Archive of SID

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و هفتم، شماره چهارم، ۱۳۹۹
۱۳۳-۱۴۹
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2020.17126.2572

اثر ورمی‌کمپوست و برخی عناصر پرمصرف بر رشد، جذب عناصر غذایی و کمیت و کیفیت اسانس مرزه (*Satureja hortensis* L.)

*عبدالرحمان رحیمی[1] و اسماعیل باباخانزاده سجیرانی[2]

[1]استادیار گیاهان دارویی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران،
[2]مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۰۱

چکیده

سابقه و هدف: کودهای آلی یکی از الزامات توسعه کشاورزی پایدار در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و خطرات زیست‌محیطی ناشی از آن‌ها می‌باشند. در این راستا، ورمی‌کمپوست نقش مهمی در بهبود رشد و کیفیت محصولات کشاورزی و تولید محصولات ارگانیک دارد. مطالعات متعددی به بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی پرداخته‌اند. اما مطالعه جامعی در ارتباط با تأثیر ورمی‌کمپوست یا تغذیه تلفیقی بر عملکرد کمی و کیفی مرزه وجود ندارد. بنابراین، این مطالعه به‌منظور بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست و تغذیه تلفیقی بر رشد، جذب عناصر غذایی و کمیت و کیفیت اسانس مرزه انجام شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل شاهد (بدون تیمار)، کود شیمیایی حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم (NPK) (با نسبت ۵۰:۵۰:۸۰ کیلوگرم در هکتار)، سطوح مختلف ورمی‌کمپوست (۲، ٤، ٦، ۸ و ۱۰ تن در هکتار) و تیمارهای ترکیبی (نصف هر یک از سطوح ورمی‌کمپوست به همراه نصف NPK) بودند. صفات مورد مطالعه نیز عبارت بودند از: ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، وزن خشک اندام هوایی، درصد و عملکرد اسانس، ترکیبات موجود در اسانس، میزان کلروفیل a و b و کلروفیل کل و میزان جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS آنالیز شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تمامی صفات مورد بررسی به غیر از کلروفیل b و درصد اسانس، به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تیمارها قرار گرفتند. تیمار NPK به‌طور چشمگیری تعداد شاخه فرعی در بوته، وزن خشک اندام هوایی، جذب نیتروژن و فسفر و میزان کلروفیل a و کل را نسبت به شاهد افزایش داد. ورمی‌کمپوست به تنهایی و یا در ترکیب با کود NPK (نصف ورمی‌کمپوست به همراه نصف NPK) بسته به دز مصرفی تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای در افزایش تمامی صفات (به غیر از کلروفیل b و درصد اسانس) داشت. بیش‌ترین میزان جذب فسفر در اثر کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد؛ در حالی‌که بیش‌ترین مقدار سایر صفات توسط تیمار ترکیبی ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ نصف NPK به‌دست آمد. کم‌ترین مقدار صفات مورد ارزیابی نیز

* مسئول مکاتبه: abdolrahmanrahimi60@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مربوط به تیمار شاهد بود. نتایج هم‌چنین نشان داد که کم‌ترین درصد گاماترپینن، میرسن و پی سیمن در تیمار شاهد مشاهده شد؛ در حالی‌که میزان کارواکرول به‌طور معنی‌داری در تیمار شاهد نسبت به تیمارهای کودی (به غیر از ۲ و ٤ تن در هکتار ورمی‌کمپوست) افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست به تنهایی (٦ تن در هکتار یا بیش‌تر) و یا در ترکیب با کودهای شیمیایی (به‌ویژه ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + نصف NPK) از پتانسیل خوبی در بهبود وزن خشک و عملکرد اسانس مرزه برخوردار می‌باشد. از این‌رو، نتیجه‌گیری می‌شود که با مصرف کود ورمی‌کمپوست در زراعت مرزه می‌توان کودهای شیمیایی NPK را حذف نموده و یا مصرف آن‌ها را کاهش داد. هم‌چنین می‌توان نتیجه گرفت که گیاهان تیمار نشده برای دستیابی به بیش‌ترین میزان کارواکرول مناسب هستند؛ درحالی‌که، کاربرد ورمی‌کمپوست به تنهایی و یا در ترکیب با کود شیمیایی در راستای دستیابی به ترکیبات هیدروکربنه مانند گاماترپینن، میرسن و پی سیمن برتری دارند.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تغذیه آلی، رشد، مرزه، ورمی‌کمپوست

مقدمه

گیاهان اسانس‌دار گروه مهمی از گیاهان دارویی می‌باشند و اغلب این گیاهان متعلق به سه خانواده چتریان، نعناعیان و کاسنی می‌باشند. مرزه (*Satureja hortensis* L.) گیاهی است علفی و یکساله از خانواده نعناعیان که از اهمیت زیادی در ایران و جهان برخوردار می‌باشد و از اسانس حاصل از پیکره رویشی آن در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی بهداشتی استفاده فراوان می‌شود (۳۰) و هم‌چنین در مواد غذایی به‌عنوان طعم‌دهنده غذا کاربرد دارد (۲۳). مرزه دارای اثرات درمانی مختلفی جهت دردهای عضلانی، تهوع و بیماری‌های عفونی و اسهال می‌باشد (٤٤). علاوه بر این، اثرات ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی، خواب‌آور و ضداسپاسم آن در بررسی‌های آزمایشگاهی مشخص شده است (۳۵). بهبود رشد و نمو به‌منظور افزایش زیست‌توده اندام حاوی ماده مؤثره با روش‌های به‌زراعی و به‌نژادی و تحریک چرخه‌های بیوشیمیایی درون گیاه به‌منظور تولید حداکثر ماده مؤثره از راه تنظیم عوامل مختلف اقلیمی، از اهداف مهم تولید گیاهان دارویی است (۳۱).

در دهه‌های اخیر، به‌منظور دست‌یابی به عملکرد بالا در تولید محصولات کشاورزی، مصرف نهاده‌های شیمیایی رو به افزایش بوده است (۳۸). مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی باعث مشکلات زیست‌محیطی فراوانی از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی، ایجاد مقاومت در مقابل امراض و آفات گیاهی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها شده است و یکی از موانع مهم در راستای کشاورزی پایدار می‌باشند (۳۹). از این‌رو، در راستای دستیابی به عملکرد مطلوب و پایدار در نظام‌های آینده کشاورزی، مواردی مانند کاهش مصرف انرژی و نهاده‌ها، مدیریت مناسب آب، خاک و منابع زیستی و حفظ محیط زیست بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۳۷). بنابراین، حذف یا کاهش مصرف کودهای شیمیایی از الزامات برنامه توسعه پایدار کشاورزی به‌منظور تولید محصولات ارگانیک است، که در این راستا کاربرد کودهای آلی به‌منظور کاهش مخاطرات مذکور و هم‌چنین تأمین نیازهای رویشی گیاه ضروری بوده و نقش مهمی را در پایداری نظام‌های کشاورزی در آینده به دنبال دارد (۳٤).

