نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال پانزدهم، شماره ۵۷، بهار ۱۳۹۹ / صفحات: ۹۹-۸۴

تأثیر ورمی‌کمپوست و کودهای نیتروژن و فسفر بر صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)

اکرم محمودی، مهراب یادگاری*، بهزاد حامدی

گروه زراعت و گیاهان دارویی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۲/۳۱ تاریخ پذیرش:۹۷/۷/۱۷

چکیده

کودهای زیستی نقش بارزی در افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی دارند. در این تحقیق اثرات کاربرد ورمی‌کمپوست و نیز کودهای پرمصرف نیتروژن و فسفر بر صفات مورفولوژیکی مانند ارتفاع گیاه و تعداد گره و نیز عملکرد کمی و کیفی اسانس گیاه نعناع فلفلی بررسی گردید. این پژوهش به صورت گلدانی در شرایط مزرعه‌ای بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. سطوح تیماری ورمی‌کمپوست (مصرف و عدم مصرف طبق توصیه کارخانه سازنده)، کودهای نیتروژن و فسفر (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در مرحله تهیه بستر به خاک گلدان‌ها اضافه گردیدند. نتایج بدست آمده، نشان‌دهنده اثرگذاری معنی‌دار تیمارهای مورد استفاده بر صفات مورد ارزیابی بود. بیشترین اجزای موجود در اسانس (بیش از ۷۰ درصد) شامل ترکیبات آلفاپینن، لیمونن، ایزومنتون، منتول، ۱و۸ سینئول، و منتون بود. در مقایسات میانگین‌ها، تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست و کاربرد کود نیتروژن و فسفر (هرکدام یکصد کیلوگرم در هکتار)، بالاترین مقادیر صفات مورفولوژیکی از جمله ارتفاع گیاه و تعداد گره و همچنین بالاترین کمیت و کیفیت اسانس را ایجاد نمود. به نظر می‌رسد که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش صفات مورفولوژیکی و به تبع آن میزان و اجزای سازنده اسانس گیاه شد.

واژه‌های کلیدی: گیاه دارویی، منتول، منتون، کود زیستی، کود شیمیایی.

مقدمه

نعناع فلفلی یکی از مهمترین گیاهان دارویی متعلق به خانواده Lamiaceae است که بومی مناطق معتدله دنیا به ویژه اروپا، آمریکای شمالی و شمال آفریقاست، اما امروزه در سراسر دنیا کشت می‌شود (Leung and Foster, 1996). این گیاه هیبریدی از طلاقی دو گونه *Mentha spicata* × *Mentha aquatica* است. ۱و۸ سینئول، منتول، منتون و لیمونن ترکیبات عمده این گیاه هستند که دارای خواص مختلف دارویی از جمله ضد اسپاسم، ضد نفخ، رفع سوء هاضمه، اثرات ضد التهابی و ضد میکروبی هستند (Vesna and Bauer, 2015; Figurera et al., 2014). در راستای ایجاد و توسعه کشاورزی پایدار، کودهای زیستی باعث بهبودی حاصل‌خیزی خاک و رشد گیاه و کاهش تخریب محیط‌زیست می‌شوند. این کودها حاوی سلول‌های زنده از انواع مختلف میکروارگانیسم‌ها هستند که قابلیت تبدیل عناصر مهم غذایی را از فرم غیرقابل دسترس به فرم قابل‌دسترس از طریق فرآیندهای زیستی را دارند. کودهای زیستی علاوه بر افزایش عناصر معدنی خاک از طریق تثبیت زیستی نیتروژن، باعث بهبود فراهمی نیتروژن و

*مسئول مکاتبه: mehrabyadegari@gmail.com

پتاسیم، کنترل عوامل بیماری‌زا و تولید انواع هورمون‌های تنظیم‌کننده و محرک رشد گیاهان، می شوند (Shata et al., 2007). باتوجه به نقش مهم و ارزشمند گیاهان دارویی و لزوم بکارگیری کودهای غیرشیمیایی در تولید آنها، یکی از مؤثرترین کودهای زیستی، ورمی‌کمپوست می‌باشد. ورمی‌کمپوست حاوی عناصر غذایی بسیار غنی به ویژه نیتروژن بوده که به تدریج آن‌ها را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. این کود در مقایسه با سایر کودهای آلی دارای میزان عناصر اصلی غذایی بالاتری است. ورمی‌کمپوست علاوه بر عناصر پرمصرف مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم که در فعالیت‌های حیاتی گیاه نقش اساسی دارند حاوی عناصر کم‌مصرف مانند آهن، مس، روی و منگنز نیز می‌باشد. علاوه بر این با داشتن موادی مانند ویتامین B12 و اکسین، عوامل محرک رشد گیاه را فراهم می‌آورند (Rasooli et al., 2013). ورمی‌کمپوست یک کود آلی بوده که بسیار نرم، سبک وزن، ترد، تمیز و بدون بو است. از لحاظ کیفی، یک ماده آلی با اسیدیته مناسب و سرشار از مواد هیومیک و عناصر غذایی به‌صورت قابل‌جذب گیاه بوده و دارای انواع ویتامین‌ها، هورمون‌های رشد گیاه و آنزیم‌های مختلف است. ورمی کمپوست به‌عنوان منبع غنی عناصر غذایی و عاری از عوامل بیماری‌زا و سایر آلاینده‌ها می‌باشد (Guandi et al., 2002). در مطالعات عدیده‌ای اثر کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی روی گیاهان دارویی بررسی گردیده است. در مطالعه اثر کودهای بیولوژیک روی عملکرد دانه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) و جذب عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم؛ مشخص گردید که بیشترین غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دانه و عملکرد دانه در اثر استفاده از ۱۰ تن ورمی‌کمپوست حاصل شد (Darzi et al., 2009). در تحقیق دیگری در همین گیاه مشخص گردید که از میان ترکیبات مختلف کود شیمیایی و زیستی، کود شیمیاییNPK بر کلیه صفات مورد اندازه گیری بجز جرم مخصوص ظاهری، تخلخل خاک و عملکرد اسانس معنی دار بود. بیشترین مقادیر اسانس و عملکرد دانه در اثر کاربرد کمپوست ضایعات نیشکر همراه با ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار مصرف نیتروژن و فسفر و ۹۶ کیلوگرم در هکتار پتاسیم بدست آمد (Movaghatian et al., 2015). بالاترین مقادیر وزن تر و خشک شاخساره در گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) در تیمار کود کامل NPK و بیشترین مقادیر عملکرد و درصد اسانس و نیز درصد کارواکرول در تیمار کود کامل آگریهانزاد بدست آمد (Sharafzadeh et al., 2008). در بررسی کودهای زیستی و شیمیایی بر میزان و ترکیبات اسانس گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.)، مشخص گردید که بیشترین مقدار بازده اسانس (۰/۳۷ ٪) و کامازولن (۱۰/۰۵ ٪)، به ازای مصرف کود مخلوط بدست آمد. ضمن آنکه مصرف توأم کود زیستی و شیمیایی منجر به بالاترین مقدار ترکیبات اسانس نسبت به سایر ترکیبات کودی، شد (Niknejad et al., 2013). در مطالعه اثر کودهای زیستی بر شاخص‌های رشد و اسانس گیاه دارویی بادرشبو (*Dracooephalum moldivica* L.)، گزارش گردید که بالاترین مقادیر محتوای نسبی آب برگ، ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، وزن تر و خشک گیاه در تیمار کاربرد نیتروکسین بدست آمد (Gorgini Shabankareh et al., 2015). در تحقیقی دیگر در همین گیاه که کاربرد ورمی‌کمپوست، بیوفسفات و ازتوباکتر بر کمیت و کیفیت اسانس، مورد بررسی قرار گرفته بود؛ مشخص گردید که بیشترین مقدار اسانس، ژرانیول و ژرانیل استات در اثر مصرف ورمی‌کمپوست بدست آمد (Mafakheri et al., 2012). در تحقیق

