Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 52, No 4, Winter 2022 (899-912)
DOI: 10.22059/ijhs.2021.296298.1762

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۴۰۰ (ص ۹۱۲-۸۹۹)

نشریه پژوهشی:

ارزیابی تاثیر کودهای زیستی بر ویژگی های کمی و کیفی اسانس گیاه دارویی مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.)

محمدرضا حاج سید هادی[1*] و محمدتقی درزی[1]
۱. دانشیار، دانشکده کشاورزی، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۱۶)

چکیده

به منظور مطالعه اثر ورمی‌کمپوست و کود زیستی نیتروژن بر میزان اسانس و کیفیت آن در گیاه دارویی مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.)، آزمایشی در منطقه فیروزکوه در سال ۱۳۹۴ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار بود. عامل اول کود زیستی نیتروژن در سه سطح (عدم تلقیح، تلقیح بذر با نیتروکسین و تلقیح بذر با سوپرنیتروپلاس) وعامل دوم ورمی‌کمپوست در چهار سطح (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) بود. نتایج نشان داد بیشترین میزان اسانس و آلفاترپینن به ترتیب با کاربرد ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و بیشترین پاراسیمن و گاماترپینن با مصرف ۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار حاصل شد. سوپرنیتروپلاس تاثیر مثبتی بر میزان اسانس، آلفاترپینن و گاماترپینن داشت، در حالی که حداکثر میزان پاراسیمن با مصرف نیتروکسین حاصل گردید. بیشترین میزان کارواکرول با مصرف تلفیقی ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار و سوپرنیتروپلاس بدست آمد و بیشترین میزان آلفاتوژن در تیمار تلفیقی مصرف ۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار و عدم مصرف کودزیستی نیتروژنه مشاهده شد. نتایج نشان داد ورمی‌کمپوست و کود زیستی نیتروژن می توانند در سیستم های تولید پایدار نقش موثری ایفاء نمایند.

واژه‌های کلیدی: **سوپرنیتروپلاس، کود زیستی، مرزه تابستانه، نیتروکسین.**

Evaluation of biofertilizers effects on quantitative and qualitative characteristics of essential oil in summer savory (*Satureja hortensis* L.)

Mohammad Reza Haj Seyed Hadi[1*] and Mohammad Taghi Darzi[1]
1. Associate Professor, Faculty of Agriculture, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
(Received: Jan. 22, 2020- Accepted: Apr. 05, 2021)

ABSTRACT

In order to study the effect of vermicompost and biological nitrogen fertilizer on essential oil and quality of summer savory, an experiment was conducted at Firouzkuh in 2015. The experimental was as a factorial experiment based on randomized complete blocks design with three replications. The first factor was nitrogen biofertilizer at three levels (non-inoculation, seed inoculation with Nitroxin, and seed inoculation with Supernitroplus) and the second factor was vermicompost at four levels (0, 5, 10 and 15 t ha-1). The results showed that the highest essential oil content and alpha-terpinene obtained by 10 and 15 ton vermocompost per hectare, respectively, and the highest content of para-cymene, and gamma-terpinene were obtained by using 5 ton vermicompost per hectare. Supernitroplus had positive effects on the essential oil, alpha-terpinene and gamma-terpinene, while the maximum para-cymene obtained by using Nitroxine. The highest carvacrol content was obtained by using 10 ton vermicompost per hectare integrated with Supernitroplus and the maximum alpha thujene content was observed by using 5 ton vermicompost per hectare and non-using n-biofertilizers. The results showed that vermicompost and biological nitrogen fertilizer could have an effective role in sustainable production systems.

Keywords: Biofertilizer, nitroxine, summer savory, supernitroplus.

* Corresponding author E-mail: mrhshadi@yahoo.com

مقدمه

مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) گیاهی علفی و یکساله از تیره نعناع می باشد که در نواحی شمال غربی ایران، تبریز و نواحی مختلف راسان می روید و دارای اثر نیرو دهنده، تسهیل کننده عمل هضم و رفع اسهال و ضد کرم می باشد. همچنین در رفع اسهال خونی و التهاب کولون مورد استفاده قرار می گیرد. این گیاه دارای محتوای مناسبی از تانن و مواد چرب می باشد. گونه های مختلف اسانس و نوع ترکیب های تشکیل دهنده آن تنوع زیادی دارند و حسب نوع و درصد اجزاء تشکیل‌دهنده و نیز کاربرد اسانس متفاوت می باشد (Zargari, 2011).

کاربرد صحیح عناصر غذایی در تولید گیاهان دارویی علاوه بر افزایش عملکرد، در کمیت و کیفیت ماده موثره آنها نیز نقش مهمی ایفا می کند. نیتروژن یکی از عناصر غذایی مهم در رشد مرزه است که بر ویژگی های رشدی و عملکرد کمی و کیفی آن موثر می باشد (Makkizadeh Tafti *et al*., 2012; Zare *et al*., 2013). البته با وجود اهمیت نیتروژن در تولید محصولات زراعی و دارویی، بکارگیری این عنصر غذایی از منابع شیمیایی باعث مشکلات زیست محیطی و آلودگی اکوسیستم جهانی شده است (Haj Seyed Hadi *et al*., 2011). یکی از راهکارهای رفع این مشکل، اعمال روش‌های مبتنی بر اصول کشاورزی اکولوژیک در بوم نظام های زراعی می باشد و در این بین، کاربرد کودهای بیولوژیک و ورمی‌کمپوست، از جمله راهبردهای تغذیه گیاه برای نیل به اهداف کشاورزی پایدار است.

کاربرد ورمی‌کمپوست علاوه بر کمک به افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و با تولید هورمون های گیاهی سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Arancon *et al*., 2004; Anwar *et al*., 2005). بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک از دیگر مزایای کاربرد ورمی‌کمپوست عنوان شده است (Andre *et al*., 2003).

در بررسی تأثیر نهاده‌های زیستی و آلی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی انیسون گزارش گردید که که افزایش سطوح ورمی‌کمپوست سبب بهبود درصد اسانس دانه گردید (Khalesro *et al*., 2012). در مطالعه ای دیگر روی بابونه نشان داده شد که کاربرد ۲۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار باعث افزایش معنی‌داری در میزان اسانس بابونه گردید (Haj Seyed Hadi *et al*., 2011). نتایج مشابهی از تاثیر ورمی‌کمپوست روی درصد اسانس ریحان (Anwar *et al*., 2005)، بابونه (Ansarifar *et al*., 2012)، مرزه سهندی (Hossaini *et al*., 2015) و مرزه تابستانه (Gholami Sharafkhane *et al*., 2015) نیز ارائه شده است.

نتایج مطالعات مختلف نیز حاکی از بهبود ترکیب اسانس در گیاهان دارویی در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست می باشد. در تحقیقی روی گشنیز تاثیر کودهای آلی مورد مطالعه قرار گرفت و مشاهده شد محتوای آلفاپینن و گاماترپینن در تیمار کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست افزایش معنی‌داری یافت (Yari & Tab, 2018). در بررسی اثرهای مقادیر مختلف کودزیستی ورمی‌کمپوست و نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی گزارش شد اثر ورمی‌کمپوست بر درصد اسانس و کامازولن معنی‌دار می باشد (Ghazi Manas *et al*., 2013). نتایج تحقیق Khalesro *et al*. (2013) روی گیاه دارویی انیسون نشان داد که افزایش سطوح ورمی‌کمپوست سبب بهبود درصد آنتول و درصد متیل کاویکول گردید. نتایج مشابهی از تاثیر ورمی‌کمپوست بر اجزاء اسانس گیاهان دارویی رازیانه (Moradi *et al*., 2011)، بادرشبی (Mafakeheri *et al*., 2013)، مرزه سهندی (Hossaini *et al*, 2015) و مرزه تابستانه (Gholami Sharafkhane *et al*, 2015) گزارش شده است.

