) گزارش نمودند که کود بیولوژیک فسفات می‌تواند موجب افزایش اندام‌های هوایی گیاه گل جعفری شود. گرگینی شبانکاره و خراسانی‌نژاد (Gargini and Khorasani nejhah, 2017) گزارش کردند که مصرف کودهای زیستی و اسیدسالیسیلیک بر روی صفات مورد مطالعه گیاه دارویی اکلیل کوهی تاثیر معنی‌داری داشته و سبب افزایش ارتفاع گیاه وزن خشک گیاه تعداد شاخه جانبی شده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کود بیولوژیک و ورمی کمپوست بر برخی از صفات مورد مطالعه رازیانه
 Table 3- Analyses of variance (MS) of the effect of biological fertilizer and vermicompost on some of studied characteristics of *Foeniculum vulgare*

| منابع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی DF | ارتفاع بوته Plant height | وزن ریشه Root weight | قطر ساقه Stem diameter | عملکرد اسانس Essential oil yield |
|-------------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| بلوک Block | 2 | 2.89 ^{ns} | 57.14 ^{ns} | 0.32 ^{ns} | 0.001 ^{ns} |
| تیمار Treatment | 6 | 216.36 ^{**} | 628.77 ^{**} | 0.78 [*] | 0.044 ^{**} |
| خطا Error | 12 | 11.78 | 18.35 | 0.119 | 0.005 |
| ضریب تغییرات CV (%) | | 3.88 | 7.16 | 12.13 | 5.4 |

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.
 * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کود بیولوژیک و ورمی کمپوست بر برخی از صفات مورد مطالعه. رازیانه
 Table 3- Comparison of the mean of biological fertilizer and vermicompost on some of studied characteristics of *Foeniculum vulgare*

| تیمارها | ارتفاع گیاه | وزن ریشه | قطر ساقه | عملکرد اسانس |
|------------|-------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| Treatments | Plant height (cm) | Root weight (g/m ²) | Stem Diameter (mm) | Essential oil yield (kg/ha) |
| C | 76.43f | 43.86e | 3.03d | 5.78e |
| N | 88.31d | 57.63c | 3.03d | 7.34d |
| P | 84.06e | 46.16d | 3.10d | 9.23b |
| NP | 85.31de | 48.13d | 3.53bc | 10.47b |
| V2NP | 92.31c | 68.26b | 3.83b | 8.62c |
| V4NP | 96.53b | 71.25b | 4.50a | 8.05c |
| V6NP | 104.8a | 76.68a | 3.66b | 12.63a |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. Means in each column followed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

عملکرد اسانس برآیندی از عملکرد دانه و درصد اسانس دانه می‌باشد؛ لذا هر گونه افزایش در این دو مورد می‌تواند منجر به افزایش عملکرد اسانس تولیدی گردد. رضایی چپانه و همکاران (Rezaei *et al.*, 2014) نشان داد که عملکرد اسانس بذر زیره سبز در تیمار ترکیبی سه‌گانه ازتوباکتر + فسفر بارور ۲ + بیوسولفور به دلیل بالا بودن عملکرد دانه درصد اسانس در این تیمار را داشته است. محفوظ و شرفالدین (Mahfoz and Sharafdin, 2007) با بررسی تاثیر کودهای بیولوژیک ازتوباکتر، سودوموناس و آزوسپیریوم روی گیاه رازیانه بیان کردند که اعمال این تیمارهای کودی باعث افزایش عملکرد آن شده است.