مشابه دیگری در همین زمینه، بیشترین مقدار عملکرد اسانس و ژرانیول و ژرانیال در کاربرد هم‌زمان اوره و آزوکمپوست بدست آمد (Yousefzadeh et al., 2016). بیشترین میزان وزن تر و خشک اندام هوایی، عملکرد اسانس و میزان منتول، در شروع غنچه‌دهی و با کاربرد ۲۰۰-۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در نعناع فلفلی بدست آمده است (Zeinali et al., 2014). در مطالعه دیگری که کاربرد ورمی‌کمپوست، باکتری‌های محرک رشد و اسید هومیک بر شاخص‌های رشد نعناع فلفلی، را مورد بررسی قرار داده بود؛ گزارش گردید که تیمار توأم هر سه عامل، منجر به ایجاد بالاترین میزان ارتفاع، وزن خشک برگ، وزن خشک بوته، سطح برگ، عملکرد ماده تر و خشک اندام هوایی گردید (Asgari et al., 2011). اثرگذاری مفید کودهای زیستی در تحقیقات متعددی روی گیاهان دارویی انیسون (Darzi et al., 2010)، نعناع فلفلی (Figurera et al., 2014)، بادرنجبویه (Yadegari et al., 2008)، مرزنگوش شیرین (Gharib et al., 2008)، گاوزبان (Shaalan, 2005)، همیشه‌بهار (Hashemabadi et al., 2012)، آویشن (Yadegari et al., 2012; Hendawy et al., 2010)، زعفران (Omidi et al., 2009)، ریحان (Tahami Zarandi et al., 2010) و مریم‌گلی (Yadegari, 2018) به اثبات رسیده است. این تحقیق با هدف بررسی نقش کود ورمی‌کمپوست به عنوان کود آلی و کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر بر عملکرد کمی و کیفی نعناع فلفلی انجام شد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد با موقعیت جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی و ۳۲ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی انجام گردید. مشخصات خاک و اقلیم منطقه در جدول ۱ آمده است. نشاءهای گیاه نعناع فلفلی تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان، در گلدان‌هایی به ابعاد (ارتفاع ۲۰ و شعاع ۲۱ سانتی‌متر) کشت شدند. این پژوهش به صورت گلدانی در شرایط مزرعه‌ای بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارها شامل سطوح ورمی‌کمپوست (کاربرد و عدم کاربرد طبق توصیه شرکت سازنده V0-V1)، کود نیتروژن (از منبع اوره) در سطوح ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (N0-N3) و فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل) در سطوح ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (P0-P3) بود. باتوجه به میزان وزن خاک داخل گلدان (۵ کیلوگرم) و وزن مخصوص ظاهری خاک (۱/۳۵ گرم بر سانتیمتر مکعب)، مقادیر ۱۵۰ گرم (۳ درصد وزنی گلدان کمپوست طبق توصیه کارخانه) به خاک گلدان‌هایی که واجد تیمار کمپوست بودند، اضافه گردید. همچنین در مورد سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از هر کدام از کودهای اوره و سوپرفسفات تریپل نیز به ترتیب مقادیر ۰/۰۶، ۰/۱۲ و ۰/۱۸ گرم به گلدان‌های واجد تیمارهای فوق‌الذکر اضافه گردید (Hosseinpur and Motaghian, 2017; Gustafson, 2010). مشخصات کود ورمی‌کمپوست مورد استفاده در جدول ۲ آمده است. تیمارهای تحقیق (۳۲ ترکیب مختلف به صورت فاکتوریل) در زمان تهیه بستر کاشت به گلدان‌ها اضافه گردیدند. در گلدان‌های شاهد (V0N0P0) هیچ‌نوع کودی اضافه نشد. در طی فصل داشت خصوصیات مورفولوژیکی از جمله تعداد گره، ارتفاع، میزان ماده تر و خشک اندام هوایی گیاه برآورد گردید. در انتهای رشد رویشی و در شروع گلدهی عملکرد کمی و کیفی اسانس اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها در سایه با تهویه

مناسب و دمای معمولی اتاق (۲۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد) به‌طور کامل خشک شدند. بعد از برآورد وزن خشک، اسانس‌گیری از طریق بخار آب توسط کلونجر صورت گرفت. اسانس گیاهان مورد نظر پس از آماده‌سازی با توجه به تیمارهای بیان شده در سه تکرار، جهت شناسایی ترکیبات به دستگاه GC مدل Agilent 7890 A و GC/MS مدل Agilent 5975 C مجهز به ستون موئینه HP-5MS به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میکرون با محدوده دمایی آون ستون از ۶۰ تا ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد تزریق گردید. شناسایی طیف‌ها به کمک شاخص بازداری آن‌ها و مقایسه آن با شاخص‌های موجود در کتب مرجع و مقالات و با استفاده از طیف‌های جرمی استاندارد انجام گرفت (Adams, 2001). در نهایت تجزیه آماری میزان اسانس و ترکیبات مؤثره اسانس گیاهان تحت تیمارهای مختلف ورمی‌کمپوست، کودهای نیتروژن و فسفر و همبستگی ساده بین وزن خشک اندام هوایی گیاهان، اسانس و اجزای اسانس از روش پیرسون، بواسطه نرم‌افزار آماری SASver.8 انجام شد. مقایسات میانگین صفات مختلف مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی اسانس از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (L.S.D) در سطح ۱٪ انجام شد و برای اطمینان از مقادیر خطای استاندارد (SE)، بطور جداگانه نیز با نرم‌افزار Excel ver. 2013، برآورد مجدد انجام شد.

جدول ۱: مشخصات خاکشناسی و اقلیمی منطقه اجرای آزمایش (طرح گلدانی)

بافت خاک	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	هدایت الکتریکی	کربن آلی	اسیدیته	ارتفاع	متوسط درجه حرارت سالیانه	متوسط حداکثر درجه حرارت	متوسط حداقل درجه حرارت
	میلی گرم بر کیلوگرم			دسی‌زیمنس\متر	درصد		متر	درجه سانتی‌گراد		
لوم‌رسی	۸۰	۲۴۰	۰/۰۶	۰/۴۷	۰/۸	۷/۹	۲۰۶۰	۱۲	۲۷	-۳۱

جدول ۲: برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در ورمی‌کمپوست مورد استفاده

هدایت‌الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	وزن مخصوص حقیقی	رطوبت	ظرفیت نگهداری آب	اسیدیته	کربن آلی (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر (٪)	پتاسیم (٪)	منگنز (میلی گرم درکیلوگرم)	آهن (میلی گرم درکیلوگرم)	مواد آلی (٪)
۵/۲	۲/۳۵	۲۱/۴۳	۲۶۳/۲	۷/۹	۲۰/۱	۲/۵۱	۰/۵۸	۰/۵۱	۳۹/۶۵	۲۸۲۰/۲	۵۵/۲

نتایج

نتایج تجزیه واریانس اطلاعات برآمده از این تحقیق نشان داد اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات مورفولوژیکی مورد برآورد از جمله ارتفاع، وزن تر و خشک ساختار هوایی گیاه و تعداد گره و بر خصوصیات کمی و کیفی اسانس معنی‌دار بود. نتایج برآمده از این تحقیق نشانگر وجود ۲۸ ترکیب در اسانس گیاهان برداشت شده داشت. بیشترین اجزای موجود در اسانس نعناع فلفلی (بیش از ۷۰٪) آلفاپینن، لیمونن، ایزومنتون، منتول، ۱و۸ سینئول، و منتون بودند. کاربرد کود ورمی‌کمپوست و کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر بر خصوصیات مورفولوژیکی و همچنین میزان کمی و کیفی اسانس گیاهان اثرات معنی‌داری داشت و منجر به گروه‌بندی‌های مختلفی در بین سطوح تیماری گردید (جدول ۳ و ۴). درگروه‌بندی تیمارهای آزمایشی با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی‌دار، بیشترین مقدار اسانس در گیاهان نعناع فلفلی (۱/۶۷ میلی‌لیتر)، توسط تیمار