از فواید کاربرد باکتری های تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات می توان به تولید هورمون های محرک رشد گیاه نظیر اکسین و جیبرلین (Bashan & Holguin, 1997)، سیتوکنین (Cacciari *et al*., 1989)، ترشح مواد بیولوژیک فعال مانند ویتامین های B، اسید پنتوتنیک و بیوتین (Kader *et al*., 2002)، توسعه سیستم ریشه ای، بهبود جذب آب و عناصر

غذایی و تثبیت بیولوژیک نیتروژن (Ishizuka, 1992) اشاره کرد.

در تحقیقی مشاهده شد در اثر کاربرد ازتوباکتر در گیاه دارویی رزماری (*Rosemarinus officinalis* L.)، درصد اسانس در مقایسه با شاهد افزایش قابل توجهی یافت (Kartikeyan *et al*., 2008). در مطالعه ای دیگر نتایج اثر کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا نشان داد کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش عملکرد اسانس نسبت به شاهد گردید و در این بین سوپرنیتروپلاس بیشترین تاثیر را در افزایش صفات مورد مطالعه نشان داد (Koocheki *et al*., 2008). در سایر مطالعات نیز به تاثیر مثبت باکتری های تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات بر میزان اسانس گیاه دارویی مرزنجوش (Gharib *et al*., 2008)، رزماری (Leithy *et al*., 2006) و مرزه تابستانه (Makkizadeh Tafti *et al*., 2012) اشاره شده است. اجزاء اسانس گیاهان دارویی نیز تحت تاثیر کاربرد باکتری های تثبیت کننده نیتروژن قرار گرفته و تاثیر مثبت و معنی‌دار کودهای زیستی بر اجزاء اسانس گیاه دارویی رازیانه (Azzaz *et al,* 2009) و مرزنجوش (Gharib *et al*, 2008) گزارش شده است.

با توجه به موارد ذکر شده، هدف از انجام این پژوهش، مطالعه تأثیر ورمی‌کمپوست و باکتری های تثبیت کننده نیتروژن بر میزان اسانس و مهمترین اجزاء تشکیل دهنده آن در گیاه دارویی مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) به منظور تولید مواد اولیه با کیفیت برای صنایع داروسازی و خوراکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی شرکت کشاورزی و دامپروری ران وابسته به بنیاد مستضعفان انقلاب اسلامی واقع در ۱۰ کیلومتری شهرستان فیروزکوه با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۹۳۰ متر از سطح دریا اجرا شد. قبل از اعمال تیمارها و کاشت، از نقاط مختلف خاک مزرعه در عمق ۳۰-۰ سانتی متری نمونه برداری صورت گرفت و بعد از مخلوط کردن نمونه ها، یک نمونه ترکیبی جهت تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاکشناسی خاک آزمون پیشاهنگ واقع در شهر ورامین منتقل شد که نتایج آزمایش خاک در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین یک نمونه از ورمی‌کمپوست شرکت به سامان مورد استفاده در این تحقیق نیز به آزمایشگاه انتقال یافت که وضعیت شیمیایی آن در جدول ۲ قابل مشاهده است. در این تحقیق به جز تیمارهای آزمایشی، از هیچ گونه عنصر غذایی دیگری استفاده نشد.

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۲ فاکتور شامل کود زیستی نیتروژنه در سه سطح (عدم تلقیح، تلقیح بذر با نیتروکسین و تلقیح بذر با سوپرنیتروپلاس) و ورمی‌کمپوست در چهار سطح (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) با سه تکرار انجام شد. برای اجرای این آزمایش، ابعاد کرت های آزمایشی ۳×۲/۵ متر، فاصله بین تکرارها دو متر و فاصله بین کرت ها از یکدیگر یک متر، در نظر گرفته شدند.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Physical and chemical properties of experimental soil.

Soil texture	pH	EC (dS/m)	S.P	C.C.E	Organic carbon (%)	Organic matter (%)	Total nitrogen (%)	P (ppm)	K (ppm)
Silty loam	8.02	1.13	42	33	0.87	1.50	0.07	8.8	304

جدول ۲. مشخصات فیزیکی و شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش.

Table 2. Physical and chemical properties of vermicompost used in the experiment.

C/N (%)	pH	EC (dS/m)	Organic matter (%)	Total nitrogen (%)	K (ppm)	P (ppm)
13.6	6.8	3.31	70.9	3	2.5	2.95

بذر مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) از واحد تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان تهیه شد. ورمی‌کمپوست بر اساس نقشه طرح در کرتهای مربوطه قرار گرفت و بر روی شیار های ایجاد شده بر روی پشته ها ریخته شد و بخوبی مخلوط شد. قبل از کاشت، بذرها بر اساس نقشه طرح با محلول های نیتروکسین یا سوپر نیتروپلاس به مدت ۱۰ دقیقه در محل سایه تلقیح شدند و پس از قرار گرفتن به مدت ۳۰ دقیقه در محل سایه به منظور کاهش رطوبت، نسبت به کاشت آنها اقدام شد. نیتروکسین و سوپر نیتروپلاس از شرکت فناورزی زیستی مهر آسیا تهیه و به مقدار دو لیتر در هکتار مصرف شد (Gholami Sharafkhane *et al*., 2015; Koocheki *et al*., 2008). نیتروکسین حاوی باکتری‌های *Azotobacter chroococcum* و *Azospirillum lipoferum* است که در هر گرم آن $۱۰^{۷}$ عدد باکتری زنده و فعال وجود دارد. سوپر نیتروپلاس نیز حاوی باکتری های *Azospirillum* spp، *Pseudomonas fluorescens* و *Bacillus subtilis* است. غلظت باکتری های گروه تثبیت کننده ازت و محرک رشد در کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس $۱۰^{۸}$ در هر گرم یا میلی لیتر و $۱۰^{۸}$ اسپور و سلول زنده *B.subtilis* می‌باشد (Mohammadpour Vashvaei *et al*., 2015). در تیمار عدم تلقیح نیز بذرها مستقیما در خاک کشت شدند. بذرها در عمق ۰/۵ تا یک سانتی متری خاک قرار گرفتند و به منظور اطمینان از وجود بوته کافی در مزرعه، کاشت با تراکم بیشتر انجام گرفت و در مرحله چهار تا پنج برگی نسبت به تنک آنها اقدام شد تا فاصله ۱۰×۳۷/۵ سانتیمتر (تراکم ۲۷ بوته در متر مربع) حاصل گردد. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل عملکرد سرشاخه گلدار (سایه خشک)، درصد اسانس، درصد آلفاترپینن، گاماترپینن، کارواکرول، میرسن، پاراسیمن و آلفاتوژن بودند. در زمان پنجاه درصد گلدهی، سرشاخه گلدار بوته های نیم متر مربع از هر کرت برداشت گردیده و در محل سایه و در دمای اتاق معمولی (۲۵ درجه سانتی گراد) خشک شدند (Ebadi *et al*., 2011) و سپس عملکرد سرشاخه گلدار در واحد سطح محاسبه گردید. پس از آسیاب کردن نمونه های گیاهی، عمل اسانس گیری برای کلیه تیمار ها و در سه تکرار با دستگاه کلونجر و به روش تقطیر با بخار آب (Sefidkon *et al*., 2016) در موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور انجام شد. برای استخراج اسانس ۵۰ گرم از برگ و سرشاخه گلدار بخوبی خرد و در دیگ کلونجر به مدت سه ساعت حرارت داده شدند. روغن اسانس بدست آمده توسط سولفات سدیم خشک شد و توزین گردید (Sefidkon *et al*., 2016). ترکیب های تشکیل دهنده اسانس با دستگاه کروماتوگرافی گازی (Shimadzu GC-9A) و کروماتوگراف گازی متصل به طیف سنج جرمی (GC/MS مدل Varian) شناسایی شد. ستون مورد استفاده در هر دو دستگاه DB-5 به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی متر و ضخامت فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر بود.