www.SID.ir

Archive of SID

ورمی‌کمپوست یکی از کودهای زیستی مفید در بوم نظام‌های پایدار است که حاصل یک فرایند نیمه‌هوازی گونه‌ای کرم حلقوی قرمز با نام علمی *Eisenia foetida* است. ماده دفع شده توسط کرم خاکی، دارای ۵ تا ۱۱ مرتبه نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیش‌تری نسبت به خاک‌های بدون ورمی‌کمپوست می‌باشد (۱۵). هم‌چنین ورمی‌کمپوست سرشار از مواد هیومیک و عناصر غذایی، انواع ویتامین‌ها، هورمون‌های محرک رشد و آنزیم‌های مختلف است که به‌دلیل داشتن خصوصیاتی مانند تخلخل زیاد، تهویه و زهکشی مناسب، قدرت جذب و نگهداری بالای عناصر معدنی و آزادسازی تدریجی آن‌ها و نیز ظرفیت بالای نگهداری آب، در کشاورزی پایدار به‌منظور بهبود رشد و کیفیت محصولات کشاورزی استفاده می‌شود (۵، ٦، ۸، ۹ و ۳۳).

مطالعات متعددی به تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست در افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی مختلف مانند ریحان (٤)، بابونه (۱۱)، گشنیز (١٤)، مرزه (۱۵)، زعفران (۲۸) و شوید (٤۲) پرداخته‌اند که بیانگر تأثیر مطلوب ورمی‌کمپوست بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان مورد مطالعه می‌باشد. بنابراین، با توجه به ضرورت و خلأ تحقیقاتی در زمینه تأثیر ورمی‌کمپوست در مقایسه با کودهای شیمیایی در زراعت مرزه؛ هدف از انجام این پژوهش دستیابی به پاسخ این سؤال می‌باشد که آیا استفاده از ورمی‌کمپوست می‌تواند در کاهش و یا عدم مصرف کودهای شیمیایی در زراعت مرزه مؤثر باشد یا نه؟

مواد و روش‌ها

این آزمایش با ۱۲ تیمار شامل: شاهد (بدون اعمال تیمار)، NPK (با نسبت ۵۰:۵۰:۸۰ کیلوگرم در هکتار)، سطوح مختلف ورمی‌کمپوست (۲، ٤، ٦، ۸ و ۱۰ تن در هکتار) و سطوح ترکیبی (نصف ورمی‌کمپوست به همراه نصف NPK) در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی شاهرود در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. برای منابع کودی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب از اوره (حاوی ٤٦ درصد نیتروژن)، سوپرفسفات تریپل (حاوی ٤٦ درصد P_2O_5) و سولفات پتاسیم (حاوی ۵۰ درصد K_2O) استفاده شد که میزان کود مصرفی بر اساس درصد خالص هر عنصر محاسبه شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و ورمی‌کمپوست در جدول ۱، آمده است. نیتروژن در دو مرحله (نصف در زمان کاشت و نصف به‌صورت سرک (اوایل مرحله ساقه‌رفتن) و بقیه تیمارها در حین کاشت به‌صورت مصرف خاکی اعمال شدند. کرت‌های آزمایشی در ابعاد ۲×۲ متر با فاصله یک متر از یکدیگر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شدند. کل آزمایش شامل ۳٦ کرت و هر کرت شامل ۸ ردیف کاشت با فواصل ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و ورمی‌کمپوست.

Table 1. Physical and chemical properties of soil and vermicompost.

مشخصات Properties	خاک Soil	ورمی‌کمپوست Vermicompost
اسیدیته pH	7.82	6.94
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS/m)	1.44	4.83
کربن آلی (درصد) Organic C (%)	0.86	19.27
نیتروژن کل (درصد) Total Nitrogen (%)	0.12	1.7
فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available P (mg/kg)	8.64	372
پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available K (mg/kg)	227	388
بافت خاک Soil texture	لومی رسی سیلتی Silty clay loam	-

عملیات مزرعه‌ای: زمین مورد نظر شخم و تسطیح و سپس کرت‌بندی شد. کاشت با دست به فواصل ۵ سانتی‌متری روی ردیف و در عمق ۲ سانتی‌متری در پنجم اردیبهشت ماه ۱۳۹۷ انجام شد. گیاهان سبز شده در مرحله ٤ تا ٦ برگی تنک و فاصله بوته‌ها بر روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر تنظیم شد. در طول فصل رشد به دفعات لازم وجین دستی انجام گردید. آبیاری‌های اولیه تا استقرار بوته‌ها هر دو روز یک بار و پس از آن تا زمان برداشت بسته به شرایط آب و هوایی و نیاز گیاه به فواصل ٤ تا ۷ روز انجام شد. عملیات سله شکنی نیز به دفعات لازم در چندین نوبت انجام گرفت.

صفات مورد بررسی: صفات مورد ارزیابی در این آزمایش عبارتند از: ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، وزن خشک اندام هوایی، میزان کلروفیل، درصد جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم، درصد اسانس اندام هوایی، درصد و عملکرد اسانس و ترکیبات موجود در اسانس.

در زمان گلدهی کامل تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از بخش‌های مرکزی هر کرت انتخاب شده و سپس ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های هوایی، نمونه‌ها توسط دستگاه آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤۸ ساعت خشک شدند و سپس وزن خشک آن‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت یک صدم اندازه‌گیری و برحسب گرم ثبت شد.

کلروفیل: برای محاسبه غلظت کلروفیل از روش آرنون (۱۹٥٦) استفاده شد و سپس مقدار آن برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر برگ محاسبه شد (۷).

www.SID.ir

Archive of SID

جذب عناصر غذایی: به‌منظور اندازه‌گیری عناصر غذایی، ابتدا اندام‌های هوایی گیاه مرزه به‌مدت ۷۲ ساعت جهت خشک کردن در آون با دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. میزان فسفر به روش رنگ‌سنجی و با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر (۲۹)، میزان پتاسیم به کمک دستگاه فلیم فتومتر (۱۸) و میزان نیتروژن نیز با استفاده از دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شدند (٤٥).

استخراج و اندازه‌گیری درصد اسانس: اسانس‌گیری از پیکره رویشی گیاه خشک مرزه با استفاده از کلونجر به روش تقطیر با آب به‌مدت ۳ ساعت انجام شد و در نهایت حجم اسانس بر حسب میلی‌لیتر در صد گرم وزن خشک اندام هوایی محاسبه و به‌صورت درصد بیان گردید. عملکرد اسانس در هکتار نیز با استفاده از حاصل‌ضرب درصد اسانس در عملکرد پیکره رویشی محاسبه و به‌صورت لیتر در هکتار بیان شد. اسانس حاصله توسط سولفات سدیم آبگیری و تا زمان تجزیه در ظروف شیشه‌ای در یخچال نگهداری شدند.