ترکیبی ورمی‌کمپوست و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از کودهای نیتروژن و فسفر و کمترین مقادیر (۰/۱۱ – ۰/۲۷ میلی‌لیتر) در گروه تیماری عدم کاربرد ورمی‌کمپوست و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن وفسفر و نیز در گروه شاهد (بدون کاربرد ورمی‌کمپوست و کودهای شیمیایی) به دست آمد (جدول ۴). در اغلب موارد بیش‌ترین مقادیر به‌دست آمده ترکیبات اسانس در تیمارهای ترکیبی ورمی‌کمپوست و کاربرد کودهای نیتروژن و فسفر (۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۴). بیشترین مقادیر همبستگی منفی معنی‌دار بین ترکیبات سابینن، ۱و۸- سینئول، منتون، ایزومنتون، بتاپینن، منتول، پولگون، پیپریتون، کارن، ترانس‌کاریوفیلن و بتاکوبن، با سایر ترکیبات اسانس بود. به عبارتی دیگر با افزایش مقدار اسانس مقادیر ترکیبات مذکور در تمام تیمارها کاهش یافت. بین وزن خشک و حجم اسانس ارتباط متقابل از نوع همبستگی مثبت وجود داشت، این امر گویای این مطلب است که همزمان با زیاد شدن وزن خشک، کمیت و کیفیت اسانس، افزایش یافت. با افزایش میزان وزن خشک و میزان اسانس، اجزای اسانس شامل منتون، پولگون، آلفاترپینن، ترانس‌کاریوفیلن، وریدیفلورول، ایزومنتون، منتول، فرانسین، آلفاترپینئول، بی‌سیکلو و بتابوربونن افزایش یافت. قابل توجه است که همگام با افزایش ترکیبات مذکور، میزان لیمونن، ۱و ۸ سینئول، سیس‌سابینن‌هیدرات، بتاتوژان، گاماترپینن، آلفاترپینن و نئوایزومنتول کاهش یافت و دارای همبستگی منفی بود، یعنی هم‌زمان با بالا رفتن وزن خشک و اسانس مقدار این ترکیبات نتیجه معکوس و روند کاهشی داشت. بین میزان اسانس و وزن خشک با ترکیب ژرانیل‌استات، بتاکاریوفیلن، سیترونلال، ژرانیال و نرال همبستگی مثبت وجود داشت که مؤید این مطلب است که با افزایش وزن خشک و به تبع آن حجم اسانس، این ترکیبات افزایش داشتند (جدول ۵). ترکیب سابینن در سطح ۱درصد با ترکیبات آلفاپینن، بتاپینن، بتامیرسن، پی‌سیمن، لیمونن، ۱و۸-سینئول، سیس‌سابینن‌هیدرات، لینالول، بتاتوژن، ایزومنتون، آلفاترپینئول و بتابوربنن همبستگی معنی‌دار و مثبت و با ترکیبات گاماترپینن، منتون، منتول، پولگون، پیپریتون، کارن، متیل‌استات، ترانس‌کاریوفیلن، بتاکوبن و بیسیکلو همبستگی معنی‌دار و منفی داشت. ترکیب بتاپینن در سطح ۱٪ با ترکیبات آلفاپینن، سابینن، بتامیرسن، پی‌سیمن، لیمونن، ایزومنتون، آلفاترپینئول و بتابوربنن همبستگی معنی‌دار و مثبت و با ترکیبات منتون، منتول، پولگون، پیپریتون، کارن، متیل‌استات، ترانس‌کاریوفیلن، فرانسن، بتاکوبن، بیسیکلو و وریدیفلورول همبستگی معنی‌دار و منفی داشت. بطورکلی در اغلب موارد ترکیبات عمده اسانس در هر دو گیاه با همدیگر ارتباط مثبت و معنی‌داری داشتند (جدول۵).

جدول ۳: مقایسه میانگین‌های صفات رویشی گیاه نعناع فلفلی تحت تأثیر ورمی‌کمپوست و کودهای نیتروژن و فسفر† .

تیمارها††	وزن تر (گرم در گیاه)	وزن خشک (گرم در گیاه)	تعداد گره (در گیاه)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)
V0N0P0 (Control)	۱۳۰/۱±۱۱/۱d	۶۵/۵±۸/۸cd	۱۴/۴±۰/۴bc	۱۷/۷±۰/۵c
V0N0P1	۱۵۱/۱±۱۲/۱c	۷۷/۷±۷/۷bc	۱۶/۶±۰/۲b	۲۰/۱±۰/۴bc
V0N0P2	۱۶۶/۲±۱۴/۲c	۸۱/۸±۶/۶b	۱۷/۷±۰/۷b	۲۲/۲±۰/۶b
V0N0P3	۱۴۴/۴±۸/۲d	۷۲/۲±۵/۵c	۱۵/۵±۰/۶b	۱۸/۸±۰/۵bc
V0N1P0	۱۷۶/۵±۷/۷c	۹۵/۴±۷/۷ab	۱۸/۸±۰/۶ab	۲۳/۳±۰/۶b
V0N1P1	۱۸۸/۸±۹/۹b	۹۷/۶±۵/۵ab	۱۶/۹±۰/۵b	۲۰/۱±۰/۶b
V0N1P2	۱۹۲/۹±۱۰/۱b	۹۸/۵±۶/۶a	۱۷/۱±۰/۴b	۱۹/۹±۰/۴bc
V0N1P3	۹۱/۲±۶/۵ef	۴۴/۴±۴/۴de	۸/۸±۰/۵c	۱۱/۱±۰/۳cd
V0N2P0	۱۵۰/۲±۱۲/۱c	۷۱/۲±۵/۵c	۱۴/۴±۱/۱bc	۱۸/۷±۰/۴c
V0N2P1	۱۹۹/۸±۱۴/۴b	۹۹/۹±۹/۵a	۱۹/۹±۰/۶ab	۲۴/۴±۰/۵b
V0N2P2	۲۰۱/۸±۱۴/۵b	۱۰۱/۱±۸/۸a	۲۱/۱±۰/۵a	۲۶/۳±۰/۹b
V0N2P3	۷۹/۸±۸/۵f	۴۰/۱±۶/۶e	۶/۶±۰/۳d	۱۱/۱±۰/۸cd
V0N3P0	۵۲/۲±۷/۷f	۲۳/۴±۵/۴f	۴/۵±/۲e	۱۰/۵±۰/۷d
V0N3P1	۵۶/۶±۵/۵f	۲۴/۴±۵/۵f	۴/۳±۰/۳e	۱۰/۸±۰/۶d
V0N3P2	۴۶/۶±۴/۸f	۲۲/۳±۵/۷f	۴/۲±۰/۴e	۹/۹±۰/۲d
V0N3P3	۴۵/۵±۷/۷f	۲۱/۱±۱/۲f	۴/۱±۰/۷e	۸/۵±۰/۴d
V1N0P0	۱۴۰/۱±۹/۸cd	۷۱/۵±۶/۵c	۱۶/۴±۰/۹b	۲۶/۷±۰/۸b
V1N0P1	۱۶۲/۱±۱۱/۱c	۷۳/۷±۵/۴c	۱۷/۶±۰/۸b	۲۹/۱±۰/۷ab
V1N0P2	۱۷۸/۲±۱۲/۲bc	۸۵/۸±۶/۳b	۱۸/۷±۰/۹ab	۳۱/۲±۰/۹ab
V1N0P3	۱۵۶/۴±۱۲/۴c	۷۷/۲±۵/۵bc	۱۶/۵±۱/۳b	۲۷/۸±۰/۹b
V1N1P0	۲۰۱/۵±۹/۹b	۱۰۱/۴±۶/۷a	۲۰/۸±۱/۲a	۳۲/۳±۰/۹a
V1N1P1	۲۰۵/۸±۸/۸b	۹۹/۶±۸/۵a	۱۷/۹±۱/۲b	۲۹/۱±۱/۱ab
V1N1P2	۲۰۹/۹±۱۰/۱b	۱۰۴/۵±۶/۷a	۱۸/۱±۱/۱b	۳۰/۹±۲/۱ab
V1N1P3	۱۰۲/۲±۱۱/۱e	۵۵/۴±۵/۵d	۹/۸±۰/۹c	۲۲/۱±۱/۱b
V1N2P0	۱۶۰/۲±۱۲/۵c	۸۰/۲±۴/۴bc	۱۵/۴±۱/۳b	۲۷/۷±۰/۹b
V1N2P1	۲۲۱/۸±۱۴/۵a	۱۱۲/۹±۵/۳a	۲۲/۹±۲/۲a	۳۵/۴±۲/۱a
V1N2P2	۲۵۱/۲±۱۵/۵a	۱۱۴/۲±۶/۶a	۲۵/۱±۱/۲a	۳۷/۳±۱/۱a
V1N2P3	۱۱۲/۸±۱۰/۵de	۵۱/۱±۵/۴d	۱۰/۶±۱/۱c	۲۲/۱±۰/۹b
V1N3P0	۷۵/۲±۵/۵f	۲۹/۴±۳/۲ef	۸/۵±۱/۲c	۱۹/۵±۰/۸bc
V1N3P1	۶۳/۶±۶/۶f	۳۱/۴±۳/۴e	۹/۳±۱/۳c	۱۸/۸±۰/۸bc
V1N3P2	۵۵/۶±۴/۴f	۲۴/۳±۳/۱f	۹/۲±۱/۲c	۱۷/۹±۰/۷bc
V1N3P3	۴۹/۵±۴/۳f	۲۳/۱±۲/۲f	۸/۱±۱/۱c	۱۱/۵±۰/۶cd

† اعداد هر ستون دارای حروف مشابه در یک گروه آماری براساس آزمون L.S.D در سطح $\alpha \geq ۱$ ٪ قرار می‌گیرند.

†† کاربرد ورمی‌کمپوست: V1، عدم کاربرد ورمی‌کمپوست: V0، کود نیتروژن در سطح ۰ کیلوگرم در هکتار: N0، کود نیتروژن در سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار: N1، کود نیتروژن در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار: N2، کود نیتروژن در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار: N3، کود فسفر در سطح ۰ کیلوگرم در هکتار: P0، کود فسفر در سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار: P1، کود فسفر در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار: P2، کود فسفر در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار:P3.