تجزیه و تحلیل داده های حاصل از آزمایش با استفاده از برنامه SAS 9.1 انجام گردید. قبل از تجزیه واریانس داده‌ها، تست نرمالیته به منظور اطمینان از نرمال بودن داده های آزمایش انجام گردید و مقایسات میانگین تیمارها به کمک آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد و نمودارها نیز توسط نرم افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج و بحث

عملکرد سرشاخه گل‌دار (سایه خشک)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ورمی‌کمپوست و باکتریهای تثبیت کننده نیتروژن تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک سرشاخه گل‌دار مرزه داشته اند (جدول ۳). کمترین وزن خشک سرشاخه گل‌دار (۱۴۵۰/۲۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار عدم مصرف ورمی‌کمپوست و بیشترین عملکرد وزن خشک سرشاخه گل‌دار (۲۲۳۷/۸۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کاربرد ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار بدست آمد(جدول ۴)، ولی بین مصرف ۱۰ و ۱۵ تن ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

در بررسی اثر کودهای زیستی و آلی بر برخی

صفات گیاه دارویی مرزه مشاهده شد که فرآیند رشد گیاه به میزان زیادی وابسته به محتوای رطوبتی گیاه است. لذا به نظر می‌رسد احتمالاً ورمی‌کمپوست با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت موجود در خاک باعث ایجاد شرایط مناسب تر برای رشد مرزه و افزایش عملکرد بیولوژیک شده است (Rezvani Moghadam *et al*., 2013). علاوه براین، ظرفیت تبادل بالای کربن و مواد هیومیک (Albaenell *et al*., 1998)، وجود هورمون‌های رشد در ورمی‌کمپوست (Candellas *et al.,* 2002) و افزایش جمعیت میکروبی خاک نیز بطور غیرمستقیم در بهبود رشد موثر می‌باشند (Arancon *et al*., 2005) .

در مطالعه‌ای دیگر بر روی مرزه تابستانه اعلام گردید ورمی‌کمپوست تاثیر مثبت و معنی‌داری بر درصد سرشاخه گل‌دار در بوته مرزه داشته است (Rezvani Moghadam *et al*., 2014). نتایج سایر تحقیقات انجام شده بر روی مرزه نیز به تاثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر وزن اندام‌های هوایی و سرشاخه گلدار اشاره کرده‌اند (Naiji & Soori, 2015; Hossaini *et al*., 2015).

همچنین بین کاربرد نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید، ولی بیشترین مقدار این صفت (۲۴۰۶/۲۱ کیلوگرم در هکتار) با مصرف سوپرنیتروپلاس و کمترین وزن خشک سرشاخه گل‌دار (۱۱۶۰/۳۶ کیلوگرم در هکتار) نیز در تیمار عدم تلقیح بذر حاصل شد (جدول ۵).

وجود باکتریهای حل کننده فسفات و همچنین آزوسپیریلوم در سوپرنیتروپلاس در افزایش عملکرد سرشاخه گل‌دار تاثیر معنی‌داری داشته است. آزوسپیریلوم علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی گردیده و از این طریق در افزایش عملکرد تاثیر گذار می‌باشد (Tilak *et al*., 2005).

نتایج یک تحقیق انجام شده بر روی مرزه گویای آن است که باکتری های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم می‌توانند در افزایش عملکرد سرشاخه گل‌دار موثر باشند. آنها در مطالعه خود نشان دادند که تلفیق ۵۰ درصد کودهای شیمیایی همراه با کاربرد باکتریهای تثبیت کننده نیتروژن باعث تولید بیشترین عملکرد سرشاخه گل‌دار در مرزه شد (Makkizadeh Tafti *et al*., 2012).

در مطالعه‌ای دیگر تاثیر مدیریت‌های مختلف کودی بر مرزه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن نشان داد که کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر تاثیر مثبتی بر عملکرد سرشاخه گل‌دار مرزه داشته‌اند (Gholami Sharafkhane *et al*., 2015). همچنین، نتایج تحقیقات انجام شده نیز به تاثیر مثبت کاربرد همزمان باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و پسودوموناس در افزایش معنی‌دار عملکرد سرشاخه گل‌دار در مرزه تابستانه اشاره کرده‌اند (Faraji Mehmani *et al*., 2015).

درصد اسانس

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ورمی‌کمپوست و باکتریهای تثبیت کننده نیتروژن تاثیر معنی‌داری بر درصد اسانس مرزه داشته اند ولی اثر متقابل تیمارها معنی‌دار نشده است (جدول ۳). کمترین درصد اسانس (۱/۵۱ درصد) مربوط به تیمار عدم مصرف ورمی‌کمپوست و بیشترین درصد اسانس (۲/۰۱ درصد) در تیمار کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار بدست آمد (جدول ۴) هرچند که بین مصرف ۱۰ و ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار تفاوت معنی‌داری از نظر درصد اسانس مشاهده نشد.

محققان گزارش کرده‌اند که اسانس‌ها ترکیبی ترپنوئیدی بوده و واحدهای سازنده آن (ایزوپرنوئیدها) مانند ایزوپنتیل‌پیروفسفات (IPP) و دی‌متیل‌آلیل‌پیروفسفات (DMAPP) نیاز مبرم به NADPH و ATP دارند و حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد (Ghazi Manas *et al*., 2013)، از این رو ورمی‌کمپوست از طریق فراهمی جذب بیشتر فسفر و نیتروژن می‌تواند موجب افزایش میزان اسانس شود. در همین رابطه نتایج پژوهشی که با استفاده از مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست روی گیاه دارویی ریحان صورت گرفت نشان داد 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 نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده است بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای 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 آورد (Anwar *et al*., 2005). نتایج مشابهی از تاثیر ورمی‌کمپوست روی درصد اسانس بابونه (Haj Seyed Hadi *et al*., 2011)، گشنیز (Singh *et al*., 2009)، رازیانه (Moradi *et al,* 2011)، زیره سبز (Saeid Nejad & Reziani Moghadam, 2011)، مرزه سهندی (Hossaini *et al*., 2015) و مرزه تابستانه (Gholami Sharafkhane *et al*., 2015) نیز ارائه شده است.

همچنین بین تلقیح بذر با نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس تفاوت معنی‌داری از نظر درصد اسانس مشاهده نشد، ولی بیشترین مقدار این صفت (۲/۰۵ درصد) با مصرف سوپرنیتروپلاس و کمترین درصد اسانس (۱/۴۳ درصد) نیز در تیمار عدم تلقیح بذر حاصل گردید (جدول ۵). به طور کلی باکتری های تثبیت کننده نیتروژن بیش از یک نقش دارند. علاوه بر کمک به جذب عناصر غذایی خاص، به جذب سایر عناصر، افزایش رشد گیاه و در نهایت افزایش کمیت و کیفیت گیاهان کمک می کنند (Wu *et al.,* 2005). در بررسی کاربرد ازتوباکتر در گیاه دارویی رزماری (*Rosemarinus officinalis* L.)، درصد اسانس در مقایسه با شاهد افزایش قابل توجهی یافت (Kartikeyan *et al*., 2008). گزارشی حاکی از اثر مثبت کود بیولوژیک ازتوباکتر در افزایش میزان اسانس در گیاه رزماری ارائه شده است. آنها اعلام نمودند که کاربرد کود بیولوژیک نیتروژنه در گیاه سبب بهبود وضعیت نیتروژن آن می شود و از آنجایی که عنصر نیتروژن در تشکیل اسانس نقش دارد، لذا میزان اسانس نیز افزایش می‌یابد (Leithy *et al*., 2006). در آزمایشی امکان استفاده از کود بیولوژیک به جای کود شیمیایی در گیاه رازیانه بررسی گردید و مشخص شد که میزان اسانس گیاه رازیانه در تیمارهای کود بیولوژیک افزایش یافت (Azzaz *et al*., 2009). نتایج تحقیق دیگری نشان داد که استفاده از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در گیاه دارویی مرزنجوش سبب افزایش درصد اسانس می‌گردد (Gharib *et al*., 2008).