شناسایی و تعیین مقدار ترکیبات اسانس: برای شناسایی ترکیبات موجود در اسانس از دستگاه کروماتوگرافی گازی مجهز به طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) مدل Agilent 5973 استفاده شد و سپس با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) مدل Younglin Acme6000 میزان ترکیبات موجود در اسانس تعیین مقدار شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌های هر صفت با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام شد. لازم به ذکر است که برای ترکیبات موجود در اسانس تجزیه و تحلیل آماری با دو تکرار و برای سایر صفات در سه تکرار انجام شد.

نتایج و بحث

جذب عناصر غذایی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفتند (جدول ۲).

نیتروژن: تیمار NPK به تنهایی و کود ورمی‌کمپوست در سطوح ۸ و ۱۰ تن در هکتار و هم‌چنین سطوح ۲ الی ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به همراه نصف دز NPK میزان جذب نیتروژن را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. بیش‌ترین میزان جذب نیتروژن توسط تیمار ترکیبی ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و نصف دز NPK (۳/۲۹ درصد) و متعاقباً ٤ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و نصف دز NPK (۳/۲۵ درصد) به‌دست آمد. کم‌ترین مقدار جذب نیتروژن نیز مربوط به تیمار شاهد بود (۲/۷۷ درصد). هم‌چنین تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای بین دز کامل NPK و تیمارهای ترکیبی (نصف ورمی‌کمپوست به همراه نصف NPK) و یا سطوح مختلف ورمی‌کمپوست وجود نداشت (جدول ۳).

فسفر: نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف ۸ و یا ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و همچنین تیمار ترکیبی ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست با نصف دز NPK میزان جذب فسفر را نسبت به شاهد افزایش دادند. بیش‌ترین (۰/۲۸۹ درصد) و کم‌ترین (۰/۲۰۷ درصد) میزان جذب فسفر به‌ترتیب توسط تیمارهای ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و شاهد به‌دست آمد. هم‌چنین کاربرد ورمی‌کمپوست در سطوح ۸ و ۱۰ تن در هکتار میزان جذب فسفر را به‌طور معنی‌داری نسبت به دز کامل NPK افزایش دادند در صورتی‌که سایر تیمارها تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای با آن نداشتند (جدول ۳).

پتاسیم: نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن است که مصرف کود ورمی‌کمپوست در سطح ۱۰ تن در هکتار

www.SID.ir

Archive of SID

و کود NPK در دز کامل و هم‌چنین تیمار ترکیبی ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + نصف دز NPK، میزان جذب پتاسیم را به‌طور چشم‌گیری نسبت به شاهد افزایش دادند. کم‌ترین (۲/۰۲ درصد) و بیش‌ترین (۲/٤۸ درصد) میزان جذب پتاسیم به‌ترتیب توسط تیمارهای شاهد و ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + نصف دز NPK به‌دست آمد (جدول ۳).

تیمار NPK به‌طور چشم‌گیری جذب عناصر نیتروژن و پتاسیم را افزایش داد ولی تأثیر قابل ملاحظه‌ای در افزایش جذب فسفر توسط گیاه مرزه نداشت. افزایش جذب عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم در اثر کاربرد کود شیمیایی را می‌توان به پویایی آن عناصر مرتبط دانست که به آسانی می‌توانند در دسترس ریشه گیاه قرار گیرند. در سایر پژوهش‌ها نیز کاهش فسفر قابل‌جذب خاک در شرایط مصرف خاکی آن عنصر گزارش شده است (۲۵). کاهش فسفر قابل‌جذب را می‌توان به مواردی مانند: غیرمتحرک شدن آن توسط ریزجانداران، رسوب همراه کاتیون‌های هم‌چون کلسیم، جذب سطحی بر روی رس‌های خاک بستر، آهک (۳۸) و جذب سطحی بر روی اکسیدهای آهن و آلومینیوم و رسوب بر روی ذرات جامد خاک مربوط دانست (۲۵).

علی‌رغم عدم تأثیر NPK در جذب فسفر، کود ورمی‌کمپوست به تنهایی و یا در تلفیق با نصف میزان مصرفی NPK بسته به نوع میزان مصرفی، جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را افزایش داد، به‌طوری‌که بالاترین غلظت فسفر در تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و بیش‌ترین مقدار جذب نیتروژن و پتاسیم در تیمار تلفیقی ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ نصف NPK به‌دست آمد. در سایر پژوهش‌ها نیز افزایش جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در نعناع (۲۱)، ختمی (۳٦)، مرزه (۲۷) و گوجه‌فرنگی (٤۷) در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست گزارش شده است که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد. کود ورمی‌کمپوست در مقایسه با کودهای شیمیایی سرشار از مواد آلی می‌باشد (۲۰). هم‌چنین ورمی‌کمپوست دارای عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیش‌تری نسبت به خاک‌های اطراف خود می‌باشد که به‌تدریج و به سهولت آن‌ها را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (۹). افزایش جذب فسفر تحت‌تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست را می‌توان به جلوگیری از تثبیت فسفر در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست مربوط دانست. کاربرد درازمدت مواد آلی در خاک باعث می‌شود که فسفر با پیوندهای کم انرژی نگهداری شده و قابلیت استفاده از آن افزایش یابد (۲۲). بدین‌صورت که اسیدهای آلی آزاد شده از مواد آلی مانع تثبیت فسفر در خاک می‌شود و فسفر قابل‌جذب خاک توسط گیاه افزایش می‌یابد (۲٤). علاوه بر این، هوموس موجود در خاک که در اثر اضافه نمودن مواد آلی تشکیل می‌شود، باعث پوشاندن سطح ذرات رس شده و مانع تثبیت فسفر می‌شود. از طرف دیگر، فسفر موجود در ورمی‌کمپوست به‌تدریج معدنی شده و به فرم قابل‌جذب گیاه در می‌آید (۲۱).

کلروفیل: نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن است که کلروفیل a و کل تحت‌تأثیر تیمارها قرار گرفتند، در صورتی‌که از لحاظ کلروفیل b بین تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

تیمار NPK در دز کامل، کود ورمی‌کمپوست در سطوح ۸ و ۱۰ تن در هکتار و مصرف ورمی‌کمپوست در سطوح ۳، ٤ و یا ۵ تن در هکتار در ترکیب با نصف NPK، به‌طور چشم‌گیری میزان کلروفیل a را نسبت به شاهد افزایش دادند. هم‌چنین تمامی تیمارها، به‌غیر از تیمارهای ۲، ٤ و ٦ تن ورمی‌کمپوست، میزان کلروفیل کل را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. کم‌ترین میزان کلروفیل a (۱/۰۵۷ میلی‌گرم بر گرم) و کل (۱/۸٤۰ میلی‌گرم بر گرم) متعلق به تیمار شاهد

www.SID.ir

Archive of SID

بود. بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۱/۳۷۳ میلی‌گرم بر گرم) و کل (۲/۲۹۷ میلی‌گرم بر گرم) نیز مربوط به ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + نصف دز NPK بود (جدول ۳).