تحقیقی در خصوص بررسی تاثیر مثبت ورمی‌کمپوست، کودهای آلی و باکتری همزیستی میکوریزایی بر روی خاک نشان دادن که تیمارهای ترکیبی ذکر شده سبب افزایش عملکرد اسانس بذر نعنای صحرایی (*Mentha spicata* L.) شده است (Koozehgar Kaleji and Ardakani, 2017). در تحقیقی بیشترین عملکرد اسانس در هکتار و هم‌چنین کامازولن گیاه دارویی بابونه آلمانی، به ترتیب در تیمار باکتری حل‌کننده فسفات و نیتروکسین (تلفیق ازتوباکتر و آزوسپیریوم) مشاهده شد (Falahi *et al.*, 2009). سطوح مختلف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کودهای زیستی آزوسپیریوم، ازتوباکتر و باسیلوس روی گیاه رازیانه نشان داد بالاترین عملکرد اسانس در تیمار تلفیقی آزوسپیریوم، ازتوباکتر و باسیلوس و ۵۰ درصد نیتروژن و فسفر می‌شود.

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس ترکیبات اسانس دانه رازیانه به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای مختلف کودهای بیولوژیک و ورمی‌کمپوست قرار گرفته است (جدول ۵)؛ به‌طوری‌که استفاده از کود زیستی ازتوباکتر + سودوموناس سبب افزایش استراگول (۵/۱۶ درصد) نسبت به شاهد شده داشته است و کمترین میزان استراگول در شاهد (۳/۸۶ درصد) بدست آمده است (جدول ۶)؛ ولی اثر ورمی‌کمپوست، کود زیستی ازتوباکتر + سودوموناس بر روی آنتول و فنکون اثر افزایش نداشته؛ به‌طوری‌که میزان آنتول و فنکون در شاهد به ترتیب ۷۵/۰۷ و ۱۳/۱۶ درصد نسبت به بقیه تیمارها بیشتر بوده است و کمترین میزان آنتول به میزان ۵۹/۳۲ درصد در تیمار ورمی‌کمپوست (۶ تن در هکتار) + ازتوباکتر + سودوموناس و فنکون به میزان ۸/۶۳ درصد در تیمار ازتوباکتر به تنهایی بوده است (جدول ۶). هم‌چنین بیشترین میزان لیمونن در تیمار ورمی‌کمپوست (۴ تن در هکتار) + ازتوباکتر + سودوموناس به میزان ۴/۹۰ درصد و کمترین آن در تیمار ازتوباکتر به میزان ۳/۷۳ درصد بوده است (جدول ۶).

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کود بیولوژیک و ورمی کمپوست بر برخی از صفات مورد مطالعه رازیانه

Table 5- Analyses of variance (MS) of the effect of biological fertilizer and vermicompost on some of studied characteristics of *Foeniculum vulgare*

| منابع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی DF | استراگول Estragole | لیمونن Limonene | فنکون Fenchone | آنتول Anethole |
|-------------------------|------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| بلوک Block | 2 | 0.051 ^{ns} | 0.08 ^{ns} | 0.18 ^{ns} | 36.36* |
| تیمار Treatment | 6 | 1.82** | 0.83** | 11.14** | 75.62** |
| خطا Error | 12 | 0.23 | 0.19 | 26.51 | 26.51 |
| ضریب تغییرات CV (%) | - | 10 | 10.88 | 7.73 | 7.73 |

ns, * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.
ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کود بیولوژیک و ورمی کمپوست بر برخی از صفات مورد مطالعه رازیانه
Table 6- Comparison of the mean of the effect of biological fertilizer and vermicompost on some of studied characteristics of *Foeniculum vulgare*

| تیمارها Treatments | استراگول Estragole (%) | لیمونن Limonene (%) | آنتول Anethole (%) | فنکون Fenchone (%) |
|-----------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| C | 3.86c | 3.36cd | 75.7a | 13.16a |
| N | 5.16a | 4.26b | 64.39b | 9.43c |
| P | 3.50c | 7.73c | 70.84b | 8.64d |
| NP | 4.10ab | 3.80c | 65.81c | 8.82d |
| V2NP | 4.26b | 3.96c | 65.30cd | 11.26b |
| V4NP | 4.53b | 4.56a | 65.46c | 8.23dc |
| V6NP | 5.76a | 4.90a | 59.32d | 7.76c |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