تحقیقات انجام شده روی مرزه تابستانه نیز به تاثیر مثبت و معنی‌دار باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات بر درصد اسانس مرزه تابستانه اشاره کرده‌اند (Gholami Sharafkhane *et al*., 2015; Rezvani Moghadam *et al*., 2013, 2014).

نتایج آنالیز اسانس نشان داد که بیشترین اجزاء تشکیل‌دهنده اسانس مرزه تابستانه مربوط به کارواکرول، گاما ترپینن، آلفا توجن، آلفا ترپینن، پارا سیمن و میرسن می باشند (جدول ۶).

میزان آلفاترپینن

نتایج جدول تجزیه واریانس گویای آن است که ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان آلفاترپینن موجود در اسانس تأثیر معنی‌داری داشته است ولی اثرات اصلی کود زیستی نیتروژنه و اثر متقابل تیمارها معنی‌دار نشده است (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر ورمی‌کمپوست و کود زیستی نیتروژنه بر میزان و کیفیت اسانس مرزه تابستانه.

Table 3. Results of variance analysis effect of vermicompost and n-bioferilizer on quantity and quality of essential oil of summer savory.

Source of variation	df	Mean of squares							
		Flowering shoot yield	Essential oil	Alpha-terpinene	Para-cymene	Gama-terpinene	Carvacrol	Myrcene	Alpha-thujene
Replication	2	74450.767 ns	0.3192**	0.11901111	1.17250000**	4.84715278**	3.47000000**	1.07250000**	0.05250000**
Vermicompost (V)	3	1132784.125**	0.2073**	0.48069167*	0.13042500**	3.17273611*	10.91149167**	0.00449167	0.00575833**
N-biofertilizer (N)	2	1516966.866**	2.5928**	0.19775278	0.01817500*	3.01538611*	0.31022500	0.00097500	0.00427500**
V × N	6	65680.397 ns	0.0124	0.05164167	0.00404167	0.66080833	2.68262500**	0.00300833	0.00264167**
Error	22	60817.605	0.0510	0.12228384	0.00431818	0.76241338	0.09727273	0.00431818	0.00068182
CV%	-	11.92	7.73	5.35	3.49	4.03	3.71	5.27	2.95

ns، * و **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, *, **: Non-significantly difference, significantly difference at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر ورمی‌کمپوست بر برخی صفات مرزه تابستانه.

Table 4. Mean comparison effect of vermicompost on some traits of summer savory.

Vermicompost (ton ha^{-1})	Flowering shoot yield (kg ha^{-1})	Essential oil (%)	Alpha-terpinene (%)	Para-cymene (%)	Gama-terpinene (%)	Carvacrol (%)	Myrcene (%)	Alpha-thujene (%)
0	1450.25 c	1.51 b	3.84 b	2.56 c	42.85 b	42.24 c	2.00 a	1.34 b
5	2029.31 b	1.65 b	4.20a	2.78 a	43.80 a	43.56 b	2.02 a	1.37 a
10	2059.37 b	2.01 a	4.25 a	2.52 c	42.98 ab	43.61 b	1.98 a	1.32 b
15	2237.82 a	1.95 a	4.38 a	2.69 b	42.71 b	44.94 a	2.03 a	1.32 b

* در هر ستون میانگین های با حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

* In each column, means followed by at least a common letter, are not significantly difference at 5 percent probability level.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر کود زیستی نیتروژنه بر برخی صفات مرزه تابستانه.

Table 5. Mean comparison effect of n-biofertilizer on some traits of summer savory.

N-biofertilizer	Flowering shoot yield (kg ha^{-1})	Essential oil (%)	Alpha-terpinene (%)	Para-cymene (%)	Gama-terpinene (%)	Carvacrol (%)	Myrcene (%)	Alpha-thujene (%)
Control	1160.36 b	1.43 b	4.10 a	2.63 ab	42.87 b	43.56 ab	2.02 a	1.34 a
Nitroxine	2240.90 a	2.02 a	4.09 a	2.68 a	42.72 b	43.44 b	2.00 a	1.32 b
Supernitroplus	2406.21 a	2.05 a	4.32 a	2.60 b	43.66 a	43.65 a	2.00 a	1.35 a

* در هر ستون میانگین های با حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

* In each column, means followed by at least a common letter, are not significantly difference at 5 percent probability level.

جدول ۶. ترکیب‌های شناسایی شده اسانس اندام هوایی مرزه تابستانه.

Table 6. Detected compounds in essential oil of summer savory aerial parts.

No	Components	Inhibition index	RT	%
1	α-Thujene	927	11.32	1.17
2	*α*-Pinene	935	11.71	0.58
3	*β*-Pinene	980	14.05	0.22
4	Myrcene	992	14.62	1.43
5	*α*-Phellandrene	1010	15.56	0.35
6	α-Terpinene	1021	16.11	3.84
7	*p*-Cymene	1030	16.6	2.12
8	Limonene	1034	16.77	0.25
9	*β*-Phellandrene	1036	16.89	0.18
10	*γ*-Terpinene	1065	18.37	40.08
11	Thymol	1303	30.04	0.12
12	Carvacrol	1314	30.52	48.33
13	Carvacrol acetate	1374	33.19	0.14
14	*(E)*-Caryophyllene	1427	35.47	0.15
15	*β*-Bisabolene	1514	39.07	0.22
	Total identified			99.18
	Monoterpene hydrocarbons	MH		50.22
	Oxygenated monoterpenes	MO		48.59
	Sesquiterpene hydrocarbons	SH		0.37
	Total identified			99.18

* این آنالیز مربوط به یکی از تیمارهای آزمایش بوده و به منظور آشنایی با انواع ترکیبات اسانس ارائه شده است.

*This analysis is related to one of the experimental treatments and is presented in order to get acquainted with different types of essential oil compounds.

جدول مقایسه میانگین ورمی‌کمپوست (جدول ۴) نشان داد که بیشترین درصد آلفاترپینن (۴/۳۸ درصد) با مصرف ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار بدست آمد و در مقایسه با شاهد باعث ۱۴ درصد افزایش در میزان آلفاترپینن گردید. میزان آلفاترپینن با افزایش ورمی‌کمپوست تا ۱۵ تن در هکتار، روند افزایشی و

معنی‌داری داشت بطوریکه با مصرف ۵، ۱۰ و ۱۵ تن کود دامی در هکتار به ترتیب میزان آلفا پینن به ۴/۲۰، ۴/۲۵ و ۴/۳۸ درصد رسید. هرچند که بین این تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ولی هر سه تیمار در سطحی برتر از نظر آماری نسبت به شاهد (عدم مصرف ورمی‌کمپوست) قرار گرفتند. در تحقیقی روی گشنیز مشاهده شد محتوای آلفاپینن در تیمار کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست افزایش معنی‌داری یافت (Yari & Tab, 2018). در مطالعات Darzi & Haj Seyed Hadi (2014) گزارش شده است که بیشترین درصد آلفاپینن (۱۰/۰۵ درصد) موجود در اسانس گشنیز با کاربرد ۱۰ تن کود دامی بدست آمد ولی Ahmadian *et al*. (2006) نشان دادند که کاربرد ۲۰ تن کود دامی در هکتار باعث کاهش مقادیر آلفاپینن در گیاه دارویی زیره سبز گردید و در شرایط عدم مصرف کود دامی مقدار این صفات بالاتر بود.