جدول ٤: دسته‌بندی میانگین‌های میزان اسانس (میلی‌لیتر) و ترکیبات عمده اسانس (درصد) گیاه نعناع فلفلی تحت تأثیر ورمی‌کمپوست و کودهای نیتروژن و فسفر†.

تیمار††	اسانس	آلفاپینن	لیمونن	ایزومنتون	منتول	۱و۸–سینئول	منتون
V0N0P0 (Control)	۰/۲۷ ± ۰/۰۱f	۰/۳ ± ۰/۰۱e	۱/۱ ± ۰/۰۱g	۱۳/۵ ± ۰/۵d	۲۱/۷ ± ۰/۹d	٤/۱۲ ± ۰/۱i	۱٦/٦ ± ۰/۵d
V0N0P1	۰/٦۲ ± ۰/۰۲e	۰/۸۸ ± ۰/۱b	۱/۹ ± ۰/۰۲d	۱۹/۱ ± ۰/۹c	۲۲/۳ ± ۰/۹d	۷/۷ ± ۰/۲d	۱۷/۳ ± ۰/٦c
V0N0P2	۰/۵۲ ± ۰/۰۳e	۰/۵۵ ± ۰/۱c	۱/۹ ± ۰/۰۳d	۱۲/۱۵ ± ۰/۸d	۲۲/۵ ± ۰/۸d	۵/۱ ± ۰/۱h	۲۰/۹ ± ۰/۹b
V0N0P3	۰/۳۷ ± ۰/۰۱f	۰/٤۸ ± ۰/۰۵d	۱/۸ ± ۰/۰۱e	۹/۷ ± ۰/٦d	۲۵/٦ ± ۰/۸c	٤/۹ ± ۰/۱i	۱۹/۲ ± ۰/۸bc
V0N1P0	۰/۹۵ ± ۰/۰۵de	۰/۵۷ ± ۰/۰۷c	۱/۹ ± ۰/۰۱d	۲۰/۳ ± ۰/۵b	۲۵/۳ ± ۰/۷c	٤/۵ ± ۰/۱i	۲۰/۱ ± ۰/۷b
V0N1P1	۰/۷٤ ± ۰/۰۵e	۰/٤٤ ± ۰/۰٦d	۱/۸ ± ۰/۰۵e	۱۹/۱ ± ۰/٦b	۲۹/۸ ± ۰/۵b	۵/۱ ± ۰/۱h	۲۲/۲ ± ۰/٦b
V0N1P2	۰/٦٦ ± ۰/۰٦e	۰/۵۵ ± ۰/۰۸c	۱/۷ ± ۰/۰٤e	۱۹/۵ ± ۰/۵b	۲۸/۲ ± ۰/۷b	٤/۲ ± ۰/۱i	۲۱/۹ ± ۰/۸b
V0N1P3	۰/۱۸ ± ۰/۰۱f	۰/٦۳ ± ۰/۰۵c	۱/۸ ± ۰/٤e	۸/۲ ± ۰/۹e	۲۲/۹ ± ۰/٦d	٤/۳ ± ۰/۰۵i	۲۱/٦ ± ۰/٦b
V0N2P0	۰/۷۷ ± ۰/۰٤e	۰/۷ ± ۰/۰٤bc	۱/۹ ± ۰/۰۳d	۲۱/۵ ± ۰/۹b	۲۹/۷ ± ۰/٦b	۵/۱ ± ۰/۱h	۱۹/۸ ± ۰/۵bc
V0N2P1	۱/۱ ± ۰/۰۷cd	۰/۷ ± ۰/۰۳bc	۱/۷ ± ۰/۰۱e	۲۱/۱ ± ۰/۷b	۳۳/۸ ± ۰/۵b	٤/۹ ± ۰/۱hi	۲۲/۵ ± ۰/۹b
V0N2P2	۱/۱ ± ۰/۰٦cd	۰/۸۵ ± ۰/۰۵b	۱/۸ ± ۰/۰۱e	۲۰/۲ ± ۰/۸b	۳٤/۲ ± ۰/٦ab	۸/۲ ± ۰/۱c	۲۳/۵ ± ۰/۷ab
V0N2P3	۰/۸۹ ± ۰/۰۵e	۰/۵۵ ± ۰/۰۵cd	۱/۹۸ ± ۰/۰٤d	۲۲/۲ ± ۰/٦b	۲۹/۵ ± ۰/٦c	٤/۹ ± ۰/۱hi	۲۱/۱ ± ۰/۸b
V0N3P0	۰/۸۷ ± ۰/۰٤e	۰/٤٤ ± ۰/۰٤d	۲/۰۲ ± ۰/۰۵d	۱٦/۵ ± ۰/۷c	۲۷/٤ ± ۰/۷c	۳/۹ ± ۰/۰٤i	۱۹/۷ ± ۰/۷c
V0N3P1	۰/۷۷ ± ۰/۰۳e	۰/٤۱ ± ۰/۰٤d	۲/۰۱ ± ۰/۰۱d	۱۷/۸ ± ۰/۷c	۲۵/۳۵ ± ۰/٦c	٤/۸ ± ۰/۱i	۲۲/۳ ± ۰/۸b
V0N3P2	۰/۲۲ ± ۰/۰۱f	۰/۵٤ ± ۰/۰٦c	۲/۲ ± ۰/۰۳c	۱٦/۱ ± ۰/٦c	۲٤/۲ ± ۰/۵c	٤/۵ ± ۰/۱i	۲۱/۱ ± ۰/٦b
V0N3P3	۰/۱۱ ± ۰/۰۱f	۰/۳ ± ۰/۰۳e	۲/۱ ± ۰/۰۳d	۱۱/۸ ± ۰/۵d	۲۲/۷ ± ۰/٤c	٤/۱ ± ۰/۱i	۱۹/٦ ± ۰/۷b
V1N0P0	۰/۳۷ ± ۰/۰۱f	۰/۵۸ ± ۰/۰۱c	۲/٦۷ ± ۰/۰۱a	۱۱/۹ ± ۰/۵d	۲۵/۷ ± ۰/۹c	۷/۱۲ ± ۰/۱e	۱۹/۳ ± ۰/۵b
V1N0P1	۰/۸۲ ± ۰/۰۲e	۱/۰۸ ± ۰/۱a	۲/۸۷ ± ۰/۰۲a	۲٤/۱۱ ± ۰/۹b	۳۰/۳ ± ۰/۹b	۸/۷ ± ۰/۲bc	۱۸/۳ ± ۰/٦c
V1N0P2	۰/۷۲ ± ۰/۰۳e	۰/۸۳ ± ۰/۱b	۲/٤ ± ۰/۰۳b	۲۲/۱۵ ± ۰/۸b	۲٤ ± ۰/۸d	٦/۳٤ ± ۰/۱fg	۲۳/۹ ± ۰/۹ab