ارزش دارویی گیاهان دارویی بستگی به ترکیبات متابولیت‌های ثانویه آن‌ها دارد (Groos et al., 2002). مشاهده شده است که تولید اسانس می‌تواند یک وسیله دفاعی گیاه در مقابل کلونیزاسیون توسط میکروارگانیسم در نظر گرفته شود حتی چندین اسانس دارای خواص ضد میکروبی نیز هستند

(Banchio et al., 2008). آزمایشات مختلفی نشان داده است که کاربرد کودهای بیولوژیک باعث تغییر در میزان ترکیبات اسانس گیاهان مختلف می‌شود (Darzi et al., 2009). در تحقیقی روی گیاه دارویی رازیانه، نتیجه گرفتند که کاربرد ورمی‌کمپوست به صورت جداگانه یا به صورت ترکیب با کودهای آلی سبب بهبود عملکرد و کیفیت اسانس این گیاه شده است (Moradi et al., 2011). درزی و همکاران (Darzi et al., 2009) گزارش کردند که ورمی‌کمپوست به طور موثری میزان اسانس و عملکرد بذر رازیانه را افزایش داده است.

محفوظی و شرف‌الدین (Mahfoz and Sharafdin, 2007) گزارش کردند که باکتری ای آزادزی مثل ازتوباکتر کروکوکوم نه تنها توانایی تثبیت نیتروژن هوا را دارند؛ بلکه باعث تولید فیتوهورمون‌ها از قبیل اسیدجیبرلین و ایندول‌استیک اسید نموده که این مواد سبب تحریک رشد گیاهان، جذب مواد غذایی و فتوسنتز و به دنبال آن باعث بهبود عملکرد و افزایش ترکیبات اسانس گیاهان می‌شوند. درزی و همکاران (Darzi et al., 2002) گزارش کردند استفاده از کودهای زیستی باعث بهبود میزان آنتول اسانس و در نتیجه کیفیت اسانس گیاه رازیانه شد. ایشان بیان کردند که تیمارهای کودهای زیستی مطلوب در مقایسه با تیمار کود شیمیایی، به مراتب شرایط مناسب‌تری برای بهبود فعالیت‌های میکروبی مفید در خاک مهیا کرده و ضمن فراهم نمودن مطلوب عناصر معدنی ماکرو و میکرو برای رازیانه، باعث افزایش کیفیت اسانس این گیاه شد. برعکس یافته‌های این تحقیق، درزی و همکاران (Darzi et al., 2009) گزارش کردند که با مصرف کودهای مختلف آلی و بیولوژیک، میزان آنتول که یک ترکیب مهم در اسانس رازیانه می‌باشد افزایش یافته است. ایشان نیز گزارش دادند که ارتقای عملکرد کود بیولوژیکی بر روی این ویژگی ممکن است به دلیل توانایی آن‌ها در افزایش خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک باشد. علاوه بر این، این ممکن است مربوط به تعادل خوبی از مواد مغذی و آب در منطقه ریشه است (Gharib et al., 2008).

انوار و همکاران (Anwar et al, 2005) گزارش کردند که مصرف ورمی‌کمپوست در رشد گیاه ریحان میزان لینالول و متیل کایکول موجود در اسانس این گیاه را افزایش داد که خود باعث بهبود کیفیت اسانس آن شد. مرادی و همکاران (Moradi et al., 2009) در تحقیق بر روی رازیانه گزارش کردند که میزان آنتول (۶۹/۷ درصد) و کمترین میزان لیمونن (۴/۸۴ درصد)، فنکون (۶/۱۴ درصد) و استراگول (۲/۷۸ درصد) در اسانس در تیمار مخلوط کمپوست و ورمی‌کمپوست بدست آمد. هم‌چنین بالاترین میزان آنتول موجود در اسانس مربوط به کاربرد ۵۰ درصد، کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به همراه باسیلوس می‌باشد (Mahfouz and Sharaf-Eldin, 2007). هم‌چنین اظهار شده است که کاربرد میکوریزا، ورمی‌کمپوست و ترکیب آن‌ها سبب افزایش آنتول و کاهش لیمونن در رازیانه شده است (Darzi et al., 2009).