میزان پاراسیمن

نتایج جدول تجزیه واریانس گویای آن است که ورمی‌کمپوست در سطح یک درصد و کود زیستی نیتروژنه در سطح ۵ درصد بر میزان پاراسیمن موجود در اسانس تأثیر معنی‌داری داشته است ولی اثر متقابل تیمارها معنی‌دار نشده است (جدول ۳). جدول مقایسات میانگین ورمی‌کمپوست (جدول ۴) نشان داد که بیشترین میزان پاراسیمن (۲/۷۸ درصد) با مصرف ۵ تن ورمی‌کمپوست حاصل گردید و در مقایسه با شاهد باعث افزایش ۸/۶ درصد در میزان پاراسیمن موجود در اسانس مرزه تابستانه شد. به نظر می رسد که حضور ورمی‌کمپوست، می تواند سبب بهبود فعالیت باکتری ها و میکروارگانیسم ها شود و شرایط لازم برای فراهمی عناصر غذایی را ایجاد نماید و متعاقب آن دسترسی گیاه به نیتروژن و فسفر را افزایش دهد (Ghazi Manas *et al.*, 2013) و این موضوع می تواند در افزایش میزان پاراسیمن موثر باشد.

با توجه به اینکه پاراسیمن و گاما ترپینن پیش ساز بیوسنتز کارواکرول بوده که حاوی ترکیب های ترپنوئیدی هستند، واحد سازنده آنها نیاز ضروری به عناصری مانند N و P دارد. بنابراین هر عامل که در فراهمی این عناصر برای گیاه موثر باشد، در افزایش پاراسیمن نیز تاثیر مثبت می گذارد (Gupta *et al*., 2002).

نتایج Yari & Tab (2018) روی گیاه دارویی گشنیز نشان داد که بین تیمارهای کاربرد کود آلی تفاوت قابل ملاحظه ای در کیفیت اسانس وجود داشت به گونه ای که درصد لینالول در تیمار ۵ تن ورمی‌کمپوست (۶۲/۶۱ درصد) به ترتیب حدود ۱۳ و ۲۰ درصد بیشتر از تیمارهای کاربرد ۱۰ تن کود گاوی و کاربرد ۲۰ تن کود گاوی بود. همچنین در پژوهشی روی رازیانه مشاهده شد که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش درصد آنتول در اسانس گردید (Moradi *et al*., 2011). نتایج مطالعات روی گیاهان دارویی بادرشبی (Mafakeheri *et al*., 2012) و انیسون (Darzi *et al*., 2013) نیز با این پژوهش مطابقت دارد.

مصرف کود زیستی نیتروژنه نیز در میزان پاراسیمن تفاوت معنی‌داری ایجاد کرد بطوریکه بیشترین میزان پاراسیمن (۲/۶۸ درصد) با تلقیح بذر با نیتروکسین مشاهده شد و کمترین میزان این صفت (۲/۶۰ درصد) در تیمار مصرف سوپرنیتروپلاس بدست آمد (جدول ۵). باکتریهای حل کننده فسفات دارای طیف وسیعی از صفات محرک رشد گیاهی مانند تولید سیانید هیدروژن (Schippers *et al*., 1990)، تولید سیدروفور (Meyer *et al*., 2000)، تولید اکسین (Patten & Glick, 2002)، تولید آنزیم ACC دآمیناز، حل کنندگی فسفات (Rashid *et al*., 2004) و تولید کیتیناز (Ajit *et al*., 2006) می باشند که باعث افزایش رشد گیاه می شود. احتمالا این ویژگی‌ها باعث شده است تا کود سوپرنیتروپلاس که علاوه بر باکتری‌های حل‌کننده فسفات، دارای باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن نیز می باشد، باعث افزایش میزان پاراسیمن در اسانس مرزه تابستانه شود.

گاما ترپینن

نتایج جدول تجزیه واریانس گویای آن است که ورمی‌کمپوست و کود زیستی نیتروژنه در سطح ۵ درصد بر میزان گاماترپینن موجود در اسانس تأثیر

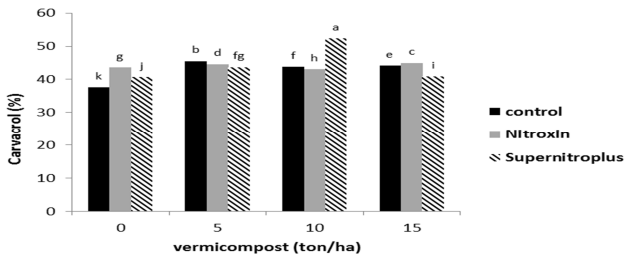
معنی‌داری داشته است ولی اثر متقابل تیمارها معنی‌دار نشده‌اند (جدول ۳). جدول مقایسات میانگین ورمی‌کمپوست گویای آن است که بیشترین میزان گاماترپینن (۴۳/۸۰ درصد) با مصرف ۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار بدست آمد و کمترین میزان گاماترپینن (۴/۷۱ درصد) با کاربرد ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار مشاهده شد (جدول ۴).

افزایش گاماترپینن در اثر مصرف ورمی‌کمپوست احتمالا به سبب بهبود فعالیت بیولوژیکی خاک و فراهم نمودن مطلوب عناصر پر مصرف و کم مصرف بوده است (Chatterjee, 2002) که این موضوع در تحقیق انجام شده توسط Mafakheri *et al*. (2012) بر روی گیاه بادرشبی نیز گزارش شده است که ورمی‌کمپوست در بهبود جذب عناصری نظیر نیتروژن، آهن و منگنز نقش مثبتی داشته و به همین دلیل باعث بهبود کیفیت اسانس بادرشبی می شود. Yari & Tab (2018) نیز در تحقیق خود نشان دادند که کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست باعث بیشترین میزان افزایش در محتوای گاماترپینن موجود در اسانس گشنیز شد.

مقایسه میانگین سطوح کود زیستی نیتروژنه (جدول ۵) نشان داد که بیشترین درصد گاماترپینن (۴۳/۶۶ درصد) با کاربرد سوپرنیتروپلاس بدست آمد. بین تیمارهای کاربرد نیتروکسین و شاهد نیز به ترتیب با ۴۲/۷۲ و ۴۲/۸۷ درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. مطالعات نشان داده است که استفاده همزمان باکتری های حل کننده فسفات با سایر میکروفلور مفید ریزوسفری از قبیل باکتری های تثبیت کننده نیتروژن رشد گیاهان را در مقایسه با زمانی که آنها به تنهایی استفاده می شوند، بیشتر تحریک می کند (Zaidi *et al*, 2003; Perveen *et al*, 2002; Belimov *et al*, 1995). در آزمایشی امکان استفاده از کود زیستی به جای کود شیمیایی در گیاه رازیانه بررسی گردید و مشخص شد که اجزاء اسانس گیاه رازیانه در تیمارهای کود زیستی افزایش یافت (Azzaz *et al*, 2009). نتایج تحقیق دیگری نشان داد که استفاده از باکتری های تثبیت کننده نیتروژن در گیاه دارویی مرزنجوش سبب بهبود اجزاء اسانس می‌گردد (Gharib *et al*, 2008).