نیتروژن و منیزیم جزو عناصری هستند که در ساختار اصلی کلروفیل وجود داشته و نقش مهمی در سنتز و افزایش میزان کلروفیل ایفا می‌کنند. چنان‌که قبلاً ذکر شد تمامی تیمارهای کودی، جذب عناصر غذایی به‌ویژه میزان نیتروژن را در اندام هوایی مرزه افزایش دادند. بنابراین افزایش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن یکی از دلایل مهم افزایش کلروفیل در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست و سایر تیمارهای کودی می‌باشد. در تطبیق با نتایج حاضر، افتاده فدافن و همکاران (۲۰۱۸) نیز تأثیر مثبت کود ورمی‌کمپوست را در افزایش کلروفیل a، کلروفیل کل و شاخص سبزینگی زعفران گزارش کردند و عنوان نمودند که ورمی‌کمپوست از طریق افزایش و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی مؤثر در تولید کلروفیل مانند نیتروژن، آهن و منیزیم باعث افزایش میزان کلروفیل برگ زعفران شده است (۲۸).

صفات ریخت‌شناسی و عملکرد: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و وزن خشک اندام هوایی مرزه به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد تحت‌تأثیر تیمارهای مختلف کودی قرار گرفتند (جدول ۲).

مصرف ۱۰ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست به تنهایی و تیمارهای ترکیبی ٤ و یا ۵ تن در هکتار + نصف NPK، ارتفاع بوته گیاه مرزه را نسبت به شاهد افزایش دادند در صورتی‌که سایر تیمارها تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای با شاهد نداشتند (جدول ۲). هم‌چنین تمامی تیمارهای مختلف کودی به غیر از مصرف ۲ و ٤ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست، تعداد شاخه فرعی در بوته و وزن خشک اندام هوایی مرزه را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. کم‌ترین و بیش‌ترین مقادیر مربوط به ارتفاع بوته (٤٠/٨٧ و ٥٥/٧٣ سانتی‌متر)، تعداد شاخه فرعی در بوته (١٦/٤٥ و ٢٢/٦٧ عدد) و وزن خشک اندام هوایی (٣٧٧٤/٩ و ٤٧٣٨/٢ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب در تیمارهای شاهد و ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + نصف NPK مشاهده گردید (جدول ۳ و شکل ۱).

در سایر پژوهش‌ها نیز اثرات مثبت کود ورمی کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد ریحان (٤، ١٧ و ٤١)، بابونه (١١)، شوید (٤٢) زعفران (٢٨) و مرزه (١٥) گزارش شده است که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد. افزایش میزان جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و هم‌چنین افزایش میزان کلروفیل در این پژوهش به وضوح تأییدکننده تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر رشد و عملکرد مرزه می‌باشد، که نشان می‌دهد ورمی‌کمپوست از طریق فراهم نمودن مواد غذایی مورد نیاز گیاه و هم‌چنین افزایش تولیدات فتوسنتزی به‌واسطه افزایش کلروفیل در افزایش رشد مؤثر می‌باشد.

بر اساس منابع موجود، اکثر عناصر غذایی موجود در ورمی‌کمپوست از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم به سهولت برای گیاه قابل‌دسترس می‌باشد که می‌تواند نقش مؤثری در بهبود رشد و عملکرد گیاهان داشته باشد (٤٦). هم‌چنین ورمی‌کمپوست حاوی اسید هیومیک، هورمون‌های محرک رشد گیاه و انواع ویتامین‌ها و آنزیم‌ها می‌باشد (٦، ٢٠ و ٣٣) که می‌تواند به‌طور مستقیم باعث بهبود رشد و نمو گیاهان گردد. علاوه بر این، ورمی‌کمپوست بر مواردی مانند بهبود ساختار شیمیایی، فیزیکی و زیستی بستر کاشت، افزایش جذب و نگهداری آب تأثیر دارد (٦، ٨ و ١٥). از این‌رو، افزایش رشد و عملکرد گیاه مرزه در اثر کاربرد کود ورمی‌کمپوست با توجه به موارد نام برده شده قابل استناد می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر NPK و ورمی کمپوست بر صفات ارزیابی شده مرزه.

Table 2. Variance analysis of the effect of NPK and vermicompost on evaluated traits of *S. hortensis*.

منبع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه فرعی در بوته Number of Lateral branches per plant	وزن خشک اندام هوایی Aboveground dry weight	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield
بلوک Blok	2	30.75^{ns}	14.19*	29779.33^{ns}	0.69^{ns}	0.002*	0.003^{ns}	0.006^{ns}	0.007^{ns}	0.001^{ns}	0.004^{ns}	23.38^{ns}
تیمار Treatment	11	46.98*	7.69*	215413.20*	0.09*	0.002*	0.057*	0.030*	0.010^{ns}	0.071**	0.021^{ns}	160.37*
خطا Error	22	20.57	3.36	85759.63	0.04	0.001	0.025	0.012	0.013	0.021	0.029	53.19
کل Total	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	9.52	9.02	6.78	6.19	10.14	7.072	9.029	12.882	6.812	10.46	10.37

*، ** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار می‌باشند.

*, ** and ns respectively are significant difference at 5% and 1% Probability levels and not significant.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات ارزیابی شده مرزه تحت‌تأثیر NPK و ورمی‌کمپوست.

Table 3. Means comparison of evaluated traits of *S. hortensis* as affected by NPK and vermicompost.