V1N0P3	۰/۳۷ ± ۰/۰۱f	۰/۶۶ ± ۰/۰۵bc	۲/۱۷ ± ۰/۰۱c	۱۸/۷ ± ۰/۶c	۲۹/۶ ± ۰/۸bc	۵/۲۳ ± ۰/۱h	۲۴/۲ ± ۰/۸ab
V1N1P0	۱/۲۱ ± ۰/۰۵c	۰/۷۸ ± ۰/۰۷bc	۲/۱۵ ± ۰/۰۱d	۲۲/۳ ± ۰/۵b	۳۴/۳ ± ۰/۷ab	۶/۷۲ ± ۰/۱f	۲۰/۱ ± ۰/۷b
V1N1P1	۱/۴ ± ۰/۰۵b	۰/۶۵ ± ۰/۰۶bc	۲/۱۶ ± ۰/۰۵d	۱۹/۳۳ ± ۰/۶b	۲۹/۸ ± ۰/۵b	۵/۸۲ ± ۰/۱h	۲۳/۲ ± ۰/۶ab
V1N1P2	۱/۱۸ ± ۰/۰۶c	۰/۷۶ ± ۰/۰۸bc	۲/۱۷ ± ۰/۰۴d	۲۱/۵ ± ۰/۵b	۳۱/۲ ± ۰/۷b	۵/۱۸ ± ۰/۱h	۲۴/۱ ± ۰/۸ab
V1N1P3	۰/۳۲ ± ۰/۰۱f	۰/۸۷ ± ۰/۰۵b	۲/۱۹ ± ۰/۰۴c	۲۳/۲ ± ۰/۹b	۲۰/۹ ± ۰/۶d	۴/۳ ± ۰/۰۵i	۲۳/۶ ± ۰/۶ab
V1N2P0	۱/۴ ± ۰/۰۴b	۰/۸ ± ۰/۰۴b	۲/۲ ± ۰/۰۳d	۲۳/۵ ± ۰/۹b	۳۱/۷ ± ۰/۶b	۵/۲ ± ۰/۱h	۲۱/۸ ± ۰/۵b
V1N2P1	۱/۶۵ ± ۰/۰۷a	۰/۷۶ ± ۰/۰۳bc	۲/۱۹ ± ۰/۰۱c	۲۲/۱ ± ۰/۷b	۳۶/۸ ± ۰/۵a	۸/۱ ± ۰/۱c	۲۵ ± ۰/۹a
V1N2P2	۱/۶۷ ± ۰/۰۶a	۱/۱ ± ۰/۰۵a	۲/۹۱ ± ۰/۰۱a	۲۴/۲ ± ۰/۸ab	۳۰/۲ ± ۰/۶b	۹/۱ ± ۰/۱a	۲۵/۱ ± ۰/۷a
V1N2P3	۱/۶۶ ± ۰/۰۵a	۰/۹۹ ± ۰/۰۵ab	۲/۸۹ ± ۰/۰۴a	۲۵/۲ ± ۰/۶a	۳۲/۵ ± ۰/۶b	۷/۱ ± ۰/۱e	۲۶/۱ ± ۰/۸a
V1N3P0	۱/۲۴ ± ۰/۰۴c	۰/۶۵ ± ۰/۰۴c	۲/۳۴ ± ۰/۰۵c	۲۱/۵ ± ۰/۷b	۲۹/۴ ± ۰/۷b	۶/۳ ± ۰/۰۴g	۲۱/۷ ± ۰/۷b
V1N3P1	۱/۱ ± ۰/۰۳c	۰/۶ ± ۰/۱c	۲/۳۸ ± ۰/۰۱c	۲۱/۸ ± ۰/۷b	۲۷/۳۵ ± ۰/۶c	۵/۲۶ ± ۰/۱h	۲۳/۳ ± ۰/۸b
V1N3P2	۰/۴۲ ± ۰/۰۱f	۰/۷۵ ± ۰/۰۶bc	۲/۴۳ ± ۰/۰۳b	۲۱/۱ ± ۰/۶b	۲۵/۲ ± ۰/۵c	۵/۲۸ ± ۰/۱h	۲۲/۱ ± ۰/۶b
V1N3P3	۰/۴۱ ± ۰/۰۱f	۰/۵۱ ± ۰/۰۳d	۲/۴ ± ۰/۰۳b	۱۹/۴ ± ۰/۵bc	۲۴/۷ ± ۰/۴cd	۵/۳۴ ± ۰/۱h	۲۱/۹ ± ۰/۷b

† اعداد هر ستون دارای حروف مشابه در یک گروه آماری براساس آزمون L.S.D در سطح $\alpha \leq 1$٪ قرار می‌گیرند.

†† کاربرد وردمی‌کمپوست: V1، عدم کاربرد وردمی‌کمپوست: V0، کود نیتروژن در سطح ۰ کیلوگرم در هکتار: N0، کود نیتروژن در سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار: N1، کود نیتروژن در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار: N2، کود نیتروژن در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار: N3، کود فسفر در سطح ۰ کیلوگرم در هکتار: P0، کود فسفر در سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار: P1، کود فسفر در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار: P2، کود فسفر در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار: P3.

جدول ۵: همبستگی بین ترکیبات مؤثره اسانس گیاهان نعناع فلفلی تحت تیمارهای ورمی‌کمپوست، کود نیتروژن و کود فسفر.

ترکیبات مؤثره	آلفا پینن	سابینن	بتا پینن	بتا میرسن	پی سیمن	آلفا ترپینن	لیمونن	۱و۸- سینئول	گاما ترپینن
آلفا پینن	۱	–	–	–	–	–	–	–	–
سابینن	۰/۶۹**	۱	–	–	–	–	–	–	–
بتا پینن	۰/۵۹**	۰/۸۸**	۱	–	–	–	–	–	–
بتا میرسن	۰/۱۱ ns	۰/۶۹**	۰/۷۷**	۱	–	–	–	–	–
پی سیمن	۰/۸۶**	۰/۸۸**	۰/۶۰**	۰/۲۸*	۱	–	–	–	–
آلفا ترپینن	۰/۲۲ ns	-۰/۲۳ ns	۰/۱۹ ns	-۰/۲۰ ns	۰/۱۲ ns	۱	–	–	–
لیمونن	-۰/۱۱ ns	۰/۵۱**	۰/۷۳**	۰/۸۹**	۰/۲۳ ns	۰/۲۶*	۱	–	–
۱و۸- سینئول	۰/۸۵**	۰/۶۷**	۰/۷۷**	۰/۴۸**	۰/۶۰**	۰/۲۳*	۰/۷۷**	۱	–
گاما ترپینن	۰/۱۲ ns	-۰/۵۶**	۰/۱۳ ns	۰/۱۱ ns	۰/۰۴ ns	۰/۹۱**	۰/۲۵*	۰/۱۷ ns	۱
سیس سابینن هیدرات	۰/۱۱ ns	۰/۵۹**	۰/۲۴*	۰/۰۰۵ ns	۰/۱۶ ns	-۰/۵۳**	۰/۰۱ ns	۰/۸۵**	-۰/۷۱**
لینالول	۰/۹۴**	۰/۹۲**	۰/۱۳ ns	۰/۱۳ ns	۰/۴۷**	-۰/۰۹ ns	-۰/۲۳*	۰/۴۹**	-۰/۷۷**
بتا تورژن	۰/۵۵**	۰/۵۵**	۰/۲۷*	۰/۲۴*	۰/۷۹**	۰/۱۰ ns	-۰/۰۱ ns	۰/۴۱**	۰/۰۴ ns
منتون	-۰/۶۲**	-۰/۶۰**	-۰/۶۸**	-۰/۵۹**	-۰/۷۶**	-۰/۲۰ ns	-۰/۸۸**	-۰/۷۸**	-۰/۰۸ ns
ایزومنتون	۰/۵۵**	۰/۶۷**	۰/۷۶**	۰/۷۷**	۰/۶۳**	۰/۱۹ ns	۰/۵۴**	۰/۸۰**	۰/۰۵ ns
منتول	-۰/۶۶**	-۰/۶۲**	-۰/۷۳**	-۰/۲۴*	-۰/۵۸**	۰/۱۴ ns	-۰/۴۵**	-۰/۷۳**	-۰/۰۴ ns
ترپینن- ۴- او	-۰/۱۱ ns	-۰/۱۵ ns	-۰/۱۵ ns	-۰/۱۴ ns	-۰/۷۲**	۰/۰۵ ns	۰/۰۳ ns	-۰/۰۶ ns	۰/۰۵ ns
نئو ایزو منتول	۰/۱۳ns	۰/۲۵*	۰/۱۷ ns	۰/۲۰ ns	۰/۸۸**	۰/۲۵*	۰/۰۱ ns	۰/۲۳*	۰/۱۰ ns
آلفا ترپینئول	۰/۶۶**	۰/۶۹**	۰/۶۹**	۰/۸۸**	۰/۸۶**	۰/۱۴ ns	۰/۲۸*	۰/۷۱**	۰/۰۳ ns
پولگون	-۰/۸۸**	-۰/۷۱**	-۰/۶۳**	-۰/۲۹**	-۰/۵۲**	۰/۰۱ ns	-۰/۱۹ ns	-۰/۲۹*	۰/۱۶ ns
پیپریتون	-۰/۶۶**	-۰/۶۶**	-۰/۷۴**	-۰/۵۳**	-۰/۴۸**	۰/۰۹ ns	-۰/۱۴*	-۰/۱۲ ns	۰/۰۵ ns