کارواکرول

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که ورمی‌کمپوست و اثرات متقابل تیمارها تاثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر روی میزان کارواکرول داشته است ولی کود زیستی نیتروژنه نتوانست تفاوت معنی‌داری در میزان کارواکرول موجود در اسانس ایجاد کند. بیشترین میزان کارواکرول در اسانس مرزه تابستانه (۵۲/۳۱ درصد) با کاربرد توام ۱۰ تن ورمی‌کمپوست و تلقیح بذر با سوپرنیتروپلاس بدست آمد که در مقایسه با شاهد (۳۷/۵۴ درصد) باعث افزایش ۳۹/۳ درصد در میزان کارواکرول گردید (شکل ۱). بهبود ساختمان خاک و رشد بهتر ریشه ها در جذب عناصر غذایی و افزایش رشد گیاهان در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست موثر می باشند (Andre *et al*., 2003). علاوه بر این، ظرفیت تبادل بالای کربن و مواد هیومیک (Albaenell *et al*., 1998)، وجود هورمون‌های رشد در ورمی‌کمپوست (Candellas *et al*., 2002) و افزایش جمعیت میکروبی خاک نیز بطور غیرمستقیم در بهبود رشد موثر می باشند (Arancon *et al*., 2005).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کودزیستی نیتروژنه بر درصد کارواکرول مرزه تابستانه.

Figure1. Mean comparison interaction effect of vermicompost and nitrogen biofertilizer on carvacrol percentage of summer savory.

Khalesro *et al.* (2012) در بررسی تأثیر نهاده‌های زیستی و آلی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی انیسون نشان دادند که افزایش سطوح ورمی‌کمپوست سبب بهبود درصد آنتول و درصد متیل کاویکول گردید. نتایج مشابهی از تاثیر ورمی‌کمپوست بر روی درصد اجزای اسانس مرزه سهندی (Hossaini *et al*, 2015) و مرزه تابستانه (Gholami Sharafkhane *et al*., 2015) نیز ارائه شده است.

به طور کلی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن بیش از یک نقش دارند. آنها با کمک به جذب عناصر غذایی، به افزایش رشد گیاه و در نهایت افزایش کمیت و کیفیت گیاهان کمک می‌کنند (Wu *et al*., 2005). احتمالا کود زیستی نیتروژنه از طریق تاثیرات افزایشی و تقویت‌کننده در رشد و نمو ریشه، موجب افزایش کارواکرول در مرزه تابستانه شده است. با توجه به وجود باکتری‌های *Azospirillum lipoferum*، *Pseudomonas fluoresce* و *Bacillus subtilis* در سوپرنیتروپلاس، افزایش درصد کارواکرول در تحقیق حاضر در اثر کاربرد این تیمار قابل توجیه می باشد.

میرسن

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که میزان میرسن تحت تاثیر ورمی‌کمپوست، کود زیستی نیتروژنه و اثرات متقابل تیمارها قرار نگرفت (جدول ۳).

آلفا توژن

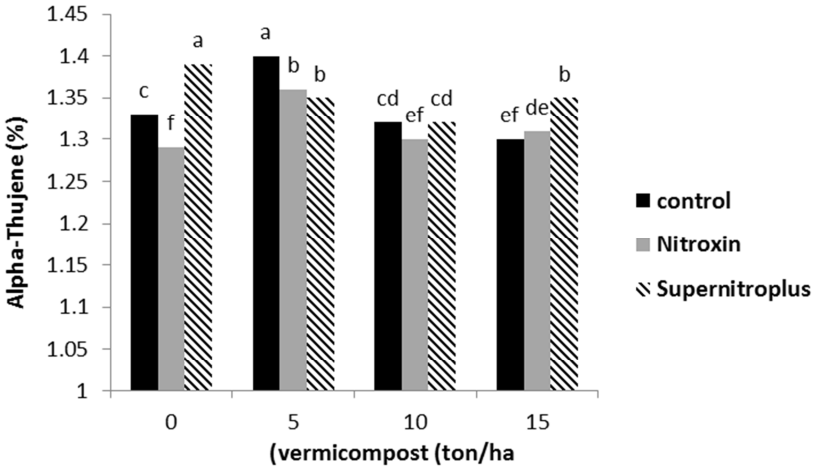
نتایج جدول تجزیه واریانس گویای آن است که ورمی‌کمپوست، کود زیستی نیتروژنه و اثرمتقابل تیمارها در سطح یک درصد بر میزان آلفاترپینن موجود در اسانس تأثیر معنی‌داری داشته است (جدول ۳). بیشترین میزان آلفاتوژن در اسانس مرزه (۱/۴۰ درصد) در تیمار کاربرد تلفیقی ۵ تن ورمی‌کمپوست و عدم تلقیح بذر با کود زیستی نیتروژنه حاصل شد هرچند که بین این تیمار و تیمار عدم مصرف ورمی‌کمپوست و تلقیح بذر با سوپرنیتروپلاس (۱/۳۹ درصد) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و هردو در یک سطح آماری قرار گرفتند. کمترین میزان آلفاتوژن (۱/۲۹ درصد) در تیمار تلفیقی عدم مصرف ورمی‌کمپوست و مصرف نیتروکسین حاصل شد (شکل۲).

افزودن ورمی‌کمپوست با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجبات کاهش pH خاک و افزایش دسترسی به عناصر معدنی و در نهایت بهبود رشد را نیز فراهم می آورد (Anwar *et al*., 2005). در مطالعه Yari & Tab (2018) نیز نشان دادند که میزان ژرانیل استات در گشنیز با کاربرد ۵ تن ورمی‌کمپوست همراه با ۱۰ تن کود گاوی در مقایسه با تیمار شاهد حدود ۵۴ درصد بیشتر بود.

ازوسپیریلوم و ازتوباکتر، علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش سرعت آب و جذب عناصر غذایی گردیده (Tilak *et al.,* 2005) و از این طریق در تجمع عناصر معدنی در گیاه موثر واقع می گردند. همچنین باکتریهای حل کننده فسفات نیز از طریق تعدیل pH خاک در افزایش جذب عناصر غذایی مثل نیتروژن، فسفر و پتاسیم و برخی عناصر کم مصرف تاثیر گذار می باشند (Sharma, 2002). گزارشی حاکی از اثر مثبت کود زیستی نیتروژنه در بهبود اجزاء اسانس در گیاه رزماری ارائه شده است. کاربرد کود زیستی نیتروژنه در رزماری سبب بهبود وضعیت نیتروژن آن شده و از آنجایی که عنصر نیتروژن در تشکیل اجزاء اسانس نقش دارد، لذا کیفیت اسانس نیز بهبود یافته است (Leithy *et al*, 2006).

ضرایب همبستگی

نتایج حاصل از ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه حاکی از آن است که صفات دارای همبستگی معنی‌داری با یکدیگر می باشند. (جدول ۷). کارواکرول دارای همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار به آلفا ترپینن، گاما ترپینن، پاراسیمن، و همبستگی منفی با آلفا توژن و میرسن می باشد. عملکرد سرشاخه گلدار فقط با میزان اسانس همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. گاما ترپینن نیز همبستگی مثبتی با پاراسیمن و میرسن نشان داد.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کودزیستی نیتروژنه بر درصد آلفاتوژن مرزه تابستانه.

Figure2. Mean comparison interaction effect of vermicompost and nitrogen biofertilizer on Alpha-thujene percentage of summer savory.

جدول ۷. همبستگی پیرسون صفات اندازه گیری شده در مرزه تابستانه تحت تاثیر تیمارهای مختلف ورمی‌کمپوست و کود زیستی.

Table 7. Pearson s correlation of measured traits in summer savory under vermicompost and biofertilizers treatments.