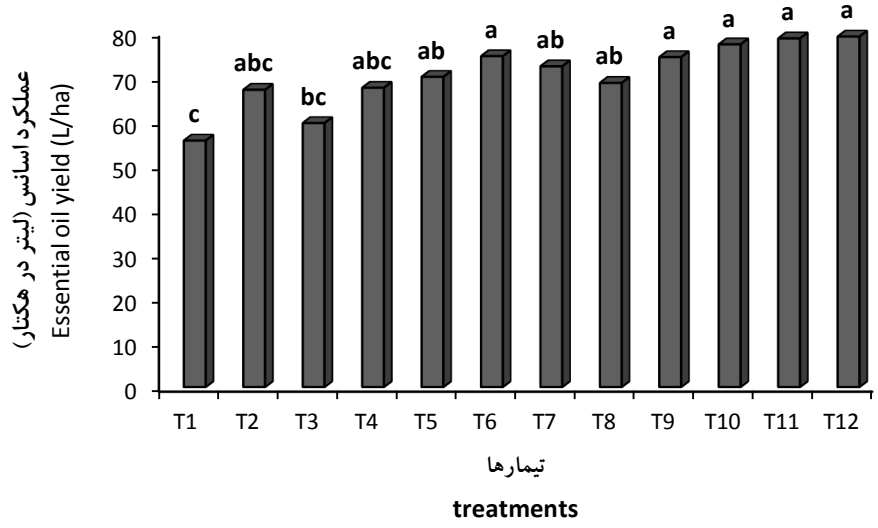
تیمارها Treatments	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه فرعی در بوته Lateral branches (number per plant)	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (میلی‌گرم/گرم) P (mg/gr)	پتاسیم (میلی‌گرم/گرم) K (mg/gr)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم) Chlorophyll a (mg/gr)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم) Chlorophyll b (mg/gr)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم) Total chlorophyll (mg/gr)	درصد اسانس Essential oil percentage
T1	40.87 ^{c}	16.45 ^{c}	2.77 ^{d}	0.207 ^{d}	2.02 ^{c}	1.057 ^{d}	0.783 ^{a}	1.840 ^{c}	1.47 ^{a}
T2	46.27 ^{bc}	21 ^{ab}	3.19 ^{ab}	0.220 ^{cd}	2.39 ^{ab}	1.260 ^{abc}	0.860 ^{a}	2.120 ^{ab}	1.57 ^{a}
T3	44.97 ^{bc}	19.03 ^{bc}	2.83 ^{cd}	0.209 ^{d}	2.10 ^{c}	1.077 ^{cd}	0.783 ^{a}	1.860 ^{c}	1.51 ^{a}
T4	45.33 ^{bc}	19.47 ^{bc}	2.83 ^{cd}	0.227 ^{cd}	2.09 ^{c}	1.157 ^{bcd}	0.790 ^{a}	1.947 ^{bc}	1.67 ^{a}
T5	45.80 ^{bc}	19.73 ^{ab}	2.98 ^{abcd}	0.246 ^{bcd}	2.21 ^{abc}	1.173 ^{bcd}	0.890 ^{a}	2.063 ^{abc}	1.63 ^{a}
T6	48.45 ^{abc}	20.73 ^{ab}	3.11 ^{abc}	0.266 ^{ab}	2.26 ^{abc}	1.293 ^{ab}	0.860 ^{a}	2.153 ^{ab}	1.72 ^{a}
T7	51.80 ^{ab}	21.47 ^{ab}	3.12 ^{abc}	0.289 ^{a}	2.41 ^{ab}	1.323 ^{ab}	0.950 ^{a}	2.273 ^{a}	1.62 ^{a}
T8	46.10 ^{bc}	19.70 ^{ab}	2.92 ^{bcd}	0.242 ^{bcd}	2.18 ^{bc}	1.207 ^{abcd}	0.897 ^{a}	2.103 ^{ab}	1.58 ^{a}
T9	46.53 ^{bc}	20.97 ^{ab}	3.11 ^{abc}	0.230 ^{bcd}	2.24 ^{abc}	1.240 ^{abcd}	0.863 ^{a}	2.103 ^{ab}	1.70 ^{a}
T10	47.77 ^{bc}	21.1 ^{ab}	3.19 ^{ab}	0.241 ^{bcd}	2.19 ^{bc}	1.300 ^{ab}	0.930 ^{a}	2.230 ^{a}	1.71 ^{a}
T11	52.28 ^{ab}	21.6 ^{ab}	3.25 ^{a}	0.237 ^{bcd}	2.28 ^{abc}	1.330 ^{ab}	0.920 ^{a}	2.250 ^{a}	1.72 ^{a}
T12	55.73 ^{a}	22.67 ^{a}	3.29 ^{a}	0.257 ^{abc}	2.48 ^{a}	1.373 ^{a}	0.923 ^{a}	2.297 ^{a}	1.67 ^{a}
LSD	7.68	3.11	0.32	0.041	0.27	0.188	0.19	0.243	0.29

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند. T1: شاهد (بدون تیمار)؛ T2: NPK (۸۰:۵۰:۵۰ کیلوگرم در هکتار)؛ T3-T7: به‌ترتیب ۲، ٤، ٦، ۸ و ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست؛ T8-T12: به‌ترتیب ۱، ۲، ۳، ٤ و ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + نصف NPK می‌باشند.

Means with the same letters in each column are not significantly different from each other at 5% probability level based on LSD test. T1: control (without treatment);T2: NPK (80:50:50 kg/ha); T3-T7: respectively are 2, 4, 6, 8 and 10 ton/ha vermicompost; T8-T12: respectively are 1, 2, 3, 4, and 5 ton/ha vermicompost + 50 % NPK.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی مرزه تحت‌تأثیر تیمارهای مختلف کودی. T1: شاهد (بدون تیمار)؛ T2: NPK (۵۰:۵۰:۸۰ کیلوگرم در هکتار)؛ T3-T7: به‌ترتیب ۲، ٤، ٦، ۸ و ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست؛ T8-T12: به‌ترتیب ۱، ۲، ۳، ٤ و ۵ تن در هکتار ورمی‌مپوست + نصف NPK می‌باشند (میانگین‌های با حروف مشابه، براساس آزمون LSD، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند.).

Fig. 1. Means comparison of aboveground dry weight of *S. hortensis* as affected by different fertilizer treatments. T1: control (without treatment); T2: NPK (80:50:50 kg/ha); T3-T7: respectively are 2, 4, 6, 8 and 10 ton/ha vermicompost; T8-T12: respectively are 1, 2, 3, 4, and 5 ton/ha vermicompost + 50 % NPK. Means with the same letters are not significantly different from each other at 5% probability level based on LSD test.

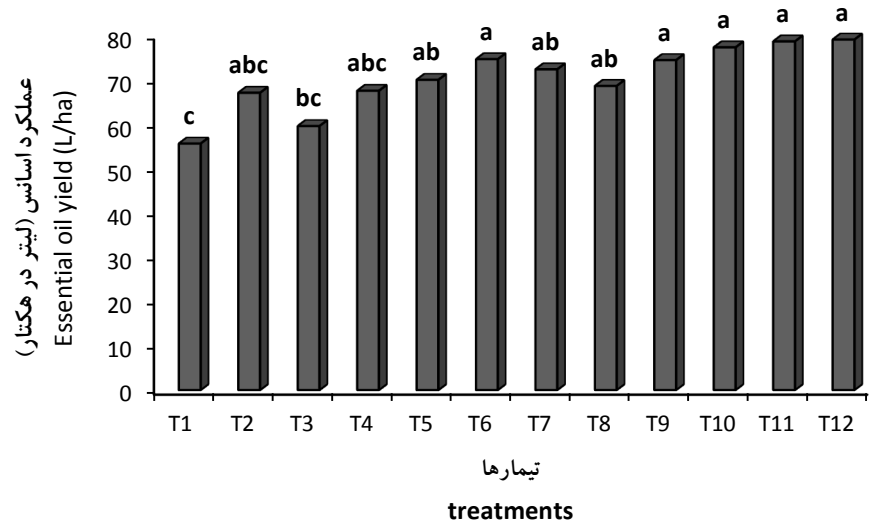
درصد و عملکرد اسانس: نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن است که تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر درصد اسانس مرزه معنی‌دار نبود در حالی‌که عملکرد اسانس به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تیمارها قرار گرفت (جدول ۲).