کارن	۰/۶۹**	-۰/۵٤**	-۰/۵۸**	-۰/۲۰ ns	-۰/٤٦**	-۰/۰٤ ns	-۰/۲۳ ns	-۰/۱٤ ns	۰/۰٤ ns	
متیل استات	-۰/۵۵**	-۰/۵۹**	-۰/٦۳**	-۰/۱۹ ns	-۰/٤۳**	-۰/۰٤ ns	-۰/۲۸*	-۰/۱۵ ns	۰/۰٤ ns	
بتابوریونن	۰/۵۹**	۰/۵۷**	۰/٦۲**	۰/۲٤*	۰/٦۷**	۰/۰٦ ns	۰/۲۸*	۰/٦۸**	-۰/۰٦ ns	
ترانس کاریوفیلن	-۰/٦٦**	-۰/٦۲**	-۰/۷۱**	-۰/٤٦**	-۰/۹۱**	-۰/۲۰ ns	۰/۵۵**	-۰/۳*	-۰/۱۸ ns	
فرانسن	-۰/۱۲ns	-۰/۲٤*	-۰/۸۹**	-۰/۲۹*	۰/۰۱ ns	-۰/۱٦ ns	-۰/٦۰**	-۰/۷۷**	-۰/۲٦*	
بتاکوبین	۰/٦۵**	-۰/۵٦**	-۰/٦۰**	-۰/٤٤**	-۰/۲۱*	-۰/۵٤**	-۰/۱۲*	-۰/٦۸**	-۰/۵۸**	
بیسیکلو	۰/۱۲ ns	-۰/۸۹**	-۰/۸۷**	-۰/۱۷ ns	-۰/۱۱ ns	۰/٤۱**	-۰/۱٤*	-۰/۸۸**	۰/۳۹**	
وریدیفلوررول	-۰/۵۵**	-۰/۲٤*	-۰/۵۵**	-۰/٦۲**	-۰/۱۳ ns	-۰/۳*	-۰/۵۱**	-۰/٦۲**	-۰/۵۲**	
وزن خشک	-۰/۱۱ ns	-۰/۰۸ ns	-۰/۱ ns	-۰/۵۵**	-۰/۳*	۰/٦**	-۰/٤٤**	-۰/۱۱*	-۰/۵٤**	
حجم اسانس	-۰/۱۳ ns	-۰/۱۵ ns	-۰/۱۲ ns	-۰/۵٦**	-۰/۲۹*	۰/٦۹**	-۰/۱٤*	-۰/۱۵ ns	-۰/۸۹**	

ns، *، **: به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ادامه جدول ۵: همبستگی بین ترکیبات مؤثره اسانس گیاهان نعناع فلفلی تحت تیمارهای ورمی‌کمپوست، کود نیتروژن و کود فسفر.

ترکیبات مؤثره	سیس سابینن هیدرات	لینالول	بتا توژن	منتون	ایزومنتون	منتول	ترپینن-۴-او	نئو ایزومنتول	آلفا ترپینئول	پولگون
لینالول	۰/۶۶**	۱	–	–	–	–	–	–	–	–
بتا توژن	۰/۱۴ ns	۰/۶۰**	۱	–	–	–	–	–	–	–
منتون	-۰/۴۹**	-۰/۳*	-۰/۶۹**	۱	–	–	–	–	–	–
ایزومنتون	۰/۵۶**	۰/۸۸**	۰/۴۷**	-۰/۵**	۱	–	–	–	–	–
منتول	-۰/۸۵**	-۰/۲۸*	-۰/۴۰**	۰/۸۶**	-۰/۹۵**	۱	–	–	–	–
ترپینن-۴-او	-۰/۱۱ ns	-۰/۲*	-۰/۵۵**	۰/۲۵*	-۰/۰۵ ns	-۰/۰۳ ns	۱	–	–	–
نئو ایزو منتول	۰/۱۲ ns	۰/۶۱**	۰/۵۹**	-۰/۳*	۰/۲۰ ns	-۰/۱۷ ns	-۰/۵۱**	۱	–	–
آلفا ترپینئول	۰/۲۹*	۰/۵۲**	۰/۸۰**	-۰/۳*	۰/۷۲**	-۰/۷۰**	-۰/۴۳**	۰/۴۴**	۱	–
پولگون	-۰/۶۶**	-۰/۲۹*	-۰/۴۳**	۰/۶۳**	-۰/۶۴**	۰/۶۰**	۰/۱۶ ns	-۰/۳۲**	۰/۶۹**	۱
پیپریتون	-۰/۳۳*	۰/۱۰ ns	-۰/۲۲ ns	-۰/۶۰**	-۰/۷۰**	۰/۶۷**	۰/۰۳ ns	۰/۱۵ ns	۰/۵۶**	۰/۵۳**
کارن	-۰/۸۷**	-۰/۱۷ ns	-۰/۳*	۰/۷۳**	-۰/۸۱**	۰/۸۹**	-۰/۲۰ ns	۰/۱۵ ns	۰/۶۲**	۰/۵۷**
متیل استات	-۰/۵۵**	-۰/۱۷ ns	۰/۶۵**	۰/۷۷**	۰/۸۷**	۰/۲۲*	۰/۲۰ ns	۰/۶۲**	۰/۵۴**	۰/۷۱**
بتا بوربونن	۰/۷۱**	۰/۴۱**	۰/۵۶**	-۰/۸۸**	۰/۹۲**	۰/۹۵**	-۰/۱۱ ns	۰/۱۵ ns	۰/۷۴**	-۰/۵۸**
ترانس کاریوفیلن	-۰/۱۴ ns	-۰/۰۵ ns	-۰/۲۴*	۰/۵۰**	۰/۵۷**	۰/۵۰**	۰/۰۷ ns	-۰/۱۸ ns	۰/۵۵**	۰/۵۰**
فرانسین	۰/۲۱ ns	۰/۴۸**	۰/۱۹ ns	۰/۱۴ ns	-۰/۲۹*	۰/۲۲ ns	-۰/۲۹**	۰/۱۴ ns	-۰/۰۶ ns	۰/۱۲ ns
بتاکوبین	۰/۳۸*	۰/۱۳ ns	-۰/۱۵ ns	۰/۸۸**	-۰/۵۱**	۰/۴۴**	-۰/۱۲ ns	-۰/۱۲ ns	-۰/۴۱**	۰/۳۲**
بیسیکلو	-۰/۴۵**	۰/۱۷ ns	۰/۰۶ ns	۰/۱۳ns	-۰/۲۸*	۰/۲۰ ns	۰/۱۰ ns	۰/۱۰ ns	-۰/۱۷ ns	۰/۳۱**
وریدیفلورول	۰/۲۲ ns	۰/۲۲ ns	۰/۰۳ ns	۰/۳۴**	-۰/۴۹**	۰/۴۶**	-۰/۳۷**	۰/۱۵ ns	-۰/۲۷*	۰/۱۹ ns
وزن خشک	-۰/۴۹**	-۰/۶۸**	-۰/۵۸**	۰/۲۳*	۰/۸۸**	۰/۱۳**	-۰/۱۵ ns	۰/۴۶**	۰/۵۱**	۰/۴۴**
حجم اسانس	-۰/۵۹**	-۰/۸۹**	-۰/۷۸**	۰/۲۲ ns	۰/۱۴ ns	۰/۱۱ ns	۰/۵۵**	-۰/۵۶**	۰/۷۷**	۰/۸۸**

ns، *، ** به ترتیب عدم معنی داری، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