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که آنتول ۵۰ تا ۷۰ درصد از ترکیبات اسانس رازیانه را تشکیل می‌دهد. قابل پیش‌بینی است که افزایش محتوای آنتول باعث کاهش سایر اجزای اساسی اسانس مانند فنکون، استراگول و لیمون می‌شود (Mordi et al., 2001). در این تحقیق میزان ترکیبات اصلی موجود اسانس به‌جز لیمون و استراگل با کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست و کودهای بیولوژیک تقریباً روند کاهشی داشتند؛ به‌طوری‌که بیشترین آنتول، استراگل و فنکون در تیمار شاهد و بیشترین لیمون در تیمار ۶ تن ورمی کمپوست در هکتار + ازتوباکتر + بیوفسفر بارور ۲ بدست آمد. این بدین معنی است که روند افزایش استراگول و فنکون به‌شدت بستگی به روند افزایش آنتول دارد؛ ولی میزان لیمون با افزایش بقیه ترکیبات اسانس کاهش یافته است.

شناسایی و مطالعه‌ی عوامل تاثیرگذار محیطی و زراعی و بر اعتلای کمیت و کیفیت متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی بسیار حائز اهمیت است (Hornok, 1992). از آنجا که اسانس‌ها ترکیباتی ترپنوئیدی هستند، واحدهای سازنده آن‌ها نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع برای تشکیل ترکیبات‌های اخیر ضروری می‌باشد، از این رو باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن در باکتری‌های تیوباسیلوس از طریق کاهش اسیدیته خاک (pH) و فراهم نمودن شرایط مناسب جذب عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن، فسفر و عناصر کم‌مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) موجب افزایش اسانس گیاه دارویی می‌شود (Rezaei et al., 2014). باکتری‌های حل‌کننده فسفات که روی مواد آلی آزاد شده از ریشه زندگی می‌کنند با ترشح اسیدهای مختلف و کاهش pH محیط ریشه باعث افزایش غلظت فسفات قابل جذب توسط گیاه می‌شوند (Martin et al., 1997). مصرف ورمی کمپوست به خاک ممکن است نه تنها باعث فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده است بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و حالت اسفنجی دادن به خاک و فرآیندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد و توسعه ریشه و موجبات افزایش رشد اندام‌های گیاهی نظیر ارتفاع و افزایش سطح برگ در بوته و متعاقب آن تولید ماده خشک را نیز فراهم می‌کند. کودهای بیولوژیک ازتوباکتر و آزوسپریلوم به تنهایی و به‌همراه ورمی کمپوست سبب افزایش شرایط رشد و توسعه رازیانه، مهیا نموده مواد غذایی لازم و نگهداری آب برای گیاه گشته که در این شرایط میزان آنتول، فنکون و استراگول نسبت به تیمار شاهد کاهش یافته و فقط لیمون با کاربرد این تیمارها افزایش یافته است. در خصوص این تغییرات ترکیبات اسانس می‌توان این‌طور توجیه نمود که، کودهای بیولوژیکی و ورمی کمپوست سبب افزایش نیتروژن و فسفات در خاک شده و با آنتول و استراگول و فنکون رابطه عکس داشته باشد. هم‌چنین در نتیجه ترکیب باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلوم و ورمی کمپوست باعث تولید منابعی از مواد غذایی و ترشح بعضی از مواد بازدارنده تولید ترکیبات اسانس شده باشد که جلوی تولید ترکیبات اسانس را نسبت به شاهد گرفته باشد. ظاهراً استفاده از کودهای

بیولوژیک و ورمی کمپوست در گیاهان دارویی مثل رازیانه نه تنها ثبات و سلامت سیستم‌های تولید را حفظ می‌کند؛ بلکه باعث افزایش در دسترس بودن مواد مغذی مختلف برای محصولات می‌شود. به نظر می‌رسد که کمپوست و ورمی کمپوست مواد غذایی مورد نیاز گیاه را با آزاد کردن تدریج عناصر در خاک باعث افزایش محتوای آنتول و کیفیت اسانس رازیانه می‌شود (Darzi et al., 2009).

نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان داد که کوه‌های بیولوژیک از توپاکتر + سودوموناس به همراه ورمی کمپوست هر چند که بر روی رشد گیاه تاثیر بسیار مثبتی داشته و باعث افزایش ارتفاع گیاه، وزن ریشه و قطر ساقه شده و هم‌چنین کمیت و کیفیت محصولات به‌ویژه عملکرد اسانس، آنتول و فنکون می‌شوند؛ ولی این تیمارها باعث کاهش لیمونن و استراگول شده است. هم‌چنین تیمار از توپاکتر + سودوموناس به همراه ورمی کمپوست (۶ تن در هکتار) به علت تولید عملکرد دانه بیشتر دارای بیشترین میزان عملکرد اسانس بوده است. کاربرد کودی‌ها زیستی به تنهایی و یا در ترکیب با ورمی کمپوست علاوه بر بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی در پایداری تولید و حفظ محیط زیست تاثیر مثبتی داشته و با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی از یک طرف و لزوم توجه به کشت این گیاهان در نظام‌های کم‌نهاد به نظر می‌رسد کودهای زیستی جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در تولید این گیاهان باشند. حال می‌توان با بکارگیری گونه‌های دیگر از میکروارگانیسم‌ها و مقادیر دیگری از ورمی کمپوست نتایج امیدوارکننده‌تری بدست آورد.

منابع

- Adams R.P. 2001. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography Quadrupole Mass Spectroscopy. Allured (Carol Stream) Publication Corp, USA, 804 p.
- Ansari A.A. 2008. Effect of vermicompost and vermiwash on the productivity of spinach (*Spinacia oleracea*), onion (*Allium cepa*) and potato (*Solanum tuberosum*). World Journal of Agricultural Sciences, 4 (5): 554-557.
- Anwar M., Patra D.D., Chand S., Alpesh K., Naqvi A.A., 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: 1737-1746.
- Atiyeh R.M., Arancon N., Edwards C.A., Metzger J.D. 2002. The influence of earthworm processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. Bioresource Technology, 81: 103-108.

- Azzaz N.A., Hassan E.A., Hamad E.H. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and biofertilizer instead of mineral fertilizer. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3 (2): 579-587.
- Banchio E., Bogino P.C., Zygadlo J., Giordano W. 2008. Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in (*Origanum majorana* L.). *Biochemical Systematics and Ecology*, 36: 766-771.
- Bigonah R., Rezvani Moghadam P., Jahan M. 2015. Effect of different fertilizer management on certain quantitative and qualitative properties of medicinal plants (*Coriandrum sativum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12 (4): 574-581.
- Darzi M.T., Ghalavand A., 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 Sciences*, 10 (1): 88-109. (In Persian).
- Darzi M.T., Ghalavand A., Sefidkon F., Rejali F. 2009. The effects of mycorrhiza, vermicompost and phosphatic biofertilizer application on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal Aromatic Plants*, 24: 396-413. (In Persian).
- Darzi M.T., Hag Sayed-Hadi M., Rajaei F. 2012. Effect of application of manure and stimulating bacteria on some morphological characteristic and yield of (*Coriandrum sativum* L.). *Iranian Journal of Medicinal Aromatic Plants*, 3 (24): 434-446. (In Persian).
- Galli E., Tomati U., Grappelli A., Di Lena G. 1990. Effect of earthworm casts on protein synthesis in *Agaricus bisporus*. *Biology and Fertility of Soils*, 9: 290-291.
- Gargini Shabankareh H., Khorasani Nejad S. 2016. The effect of biological fertilizer and salicylic acid on yield and quality of rosemary in drought stress. *Journal of Crop Improvement*, 19 (2): 475-491. (In Persian).
- Ghalavand A., Deghan-Shoar M., Malakoti M., Asgharzadeh A., Chogan R. 2006. The application of biotic fertilizer a strategy for sustainable crop system management. Key paper in 9th Breeding and Cultivation Congress, Aboreyhan Pardis, Tehran University, 5-6 September, 35 p. (In Persian).
- Gharib F.A., Moussa L.A., Massoud O.N. 2008. Effect of compost and Bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. *International Journal of Agriculture and Biology*, 10 (4): 381-387.
- Ghost B.C., Bhat R. 1998. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. *Environmental Pollution*, 102: 123-126.
- Griffe P., Metha S., Shankar D. 2003. Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-Yielding Plants (MADPs). Forward, Preface and Introduction, FAO.