کاربرد کود ورمی‌کمپوست در سطوح ٦، ۸ و ۱۰ تن در هکتار و هم‌چنین کاربرد ترکیبی کود ورمی‌کمپوست در تمامی سطوح به همراه نصف دز مصرفی NPK به‌طور چشمگیری عملکرد اسانس مرزه را نسبت به شاهد افزایش داد، در صورتی‌که سایر تیمارها تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای با شاهد نداشتند. کم‌ترین عملکرد اسانس (۵۵/٥٦ لیتر در هکتار) در تیمار شاهد به‌دست آمد (شکل ۲). عملکرد اسانس برآیند عملکرد پیکره رویشی و درصد اسانس می‌باشد؛ بنابراین، هر گونه افزایش در این دو مورد می‌تواند منجر به افزایش عملکرد اسانس شود. در تطبیق با نتایج مذکور، غالب تیمارهای مؤثر در افزایش عملکرد پیکره رویشی، عملکرد اسانس را نیز افزایش دادند. بنابراین در این پژوهش افزایش عملکرد اسانس را می‌توان به تأثیر کود ورمی‌کمپوست و تیمارهای تلفیقی در افزایش عملکرد پیکر رویشی مرتبط دانست. پاندی (۲۰۰۵) نیز افزایش عملکرد اسانس گیاه دارویی درمنه را در اثر مصرف ورمی‌کمپوست گزارش نمود (۳۲). رحمانیان و همکاران (۲۰۱۷) با کاربرد سطوح مختلف ورمی‌کمپوست (۱۰ تا ۵۰ درصد) در ریحان، افزایش وزن خشک بوته، درصد و عملکرد اسانس را در اثر مصرف ۲۰ و ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست گزارش نمودند (۳٤). در سایر

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهش‌ها نیز افزایش عملکرد اسانس اسطوخودوس (۱) و نعنا فلفلی (۱۰) در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست گزارش شده است. عزیزی و همکاران (۲۰۰۸) با کاربرد ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی ورمی‌کمپوست در بابونه، به این نتیجه رسیدند که کود ورمی‌کمپوست تأثیری بر درصد و عملکرد اسانس نداشت در حالی‌که در سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد باعث افزایش عملکرد گیاه شد (۱۱). در تطبیق با نتایج این پژوهش، تهامی زرندی (۲۰۱۰) با کاربرد کودهای گاوی، گوسفندی، مرغی، NPK و ورمی‌کمپوست به این نتیجه رسید که تیمارهای اعمال شده تأثیری بر درصد اسانس ریحان نداشتند، در حالی‌که از طریق افزایش عملکرد برگ، عملکرد اسانس را افزایش دادند. ایشان هم‌چنین در خصوص توجیه دلیل عدم تأثیر کودهای اعمال شده بر درصد اسانس بیان نمودند که در شرایط نامساعد محیطی و کمبود عناصر غذایی میزان متابولیت‌های ثانویه افزایش می‌یابد، درحالی‌که کودهای آلی با قابلیت نگهداری بیش‌تر آب در خاک و فراهم آوردن عناصر غذایی بستر مناسب‌تری را برای رشد گیاه فراهم می‌نماید (۴۳). بنابراین این دلایل نیز در خصوص عدم تأثیرپذیری درصد اسانس در این پژوهش قابل تعمیم می‌باشد.



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد اسانس مرزه تحت‌تأثیر تیمارهای مختلف کودی. T1: شاهد (بدون تیمار)؛ T2: NPK (۸۰:۵۰:۵۰ کیلوگرم در هکتار)؛ T3-T7: به‌ترتیب ۲، ٤، ٦، ۸ و ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست؛ T8-T12: به‌ترتیب ۱، ۲، ۳، ٤ و ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + نصف NPK می‌باشند. (میانگین‌های با حروف مشابه، براساس آزمون LSD، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند.).

Fig. 2. Means comparison of essential oil yield of *S. hortensis* as affected by different fertilizer treatments. T1: control (without treatment); T2: NPK (80:50:50 kg/ha); T3-T7: respectively are 2, 4, 6, 8 and 10 ton/ha vermicompost; T8-T12: respectively are 1, 2, 3, 4, and 5 ton/ha vermicompost + 50 % NPK. Means with the same letters are not significantly different from each other at 5% probability level based on LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID

ترکیبات اسانس: تجزیه ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی نشان داد که ۲۲ ترکیب در اسانس مرزه شناسایی شدند. کارواکرول (٤٥/٩٠ – ٥٤/٠٣ درصد) و گاما ترپینن (۲۷/۸۰ – ۳٥/۳٥ درصد) اجزای غالب اسانس بودند. به دنبال آن‌ها، پی سیمن (٤/۳٥ – ٦/۲۳)، میرسن (۲/۱۸ –۲/۹٥ درصد)، کارواکرول متیل اتر (۱/۲٤ – ۱/٥۸ درصد)، آلفا ترپینن (۱/۲۰ – ۱/٤٥ درصد) آلفا پینن (۱/۱۷ – ۱/۳۹) و آلفا توجن (۰/۹۹ – ۱/۱٥ درصد) بیشترین درصد ترکیبات اسانس را تشکیل دادند (جدول ٤).

نتایج بیانگر آن بود که ترکیبات کارواکرول، گاما ترپینن، پی‌سیمن، میرسن، کارواکرول متیل اتر، ترانس بتا اوسیمن، ترپینولن، جرماکرین و بتا بیسابولن به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفتند، در حالی‌که از لحاظ سایر ترکیبات تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد (جدول ٤).

کارواکرول: تمامی تیمارهای مختلف کودی به غیر از مصرف ۲ و ٤ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست، میزان کارواکرول اسانس مرزه را به‌طور چشم‌گیری نسبت به تیمار شاهد کاهش دادند. همچنین تیمارهای مذکور از لحاظ درصد کارواکرول نسبت به دز کامل NPK برتری داشتند، در حالی‌که بقیه تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای با کود شیمیایی NPK نداشتند. بیش ترین میزان کارواکرول توسط تیمار شاهد (٥٤/٠۳ درصد) و متعاقباً ٤ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (٥۳/٠٥ درصد) به‌دست آمد (جدول ٤).

گاما ترپینن: نتایج نشان داد که کم‌ترین مقدار گاما ترپینن (۲۷/۸۰ درصد) توسط تیمار شاهد به‌دست آمد. مصرف کود ورمی‌کمپوست در سطح ٦ و ۱۰ تن در هکتار، کود NPK در دز کامل و هم‌چنین تیمار ترکیبی ورمی‌کمپوست در سطوح ۳ تن به بالا در ترکیب با نصف NPK، میزان گاماترپینن را به‌طور چشم‌گیری نسبت به شاهد افزایش دادند. هم‌چنین، کاربرد کود ورمی‌کمپوست در سطح ٤ تن در هکتار میزان گاماترپینن را نسبت به دز کامل NPK افزایش نمود در حالی‌که بقیه تیمارها تفاوت چشم‌گیری از این لحاظ با کود شیمیایی نداشتند (جدول ٤).

پی سیمن: کود ورمی‌کمپوست در سطوح بیش‌تر از ٦ تن در هکتار و هم‌چنین سطوح ۱، ۲، ۳ و ٥ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به همراه نصف دز NPK میزان پی سیمن را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. بیش‌ترین میزان پی سیمن (٦/۲۳ درصد) در اثر کاربرد ۸ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد و کم‌ترین مقدار (٤/۳٥ درصد) آن نیز مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ٤).