	Alpha-thujene	Myrcene	Carvacrol	Gama-terpinene	Para-cymene	Alpha-terpinene	Essential oil	Flowering shoot yield
Alpha-thujene	1.00							
Myrcene	0.29629	1.00						
Carvacrol	-0.48948*	-0.19751	1.00					
Gama-terpinene	0.74288**	0.40504*	0.87814**	1.00				
Para-cymene	-0.55355	0.24947	0.82180**	0.46855*	1.00			
Alpha-terpinene	0.90175**	0.00485	0.89073**	0.72950**	-0.52470*	1.00		
Essential oil	0.29129	-0.29938	0.01849	0.11865	-0.26709	0.04410	1.00	
Flowering shoot yield	0.15088	0.02813	-0.18916	-0.08126	0.08434	-0.03914	0.78493**	1.00

تولید کارواکرول با مونوترپن گاماترپینن شروع شده و در ادامه از طریق پی سیمن واکنش ها به سمت سنتز کارواکرول ادامه می یابد. گاما ترپینن که بوسیله آنزیم گاماترپینن سنتتاز کاتالیز می شود پیش ماده مونوترپن های ادامه مسیر بوده و نقش اساسی را در این مسیر ایفا می نماید (Ghobadi *et al*., 2017). بنابراین همبستگی مثبت کارواکرول با پارا سیمن و گاماترپینن کاملا منطقی می باشد. Beirranvandi *et al* (2020) نیز در تحقیق خود بر روی مرزه رشینگری نشان دادند که کارواکرول دارای همبستگی مثبتی با پاراسیمن می باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که مصرف ورمی‌کمپوست و تلقیح بذر با کود زیستی نیتروژنه دارای تأثیر مثبت و معنی‌داری بر درصد اسانس و برخی از ترکیبات مهم موجود در اسانس مرزه تابستانه بوده‌اند. کاربرد ورمی‌کمپوست توانست در افزایش ترکیبات اسانس موثر باشد ولی در این آزمایش اجزاء اسانس مرزه تابستانه در سطوح مختلفی از ورمی‌کمپوست به حداکثر میزان خود رسیدند و یک تیمار مشخص در همه صفات بهترین نبوده است. البته این موضوع منطقی است که افزایش در یک جزء اسانس با کاهش در جزیی دیگر جبران می شود و این موضوع در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است و لذا با توجه به هدف از تولید مرزه و ترکیب مورد نیاز برای صنایع داروسازی و غذایی، تولید کنندگان می توانند بر اساس نیاز صنایع مختلف داروسازی، غذایی، ... و ترکیب مورد نیاز آنها ، نسبت به انتخاب تیمار مناسب

اقدام کرده تا ترکیب مورد نظر در مرزه تابستانه افزایش یابد.. کود زیستی نیتروژنه نیز تاثیر مثبت و معنی‌داری بر صفات مورد مطالعه مرزه تابستانه داشت. هرچند که در همه موارد نیز یک نوع کود زیستی (نیتروکسین یا سوپر نیتروپلاس) برتر نبوده است ولی نتایج گویای آن است که سوپرنیتروپلاس به دلیل دارا بودن باکتری های تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات تاثیر بیشتری بر میزان اسانس و ترکیبات مهم موجود در اسانس مرزه تابستانه داشته است. در مجموع می‌توان اظهار داشت که مصرف ورمی‌کمپوست و کود زیستی نیتروژنه توانستند در بهبود میزان اسانس و کیفیت آن در گیاه دارویی مرزه تابستانه موثر واقع شوند و از این رو قابل توصیه در سیستم های تولید پایدار گیاهان دارویی می باشند.

REFERENCES

1. Ahmadian, A., Ghanbari, A. & Galavi, M. (2006). Effects of manure application on quantitative and qualitative yield and chemical indices of essence of cumin. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 4(2), 207-206. (In Farsi).
2. Ajit, N.S., Verma, R. & Shanmugan, V. (2006). Extracellular chitinase of fluorescent pseudomonads antifungal to *Fusarium oxysporum* f.sp. *Dianti* causing carnation wilt. *Current Microbiology*, 52, 310-316.
3. Albaenell, E., Plaixats, J. & Cabrero, T. (1988). Chemical Changes during vermicomposting (*Eisenia foetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. *Biology and Fertility of Soils,* 6, 266-269.
4. Alizadeh Sahzabi, A., Sharifi Ashorabadi, E., Shiranirad, A.H., Bigdeli, M. & Abaszadeh, B. (2007). The effects of different methods and levels of using nitrogen on some quality and quantity characteristics of Satureja hortensis L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants,* 23(3), 417-431. (In Farsi).
5. Andre, S., Neyra, M. & Duponnois, R. (2003). Arbuscular mycorrhizal sysmbiosis changes the colonization pattern of *Acacia tortilis* spp. *Raddiana* rhizosphere by two stains of rhizobia. *Microbial Ecology,* 45, 137-144.
6. Ansarifar, M., Noormohamadi, G., Haj Seyed Hadi, M.R. & Riazi, G. (2012). Effect of organic nutrients on flower yield and oil content of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Journal of Medicinal Plants and By-products*, 2, 177-181.
7. 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 (13-14), 1737-1746.
8. Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. & Metzger, J.D. (2004). Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology,* 93, 145-153
9. Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Metzger, J.D. & Lucht, C. (2005). Effects of verrnicornposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Peclobiologia,* 49(4), 297-306.
10. Azzaz, N.N., Hassan, E. & Hamad, E.H. (2009). The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and bio- fertilizer instead of mineral fertilizer. *Australian Journal of Basic and Appllied Sciences*, 3 (2), 579-587.
11. Bashan, Y. & Holguin, G. (1997). Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). *Canadian Journal of Microbiology,* 43, 103-121.
12. Beiranvandi, M., Akbari, N., Ahmadi, A., Mumivand, H., & Nazarian, F. (2020). Interaction of biochar and superabsorbent on the composition of *Satureja rechingeri* Jamzad essential oil under drought stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 36(5), 780-793. (In Farsi).
13. Belimov, A.A., Kojemiakov, A.P. & Chuvarliyeva, C.V. (1995). Interaction between barley and mixed cultures of nitrogen fixing and phosphate-solubilizing bacteria. *Plant and Soil,* 173, 29-37.
14. Cacciari, I., Lippi, D., Pietrosanti, T. & Pietrosanti, W. (1989). Phytohormone-like substances produced by single and mixed diazotrophic cultures of *Azospirillum* and *Arthrobacter*. *Plant and Soil,* 115, 151-153.
15. Candellas, L.P., Olivares, F.L., Okorokova, A.L. & Facanha, A.R. (2002). Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma H-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiology,* 130, 1951-1957.
16. Chatterjee, S.K. (2002). Cultivation of medicinal and aromatic plants in India, a commercial approach. *Crop Production*, 27(1), 75-85.