- Hornok L. 1992. Cultivation and Processing of Medicinal Plants. Akademia Kiado, Budapest, Hungary, Pp: 200-205.
- Hussein M.S., El-Sherbeny S.E., Khalil M.Y., Naguib N.Y., Aly S.M. 2006. Growth characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plants in relation to compost fertilizer and planting distance. *Scientia Horticulturae*, 108: 322-331.
- Koozehgar Kaleji M., Ardakani M.R. 2017. The application of organic and biological fertilizers on quantitative and qualitative yield of spear mint (*Mentha spicata* L.). *Journal of Applied Research Plant Ecophysiology*, 4 (1): 157-172. (In Persian).
- Mahfouz S.A., Sharaf-Eldin M.A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *International Agrophysics*, 21: 361-366.
- Martin J.P., Black J.H., Hawthorne R.M. 1997. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology*, 75: 175-180.
- Mirza M., Sefidkon F., Ahmadi L. 1996. Natural essential oils (extraction, qualitative and quantitative identify application). *Research Institute of Forests and Rangelands Press*, 175 p.
- Mirzaei Talar Poshti R., Sabahi H., Mahdavi Damghani A., 2009. The effect of the application of organic fertilizer on soil physio-chemical characteristic, crop production and dry mater of (*Lycopersicon esculentum*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7 (1): 259-270. (In Persian).
- Moradi R., Rezvani Moghaddam P., Nasiri Mahallati M., Lakzian A. 2009. The study the effect of biological and organic fertilizer on yield, yield component and the continent of essence of (*Foeniculum vulgare* Mill). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7 (2): 625-635. (In Persian).
- Moradi R., Rezvani Moghaddam P., Nasiri Mahallati M., Nezhadali A. 2011. Effects of organic and biological fertilizers on fruit yield and essential oil of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* var. Dulce). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9 (2): 546-553.
- Murty M.G., Ladha J.K. 1988. Influence of Azospirillum inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. *Plant and Soil*, 108: 281-285.
- Rahi A.R. 2013. The effect of super nitro plas and bio super phosphors on morphologic characteristic of (*Ocimum basilicum* L.) . *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture Soilless Culture Research Center*, 7 (26): 125-135. (In Persian).
- Rezaei chaneh A., Pirzad A., Farjami A. 2014. The effect of nitrogen bacteria fixation seed yield and essence of (*Cuminum cyminum* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 24 (4): 71-83. (In Persian).

- Younesian A., Taheri S., Rezvani Moghaddam P. 2013. The effect of organic and biological fertilizers on essential oil content of *Foeniculum vulgare* Mill. (Sweet Fennel). International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5 (18): 2141-2146.
- Zaredost F., Hashem Abad D., Darabi Jadid M. 2012. The effect of bio-phosphorus on *Tagetes erect*. First National Sustainable Agricultural Development and Health Environment Conferences, 8 February, Islamic Azad University Hamadan. (In Persian).