میرسن: کود ورمی‌کمپوست در سطوح ٦ و ۱۰ تن در هکتار و تیمار ترکیبی ورمی‌کمپوست در سطوح ۲ تن به بالا در ترکیب با نصف NPK، به‌طور چشم‌گیری میزان میرسن را نسبت به شاهد زیاد نمودند. بیش‌ترین (۲/۹٥ درصد) و کم‌ترین (۲/۱۸ درصد) مقدار میرسن نیز به‌ترتیب در اثر تیمار ترکیبی ٤ تن در هکتار ورمی کمپوست + نصف NPK و تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ٤).

کارواکرول متیل اتر: کاربرد جداگانه کود ورمی‌کمپوست در سطوح ٦ و ۱۰ تن در هکتار و هم‌چنین کاربرد ترکیبی آن در سطوح ۲، ٤ و ٥ تن در هکتار + نصف NPK باعث افزایش میزان کارواکرول نسبت به تیمار شاهد شد. کم‌ترین مقدار کارواکرول متیل اتر (۱/۲٤ درصد) مربوط به تیمار شاهد بود. بیش‌ترین میزان آن نیز توسط تیمار ترکیبی ٤ تن در

www.SID.ir

Archive of SID

هکتار ورمی‌کمپوست و نصف دز NPK (۱/۵۸ دصد) و متعاقباً ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (۱/۵۵ درصد) به‌دست آمد (جدول ٤).

سایر ترکیبات: تیمارهای ترکیبی ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + نصف NPK و ۳ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + نصف NPK به‌ترتیب میزان ترپینولن و ترانس بتا اکیمن را نسبت به شاهد کاهش دادند. میزان جرماکرین دی و بتا بیسابولن نیز در اثر کاربرد ۸ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای نسبت به شاهد افزایش یافت.

در تیمار شاهد مونوترپن‌های هیدروکربنه از جمله گاماترپینن، میرسن و پی سیمن کاهش در حالی‌که ترکیب فنلی کارواکرول افزایش یافت. بنابرین از نتایج استنباط می‌شود که افزایش حاصلخیزی خاک باعث کاهش تبدیل و مصرف مونوترپن‌های هیدروکربنه به ترکیبات فنلی مانند کارواکرول می‌شود. اگرچه سازکار نتیجه بدست آمده به‌درستی روشن نیست اما این احتمال وجود دارد که افزایش جذب عناصر غذایی و یا برهم‌کنش آن‌ها با همدیگر بر آنزیم‌های مسیر سنتزی ترکیبات فنلی تأثیر داشته باشند. عناصر پرمصرف به‌عنوان اصلی‌ترین عامل خاکی مؤثر در تولید ترکیبات فرار در نظر گرفته شده‌اند (۱۲). در این خصوص عنوان شده است که عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم سطوح آنزیم‌های مهم دخیل در سنتز ترپنوئیدها را در گیاهان دارویی تحت‌تأثیر قرار می‌دهند (٤٠). هم‌چنین تغییر در میزان عناصر کم‌مصرف نیز بر اجزای اسانس تأثیر دارد (۳). در تطبیق با نتایج حاضر ال لیتی و همکاران (۲۰۱۷) در زراعت مرزه، افزایش کارواکرول و کاهش گاما ترپینن را در تیمارهای بدون کود نیتروژنه گزارش نمودند و بیان نمودند که در خاک‌های با حاصلخیزی متوسط، برای افزایش سنتز کارواکرول در اسانس مرزه نیازی به جذب بیش‌تر نیتروژن وجود ندارد (۱۳). علیزاده و همکاران (۲۰۱۰) با کاربرد سطوح مختلف کود شیمیایی (حاوی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی، بر و مس) در مرزه نشان دادند که ترکیباتی مانند میرسن، گاما ترپینن و آلفا ترپینن در تیمار بدون کود کاهش ولی میزان کارواکرول افزایش یافت (۲). در سایر گزارش‌ها نیز مومیوند و همکاران (۲۰۱۱) با کاربرد سطوح مختلف نیتروژن و کربنات کلسیم در مرزه به این نتیجه رسیدند که کاربرد نیتروژن در سطح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار میزان گاما ترپینن را افزایش داد درحالی‌که تیمارهای مذکور تأثیر معنی‌داری بر سایر ترکیبات نداشتند. آن‌ها هم‌چنین افزایش چشمگیر میزان کارواکرول، گاما ترپینن، آلفا پینن و بتا بیسابولن را در اثر کاربرد کربنات کلسیم گزارش و عنوان نمودند که خاک‌های حاوی کلسیم منجر به کاهش و مصرف ترکیبات هیدروکبنه و تبدیل آن به ترکیبات فنلی مانند کارواکرول می‌شوند (٢٦).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- مقایسه میانگین اجزای اساس مرزه (*S. hortensis* L.) تحت‌تأثیر تیمارهای مختلف کودی.

Table 4. Means comparison of essential oil components of *S. hortensis* as affected by different fertilizer treatments.