17. Darzi, M.T., Hadj Seyed Hadi, M.R. & Rejali, F. (2013). Effects of vermicompost and phosphatic biofertilizer application on quantity and quality of essential oil in anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants,* 29(3), 584-594. (In Farsi).
18. Darzi, M.T. & Haj Seyed Hadi, M.R. (2014). Response of concentration and composition of essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to cattle manure and nitrogen fixing bacteria. *Ethno-Pharmaceutical Products*, 1(2), 35-42.
19. Ebadi, M.D., Rahmati, M., Azizi, M. & Hassanzadeh Khayyat, M. (2011). Effects of different drying methods (natural method, oven and microwave) on drying time, essential oil content and composition of savory (*Satureja hortensis* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants,* 26(4), 477-489. (In Farsi).
20. Faraji Mehmani, A., Esmaeeilpour, B., Sefidkon, F., Abaszadeh, B., Khavazi, K., & Ghanbari, A.R. (2015). Effects of biofertilizers inoculation on growth characteristics and yield of savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Agroecology*, 6(4), 870-879. (In Farsi).
21. 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.
22. Ghazi Manas, M., Banj Shafiee, S., Haj Seyed Hadi, M.R. & Darzi, M.T. (2013). Effects of vermicompost and nitrogen on quantitative and qualitative yeild of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 29(2), 269-280. (In Farsi).
23. Gholami Sharafkhane, A., Jahan, M., Banayan Aval, M., Koocheki, A. & Rezvani Moghadam, P. (2015). Effects of organic and chemical fertilizers on some agroecological characteristics, yield and essential oil of savoy (*Satureja hortensis* L.) in Mashad condition. *Journal of Agroecology,* 7(2), 179-189. (In Farsi).
24. Ghobadi, S., Maroufi, A. & Majd, M. (2017). Differential expression of the key genes involved in the biosynthesis of monoterpenes in different tissues and in response to abiotic elicitors in summer savory (*Satureja hortensis*). *Journal of Cell & Tissue*, 7(3), 275-292.
25. Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M. & Kumar, S. (2002). Effect of the vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glumus 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.
26. Haj Seyed Hadi, M.R., Taghi Darzi, M., Ghandehari, Z. & Riazi, G. (2011). Effects of vermicompost and amino acids on the flower yield and essential oil production from *Matricaria chamomile* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(23), 5611-5617,
27. Hasanzadeh Aval, T., Koocheki, A., Khozaei, H.R. & Nasiri Mahallati, M. (2012). Effects of density on physiological indices of summer savoy (*Satureja hortensis* L.) and Iranian clover in mixed cropping. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 10(1), 75-83. (In Farsi).
28. Hossaini, S.M., Aghaalikhani, M., Sefidkon, F. & Ghalavand, A. (2015). Vegetative and essential oil yields of *savory* (*Satureja sahendica* Bornm.) affected by vermicompost and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexux* L.) competition. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants,* 31(2), 342-356. (In Farsi).
29. Ishizuka, J. (1992). Trends in biological nitrogen fixation research and application. *Plant and Soil,* 11, 197-209.
30. Kader, M.A., Mian, M.H. & Hoque, M.S. (2002). Effects of azotobacter inoculant on the yield nitrogen uptake by wheat. *Journal of Biological Science*, 2(4), 250-261.
31. Kartikeyan, B. C., Abdul Jaleel, G.M., Lakshmanan, A. & Deiveekasundaram, M. (2008). Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. *Colloids and Surfaces B: Bionterfaces,* 62, 143-145.
32. Khalesro, S., Ghalavand, A., Sefidkon, F. & Ashgharzadeh, A. (2012). The effect of biological and organic inputs on quantity and quality of essential oil and some elements content of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27(4), 551-560. (In Farsi).
33. Koocheki, A., Tabrizi, L. & Ghorbani, R. (2008). Evaluation of biofertilizers effects on growth characteristics, yield and qualitative characteristics of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Iranian Journal of Field Crop Research,* 6, 127-137. (In Farsi).
34. Leithy, S., El-Meseiry, T.A. & Abdallah, E.F. (2006). Effect of biofertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. *Journal of Applied Sciences Research,* 2(10), 773-779.
35. Mafakheri, S., Omidbaigi, R., Sefidkon, F. & Rejali, F. (2012). Effect of vermicompost, biophosphate and azotobacter on quantity and quality of essential oil of *Dracocephalum moldavica* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27(4), 596-605. (In Farsi).

36. Makkizadeh Tafti, M., Chaichi, M., Nasrollahzadeh, S. & Khavazi, K. (2012). Effect of different types of nitrogen fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Satureja hortensis* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants,* 28(2), 330-341. (In Farsi).
37. Meyer, J.M. (2000). Pyoverdins: pigments, siderophores and potential taxonomic markers of fluorescent Pseudomonad's species. *Archives of Microbiology,* 174, 135-142.
38. Mohammadpour Vashvaei, M., Ghanbari, A. & Fakheri, B.A. (2015). Effect of combined feeding system on N, P and K concentration, biochemical characteristics and calyxes yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Iranian Journal of Filed Crop Science*, 46(3), 518-497. (In Farsi).
39. Moradi, R., Nasiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A. & Nejadali, A. (2011). The effect of application of organic and biological fertilizers on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare*). *Journal of Horticultural Science*, 25(1), 25-33. (In Farsi).
40. Mumivand, H., Nooshkam, A., Moseni, A. & babalar, M. (2013). Influence of nitrogen and calcium carbonate application rates on nitrate accumulation and yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *Electronic Journal of Crop Production*, 6(2), 109-124. (In Farsi).
41. Naiji, M., & Soori, M.K. (2015). Evaluation of growth and yield of savory (*Satureja hortensis*) under organic and biological fertilizers toward organic production. *Journal of the Plant Production,* 38(3): 93-103. (In Farsi).
42. Patten, C.L. & Glick, B.R. (2002). Role of *pseudomonas putida* indol acetic-3-acid in development of the host plant root system. *Appliled Environmental Microbiology*, 681, 3795-3801.
43. Perveen, S., Khan, M.S., & Zaidi, A. (2002). Effect of rhizospheric microorganisms on growth and yield of green gram (*Phaseolus radiatus*). *Indian Journal of Agriculture Science,* 72, 421-423.
44. Rashid, M., Khalili, S., Ayub, N., Alam, S. & Latif, F. (2004). Organic Acids production solubilizing by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) under *in vitro* condition. *Pakistan Journal of Biological Science*, 7, 187-196.
45. Rezvani Moghadam, P., Amin Ghafoori, A., Bakhshaei, S. & Jafari, L. (2013). Study the effects of biological and organic fertilizers on quantitative traits and essential oil of savoy (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Agroecology*, 5(2), 105-112. (In Farsi).
46. Rezvani Moghadam, P., Bakhshaei, S., Amin Ghafoori, A. & Jafari, L. (2014). Study the effects of fertilizers management on production of savoy (*Satureja hortensis* L.) in Mashad condition. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 12(1), 27-33. (In Farsi).
47. Saeid Nejad, A.H. & Rezvani Moghaddam, P. (2011). Evaluation of compost, vermicompost and cattle manure application on yield, yield components and essential oil percent in cumin (*Cuminum cyminum*). *Journal of Horticultural Science*, 24(2), 142-148. (In Farsi).
48. Sefidkon, F., Taebnia, R. & Mirza, M. (2016). Study of essential oil content and composition of six populations of *Satureja rechingeri* Jamzad in farm condition. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants,* 32(1), 1-13. (In Farsi).
49. Schippers, B., Bakker, A.W., Bakker, P.A.H.M. & Vanpeer, R. (1990). Beneficial and deleterious effects of HCN production of *Pseudomonades* on rhizosphere interaction. *Plant and Soil*, 129, 75-83.
50. Sharma, A.K., 2002. *Biofertilizers for sustainable agriculture*. Agrobios, India, 407 p.
51. Singh, B., Masih, M.R. & Choudhari, R.L. (2009). Evaluation of P and S enriched organic manures and their effect on seed yield and quality of coriander (*Coriandrum sativum*). I*nternational Journal of Agricultural Science*, 5(1), 18-20.
52. Tilak, K.V.B.R., Ranganayaki, N., Pal, K.K., Saxena, A.K., Shekhar Nautiyal, C., Mittal, S., Tripathi, A.K. & Johri, B.N. (2005). Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. *Current Science,* 89, 136-150.
53. Wu, S. C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C. & Wong, M.H. (2005). Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth; a greenhouse trial. *Geoderma*, 125, 155-166.
54. Yari, A. & Tab, A. (2018). Evaluation of organic and chemical different nutrition systems on the yield, quantity and quality of essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Plant Production Research*, 24(4): 13-29. (In Farsi).
55. Zare, S., Sirousmehr, A., Ghanbari, A. & Tabatabaei, J. (2013). Essential oil change and some quantitative characteristics of savoy (*Satureja Hortensis* L.) under various amounts of nitrogen and compost. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 11(1), 191-199. (In Farsi).
56. Zaidi, A., Khan, M.S., & Amil, M. (2003). Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Europian Journal of Agronomy*, 19, 15–21.
57. Zargari, A. (2011). *Medicinal plants.* (Vol. 4). University of Tehran Press, 948p.