بحث

در این تحقیق بیشترین ترکیبات اسانس نعناع فلفلی شامل ترکیبات آلفاپینن، لیمونن، ایزومنتون، منتول، ۱و۸ سینئول، و منتون بود که با تحقیقات قبلی در این زمینه همخوانی دارد (Povh and Ono, 2007). در گیاهان دارویی مرزنجوش (Gharib, 2008)، نعناع فلفلی (Figurera et al., 2014) و مریم‌گلی (Yadegari, 2018)، نیز بواسطه افزایش صفات مورفولوژیکی و در نهایت وزن خشک، میزان مواد مؤثره افزایش یافت. نتایج همبستگی بین ترکیبات مؤثره نشان داد که ترکیب آلفاپینن در سطح ۱٪ با ترکیبات سابینن، بتاپینن، پی‌سیمن، ۱و۸-سینئول، لینالول، بتاتوژن، ایزومنتون، آلفاترپینئول و بتابوربنن همبستگی معنی‌دار و مثبت و با ترکیبات منتون، منتول، پولگون، پیپریتون، کارن، متیل استات، ترانس‌کاریوفیلن، وریدیفلورول و بتاکوبین همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از تیمارهای ترکیبی ورمی‌کمپوست و کودهای نیتروژن و فسفر (در سطح یکصد کیلوگرم در هکتار)، بیشترین تأثیر را در افزایش اسانس و ترکیبات مؤثره اسانس در گیاه نعناع فلفلی داشتند. بیشترین اجزای موجود در اسانس (بیش از ۷۰٪) آلفاپینن، لیمونن، ایزومنتون، منتول، ۱و۸ سینئول، و منتون بودند. دلیل این موضوع را می توان به اثر هم افزایی ریز سازوارهای موجود در کودهای نیتروژن و فسفر نسبت داد. افزایش نیتروژن در محیط رشد موجب افزایش جذب اکسیژن و آزاد شدن گاز کربنیک و یا به عبارت دیگر افزایش تنفس می شود. این امر سبب ازدیاد جذب فعال فسفر می شود. همچنین وجود مقادیر بالای نیتروژن در خاک سبب توسعه سیستم ریشه ها شده و ظرفیت تبادل آن را با عناصر دیگر ازجمله فسفر افزایش می دهد (Hashemabadi et al., 2012). همچنین کود نیتروژن از طریق افزایش میزان فتوسنتز و ذخیره کربوهیدرات که به ترتیب برای کاهش نیترات و غیرسمی شدن آمونیوم ضروری اند، بر عملکرد گیاه اعمال می‌گردد (Franz, 1993). افزایش کود نیتروژن باعث افزایش تعداد برگ نعناع فلفلی شده که به نقش نیتروژن در متابولیسم گیاه مربوط می‌شود، زیرا نیاز گیاه را از لحاظ نیتروژن تأمین کرده و باعث افزایش فرآورده‌های فتوسنتزی، افزایش رشد رویشی و افزایش زیست توده گیاه می‌شود (Izadi et al., 2010). نیتروژن یک عنصر متحرک و پویا و فعال کننده بسیاری از آنزیمها و رشد است، اما فسفر یک عنصر دیرآزاد شونده است. این تحقیق نشان داد وجود نیتروژن در کنار کودهای زیستی می تواند دارای اثر تقویتی و ماهیت سینرژیستی باشد در حالی که چنین چیزی در مورد فسفر مشاهده نشد. استفاده از کودهای زیستی منجر به بهبود شرایط محیط ریشه، تغذیه و عملکرد در سایر گیاهان از جمله لوبیا (Yadegari et al., 2010)، زعفران (Omidi et l., 2009)، سیب زمینی (Yadegari and Saeedi, 2017)، ریحان (Tahami Zarandi et al., 2010)، بادرنجبویه (Yadegari et al., 2008)، مرزنگوش شیرین (Gharib et al., 2008)، گاوزبان اروپایی (Shaalan, 2005)، همیشه بهار (Hashemabadi et al., 2012) و آویشن (Yadegari et al., 2012) می‌شود. از دلایل افزایش عملکرد بواسطه ورمی‌کمپوست می‌توان به حفظ و نگهداری عناصر غذایی خاک، جلوگیری از آب شویی نیتروژن، افزایش فعالیت زیستی، پوک شدن خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت، بهبود دانه‌بندی خاک و افزایش کارایی مصرف آب، اشاره نمود (Roesty et al., 2006). افزودن کودهای آلی نظیر ورمی‌کمپوست به خاک، سبب افزایش جمعیت و فعالیت میکروبی می‌شود. ترکیب کمپوست با کود

زیستی، برخی خصوصیات خاک نظیر وزن مخصوص ظاهری و هدایت الکتریکی (Liu et al., 2009) و تولید ترکیبات کلات (Sangwan et al., 2008) را بهبود می بخشد. مصرف ورمی‌کمپوست منجر به افزایش خصوصیات کمی و کیفی موز، کاساوا و لوبیا چشم بلبلی و تسهیل جذب عناصر غذایی می شود (Padmavathiamma et al., 2008). به نظر می‌رسد وجود بقایای آلی منجر به استقرار و افزایش رشد و نمو گیاهان می شود و سبب می شود که به نوبه‌ی خود اثرات مثبت ناشی از کشت این گیاهان، همچون افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک و تعدیل درجه حرارت خاک شده و در نهایت عملکرد افزایش یابد (Campiglia et al., 2010). استفاده از کودهای آلی، منجر به افزایش اسیدیته، هدایت الکتریکی شده و محلولیت فسفر، کلسیم و منیزیم در چنین سیستم‌هایی به طور معنی‌داری بالاتر از سیستم‌های رایج می شود. مصرف مداوم کودهای حیوانی سبب کاهش اسیدیته خاک می شود و ضمن بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، حلالیت برخی عناصر غذایی به ویژه فسفر، آهن، روی، منگنز، بر و مس در خاک را افزایش می‌دهد (Lee et al., 2010). افزایش صفات مورفولوژیکی از جمله ارتفاع گیاه در اثر کاربرد کودهای زیستی همراه با کود اوره، را می‌توان به افزایش تولید فیتوهورمون‌ها به‌خصوص ایندول استیک اسید نسبت داد (Wibowo, 2007). بهبود شرایط فیزیکی خاک یا نرم‌ترشدن خاک در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست می‌تواند یکی از دلایل افزایش میانگین عملکرد کمی و کیفی نعناع فلفلی باشد. فسفر موجود در ورمی کمپوست به‌راحتی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. مصرف ورمی کمپوست از طریق تأثیر مثبت بر فراهمی مواد آلی روی فعالیت باکتری‌های حل‌کننده فسفات مؤثر بوده و بر روی گسترش و افزایش رشد ریشه گیاه از طریق جذب و نگهداری رطوبت باعث افزایش اجزاء عملکرد در گیاه دارویی شوید می‌شود (Darzi and Haj Seyed Hadi, 2012). این کود سبب کاهش آبشویی و تلفات عناصر غذایی، بهبود ساختمان خاک شده و عاری از بذر علف‌های هرز است. همچنین حاوی مواد زیستی فعال است که همانند تنظیم‌کننده‌های رشد عمل می‌نماید (Karmaka et al., 2007). با افزایش میزان دسترسی و تأمین عناصر مورد نیاز گیاه و افزایش طول دوره رویشی درنتیجه مصرف کود ورمی‌کمپوست و کود زیستی، رشد رویشی بصورت معنی‌داری بهبود می‌یابد (Yadegari et al., 2010). در این تحقیق مشاهده گردید که میزان وزن تر و خشک گیاه همراه با کاربرد کودهای زیستی افزایش یافت و در پی آن عملکرد کمی و کیفی اسانس افزایش یابد. با توجه به این‌که عمده‌ترین عامل مؤثر بر رشد و تولید گیاهان، میزان جذب نور توسط برگ‌ها و تبدیل آن به مواد فتوسنتزی است، افزایش میزان سطح برگ، باعث افزایش میزان جذب نور می‌شود که به افزایش عملکرد منجر می‌شود (Hasanuzzaman et al., 2010). جذب نیتروژن بیشتر در زمان حضور کودهای زیستی توسط گیاه سبب افزایش رشد، تولید شاخه فرعی بیش‌تر و در نتیجه افزایش شاخص سطح برگ آویشن (Yadegari et al., 2012)، لوبیا (Yadegari et al., 2010) و غده‌بندی سیب زمینی (Yadegari and Saeedi, 2017) می‌شود. باید در نظر داشت که برتری یا کارکرد یک کود زیستی خاص یا ترکیبی از کودهای زیستی در مراحل مختلف فنولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه، صرفنظر از نتیجه‌ی کلی می‌تواند متفاوت باشد، به عبارت دیگر، شرایط محیطی در یک مرحله‌ی رشد و نموی خاص، به طور غیرمستقیم بر واکنش گیاه به کود زیستی تأثیر می‌گذارند (Rai, 2006). در این تحقیق مشخص شد که همزمان با استفاده از کودهای آلی و شیمیایی می توان ضمن استفاده کاراتر از

کودهای شیمیایی، استفاده از آنها را در قیاس با شاهد بدلیل افزایش جذب نیتروژن و فسفر، کاهش داد و عملکرد بیشتری به‌دست آورد (Minaxi Nain et al., 2012; Arrudaa et al., 2013).

نتیجه گیری نهایی

به‌طور کلی نتایج این تحقیق بیانگر این است که مصرف کودهای زیستی و شیمیایی بر بسیاری از صفات رشد رویشی، صفات مرتبط با کیفیت تأثیرگذار بوده است. عکس‌العمل‌های متفاوتی نسبت به تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شیمیایی در این تحقیق مشاهده شد. بیشترین میزان غالب صفات در تیمارهای حاصل از ترکیب کود ورمی‌کمپوست به همراه میزان یکصد کیلوگرم از کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر به‌دست آمد.

References

Adams, R. (2001). Indentification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/ Quadrupole Mass Spectrometry. 456-461. Carol Stream, Ilinois, USA: Allured Publishing Corporation.

Arrudaa, L., Beneduzi, A., Martins, A. and Lisboa, B. (2013). Screening of Rhizobacteria isolated from maize (*Zea mays* L.) in Rio Grande do Sul State (South Brazil) and analysis of their potential to improve plant growth. Applied Soil Ecology. 63: 15- 22.

Asgari, M., Habibi, D. and Naderi, Gh. (2011). Effect of vermi compost, plant growth promoting rhizobacteria and humic acid on growth factores of *Mentha piperita* L., in central province. Journal of Agronomy and Plant Breeding. 7(4): 41.54. (In Persian with English abstract).

Campiglia, E., Mancinelli, R. and Radicetti, E. (2010). Effect of cover crops and mulches on weed control and nitrogen fertilization in tomato (*Lycopersicom esculentum* Mill.). Crop Protection. 29: 354-363.

Darzi, M.T. and Haj Seyed Hadi, M.R. (2012). Effects of the application of organic manure and biofertilizer on the fruit yield and yield components in Dill (*Anethum graveolens*). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 6: 3266-3271. (In Persian with English abstract).

Darzi, M.T., Haj Seyed Hadi, M. and Rajaee, F. (2010). Effect of vermicompost and biological fertilizers on yield and yield components of *Pimpinella anisum*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 26(4): 452-465. (In Persian with English abstract).

Darzi, M.T., Ghalavand, A. and Rejali, F. (2009). The effects of biofertilizers application on N, P, K assimilation and seed yield in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 25(1): 1-19. (In Persian with English abstract).

Figurera, P., Marely, G., Rocha, N.E. and Reynosa, R. (2014). Effect of chemical elicitors on peppermint (*Mentha piperita*) plants and their impact on the metabolite profil and antioxidant capacity of resulting infusion. Food Chemistry. 156: 273-278.

Franz, Ch. (1993). Nutrient and water management for medicinal and aromatic plants. Acta Horticulturae. 132: 203-216.

Gharib, F.A., Moussa, L.A. and Massoud, O.N. (2008). Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Marjorana hortensis*) plant. International Journal of Agricultural and Biology. 10(4): 381-387.

Gorgini Shabankareh, H., M.R. Asgharipour1, B.A. fakheri. (2015). The effect of bio fertilizers on some growth parameters and essential oil of Moldavian dragonhead under drought condition. Plant Eco-Physiology. 7(23): 185-194. (In Persian with English abstract).

Guandi, B., Edwards, C.A. and Arancon, N.Q. (2002). Changes in trophic structure of soil arthropods after the application of vermicomposts. Europuian Journal of Soil Biology. 38: 161-165.

Gustafson, A.F. (2010). Handbook of Fertilizers- Their Sources, Make-up, Effects and Use. Read Books. 180p.

Hasanuzzaman, M., Ahamed, K.U. and Rahman, M.L. (2010). Plant growth characters and productivity of wetland rice (*Oryza sativa* L.) as affected by application of different manures. Emirate Journal of Food Agriculture. 22: 46-58.

Hashemabadi, D., Zaredost, F., Barari Ziyabari, M. and Zarchini, S. (2012). Influence of phosphate bio-fertilizer on

quantity and quality features of marigold (*Tagetes erecta* L.). Australian Journal of Crop Science. 6(6): 1101-1109.

Hendawy, S.F., Azza, A., El-Din, E. and Omer, E.A. (2010). Productivity and oil quality of *Thymus vulgaris* L. under organic fertilization conditions. Ozean Journal of Applied Sciences. 3: 203-216.

Hosseinpur, A.R. and Motaghian, H.R. (2017). The effect of cow manure and vermicompost application on fractionation and availability of zinc and copper in wheat planting. Journal of Water and Soil. 30(6): 2005-2018. (In Persian with English abstract).

Izadi, Z., Ahmadvand, G., Asna Ashri, M. and Piri, J. (2010). Effect of nitrogen and plant density on some growth characteristic, yield and essence in peppermint. Iranian Journal of Field Crops Research. 5: 824-836.

Karmaka, S., Lague, C. and Agnew, J. (2007). Integrated decision support system for manure management. Computers and Electronics in Agriculture. 57: 190-201.

Lee, J. (2010). Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. Scientia Horticulturae. 124: 299–305.

Leung, A.Y. and Foster, S. (1996). Encyclopedia of Common Natural Ingredients Used in Food, Drugs and Cosmetic. 369-370. John Wiley & Sons.

Liu, M., Hu, F., Chen, X. and Huang, Q. (2009). Organic amendments with reduced chemical fertilizer promote soil microbial development and nutrient availability in a subtropical paddy field: The influence of quantity, type and application time of organic amendments. Applied Soil Ecology. 42: 166-175.

Mafakheri, S., Omidbaigi, R., Sefidkon, F. and 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 Persian with English abstract).

Minaxi Nain, L., Yadav, R.C. and Saxena, J. (2012). Characterization of multifaceted *Bacillus sp*. RM-2 for its use as plant growth promoting bioinoculant for crops grown in semi arid deserts. Applied Soil Ecology. 59: 124-135.

Movaghatian, A., Fateh, E., Aynehband, A. and Siahpoosh, A. (2015). Effect of different soil fertilizing methods on soil properties, nutrient uptake and quanitative and qualitative yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Miller.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 31(3): 511-526. (In Persian with English abstract).

Niknejad, M., Lebaschy, M.H., Jaimand, K. and Hatami, F. (2013). Effect of organic and chemical fertilizers on essential oil of *Matricaria chamomilla* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 29(2): 373-386. (In Persian with English abstract).

Omidi, H., Badi, H.N., Golzad, A. and Torabi, H. (2009). Effect of chemical and biological fertilizers on quantitative and qualitive yield of *Crocus sativus* L. Iranian Journal of Medicinal Plants. 30(2): 98-109. (In Persian with English abstract).

Padmavathiamma, P.K., Li, L.Y. and Kumari, U.R. (2008). An experimental study of vermi-biowaste composting for agricultural soil improvement. Bioresource Technology. 99:1672-81.

Povh, J.A. and Ono, E.O. (2007). Rendimentodo ole essential do *Salvia officinalis* L. Sob a cao de reguladores vegetias. Acta Science. 28: 189-193.

Rai, M.K. (2006). Handbook of Microbial Biofertilizers. Haworth Press Inc., NY, USA. ISBN: 978-1-56022-269-9.

Rasooli, F., Peyvast, Gh.A, Olfati, G.A. and Ehteshami, S.M. (2013). Use of vermicompost in cover soil for mushroom production. Horticultural Science. 45(4): 377-3852.

Roesty, D., Gaur, R. and Johri, B.N. (2006). Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial. Community structure in rain-fed wheat fields. Journal of Plant Science. 38: 1111-1120.

Sangwan, P., Kaushik, C.P. and Garg, V.K. (2008). Vermiconversion of industrial sludge for recycling the nutrients. Bioresource Technology. 99: 8699–8704.

Sharafzadeh, Sh., Khoshkhoi, M. and Javidnia, K. (2008). Effects of nutrients on growth and active substances of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Horticultural and Technology. 9(4): 261.274.

Shata, S.M., Mahmoud, A. and Siam, S. (2007). Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. Reacerch Journal of Agriculture and Biological Sciences. 3(6): 733-739.

Tahami Zarandi, S.M., Rezvani Moghadam, K. and Jahan, M. (2010). Study of the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil of *Ocimum basilicum* L. Iranian Journal of Agro-Ecology. 2(1): 70-82. (In Persian with English abstract).

Vesna, K. and Bauer, B. (2015). Antifungal activity of the essential oil of wild-growing *Mentha piperita* L. and *Mentha spicata* L. from the Mariovo region, republic mecedonia. Second Mediterranean Symposium on Medicinal and Aromatic Plants: 22-25.

Yadegari, M. (2018). Foliar application effects of salicylic acid and jasmonic acid on the essential oil composition of *Salvia officinalis.* Turkish Journal of Biochemistry. 43(4): 417-424.

Yadegari, M. and Saeedi, M.R. (2017). Response of potato (*Solanum tuberosum* cv. Kaiser) to different sources of fertillizers. Journal of Crop Ecophysiology. 11(1): 31-50. (In Persian with English abstract).

Yadegari, M. (2016). Effect of micronutrients foliar application and biofertilizeres on essential oils of lemon balm. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 16 (3): 702-715.

Yadegari, M., Farahani, G.H.N. and Mosadeghzad, Z. (2012). Biofertilizers effects on quantitative and qualitative yield of Thyme (*Thymus vulgaris*). African Journal of Agricultural Research. 7(34): 4716- 4723.

Yadegari, M., Asadi Rahmani, H., Noormohammadi, G. and Ayneband, A. (2010). Plant growth promoting rhizobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L. Journal of Plant Nutrition. 33: 1733-1743.

Yousefzadeh, S., Modarres-Sanavy.S.A.M., Sefidkon, F. (2016). Effect of biofertilizer, azocompost and nitrogen on oil yield and essential oil content of *Dracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Horticultural Science, 46(4): 601-614. (In Persian with English abstract).

Wibowo, S.T. (2007). Kandungan hormone IAA, serpan hara, dan pertumbuhan beberapa tanaman budidaya sebagia respon terhadap aplikasi pupuk biologi Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Zeinali, H., Hosseini, H. and Shirzadi, M.H. (2014). Effects of nitrogen fertilizer and harvest time on agronomy, essential oil and menthol of *Mentha piperita* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 30(3): 486-495. (In Persian with English abstract).