ترکیبات Compounds	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	Pr>F
α-thujene	1.10	1.07	1.09	1.07	1.05	1.15	1.09	1.07	1.13	1.12	1.02	0.99	0.88^{ns}
α-pinene	1.39	1.19	1.31	1.27	1.29	1.25	1.17	1.22	1.27	1.22	1.18	1.26	0.71^{ns}
camphene	0.13	0.11	0.19	0.14	0.18	0.15	0.12	0.13	0.14	0.16	0.12	0.11	0.60^{ns}
sabinene	0.31	0.34	0.24	0.24	0.24	0.25	0.34	0.25	0.25	0.24	0.22	0.22	0.66^{ns}
β-pinene	0.75	0.82	0.84	0.73	0.93	0.91	0.80	0.91	0.81	0.79	0.99	0.86	0.75^{ns}
Myrcene	2.18 ^{d}	2.51 ^{bcd}	2.32 ^{cd}	2.25 ^{d}	2.72 ^{ab}	2.37 ^{bcd}	2.76 ^{ab}	2.42 ^{bcd}	2.70 ^{abc}	2.66 ^{abc}	2.95 ^{a}	2.74 ^{ab}	0.02*
α-phellandrene	0.33	0.34	0.33	0.38	0.29	0.36	0.39	0.38	0.35	0.35	0.39	0.32	0.53^{ns}
α-terpinen	1.40	1.36	1.41	1.44	1.32	1.45	1.20	1.33	1.30	1.27	1.37	1.26	0.82^{ns}
p-cymen	4.35 ^{e}	5.03 ^{bcde}	4.63 ^{cde}	4.5 ^{de}	5.45 ^{abcd}	6.23 ^{a}	5.25 ^{abc}	5.31 ^{abcd}	5.40 ^{abcd}	5.06 ^{bcde}	5.48 ^{abc}	5.64 ^{ab}	0.04*
trans-. β-ocimene	0.26 ^{abc}	0.24 ^{bcd}	0.24 ^{bcd}	0.25 ^{abcd}	0.23 ^{cd}	0.24 ^{bcd}	0.29 ^{a}	0.27 ^{ab}	0.27 ^{ab}	0.22 ^{d}	0.26 ^{abc}	0.24 ^{bcd}	0.05*
γ-terpinen	27.80 ^{c}	33.64 ^{ab}	29.73 ^{bc}	28.09 ^{c}	34.29 ^{ab}	32.11 ^{abc}	34.70 ^{a}	32.26 ^{abc}	32.22 ^{abc}	35.12 ^{a}	33.44 ^{ab}	35.35 ^{a}	0.03*
cis-sabinene hydrate	0.57	0.60	0.57	0.58	0.64	0.61	0.63	0.63	0.60	0.57	0.66	0.64	0.46^{ns}
terpinolene	0.13 ^{a}	0.12 ^{a}	0.11 ^{a}	0.14 ^{a}	0.13 ^{a}	0.14 ^{a}	0.10 ^{a}	0.13 ^{a}	0.12 ^{a}	0.10 ^{a}	0.12 ^{a}	0.05 ^{b}	0.05*
Linalool	0.73	0.67	0.74	0.83	0.77	0.78	0.84	0.80	0.69	0.83	0.70	0.82	0.41^{ns}
Borneol	0.26	0.25	0.26	0.27	0.20	0.23	0.21	0.22	0.25	0.24	0.19	0.25	0.90^{ns}
terpinene-4-ol	0.46	0.50	0.47	0.44	0.49	0.51	0.46	0.51	0.47	0.46	0.53	0.51	0.85^{ns}
Carvacrol methyl ether	1.24 ^{c}	1.43 ^{abc}	1.28 ^{bc}	1.24 ^{bc}	1.48 ^{ab}	1.31 ^{bc}	1.55 ^{a}	1.45 ^{abc}	1.48 ^{ab}	1.33 ^{bc}	1.58 ^{a}	1.47 ^{ab}	0.04*
Carvacrol	54.03 ^{a}	47.31 ^{c}	53.05 ^{ab}	53.90 ^{a}	45.90 ^{c}	48.12 ^{c}	46.68 ^{c}	48.65 ^{bc}	48.14 ^{c}	46.92 ^{c}	46.97 ^{c}	46.25 ^{c}	0.01*
β-caryophyllen	0.33	0.34	0.27	0.35	0.30	0.36	0.37	0.34	0.27	0.30	0.26	0.31	0.32^{ns}
germacrene-D	0.12 ^{bcde}	0.11 ^{bcde}	0.09 ^{de}	0.18 ^{abc}	0.19 ^{ab}	0.22 ^{a}	0.09 ^{de}	0.11 ^{bcde}	0.16 ^{abcd}	0.13 ^{bcde}	0.10 ^{cde}	0.07 ^{e}	0.04*
β-bisabollen	0.11 ^{bcd}	0.12 ^{bc}	0.12 ^{bc}	0.13 ^{b}	0.13 ^{b}	0.18 ^{a}	0.09 ^{bcd}	0.10 ^{bcd}	0.11 ^{bcd}	0.08 ^{cd}	0.08 ^{bcd}	0.07 ^{d}	0.02*
Caryophyllene oxide	0.14	0.10	0.12	0.12	0.13	0.12	0.11	0.11	0.09	0.10	0.08	0.11	0.69^{ns}
Monoterpene hydrocarbons	40.10	46.76	42.43	40.49	48.11	46.59	48.47	45.66	45.95	48.29	47.53	49.06	
Oxygenated monoterpenes	57.30	50.76	56.37	57.26	49.48	51.54	50.41	52.22	51.63	50.35	50.65	49.94	
Sesquiterpene hydrocarbons	0.56	0.57	0.48	0.67	0.62	0.75	0.54	0.56	0.53	0.50	0.44	0.44	
Oxygenated sesquiterpenes	0.14	0.10	0.12	0.12	0.13	0.12	0.11	0.11	0.09	0.10	0.08	0.11	

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ردیف، براساس آزمون LSD، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند. T1: شاهد (بدون تیمار)؛ T2: NPK (۸۰:۵۰:۵۰ کیلوگرم در هکتار)؛ T3-T7: به‌ترتیب ۲، ٤، ٦، ۸ و ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست؛ T8-T12: به‌ترتیب ۱، ۲، ۳، ٤ و ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + نصف NPK می‌باشند. * و ^{ns} به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و غیر معنی‌دار می‌باشند.

Means with the same letters in each row are not significantly different from each other at 5% probability level based on LSD test. T1: control (without treatment); T2: NPK (80:50:50 kg/ha); T3-T7: respectively are 2, 4, 6, 8 and 10 ton/ha vermicompost; T8-T12: respectively are 1, 2, 3, 4 and 5 ton/ha vermicompost + 50 % NPK. * and ^{ns} respectively are significant difference at 5% level and not significant.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

نتایج یافته‌ها نشان داد که تمامی تیمارهای مختلف کودی به غیر از مصرف ۲ و ٤ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس مرزه را افزایش دادند. بنابراین، با مصرف ٦ تن به بالا کود ورمی‌کمپوست به تنهایی و یا کاربرد تلفیقی آن با کود شیمیایی (به‌ویژه در سطوح ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + نصف NPK) می‌توان به‌طور مؤثری عملکرد وزن خشک و اسانس گیاه مرزه را افزایش داد و ضمن آن مصرف کودهای شیمیایی NPK را حذف نموده و یا کاهش داد. علاوه بر این، می‌توان نتیجه گرفت که گیاهان تیمار نشده برای دستیابی به بیش‌ترین میزان کارواکرول مناسب هستند؛ درحالی‌که، کاربرد ورمی‌کمپوست به تنهایی و یا در ترکیب با کود شیمیایی در راستای دستیابی به ترکیبات هیدروکربنه مانند گاماترپینن، میرسن و پی سیمن برتری دارند.

منابع

1. Abbaszadeh, B., Mavandi, P. and Mirza, M. 2016. Dry matter and essential oil yield changes of *Lavandula officinalis* under cow manure and vermicompost application. J. Med. Plant. By-Pro. 1: 1. 97-104.
2. Alizadeh, A., Khoshkhui, M., Javidnia, K., Firuzi, O., Tafazoli, E. and Khalighi, A. 2010. Effects of fertilizer on yield, essential oil composition, total phenolic content and antioxidant activity in *Satureja hortensis* L. (Lamiaceae) cultivated in Iran. J. Med. Plant. Res. 4: 1. 33-40.
3. Amzallag, G., Larkov, O., Hur, M.B. and Dudai, N. 2005. Soil microvariation as a source of variability in the wild: the case of secondary metabolism in *Origanum dayi* Post. J. Chem. Ecol. 31: 6. 1235-1254.
4. Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A. and Khanuja, S.P.S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 36: 13-14. 1737-1746.
5. Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Metzger, J.D. and Lutch, C. 2005. Effects of vermicompost produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. Pedobiologia. 49: 4. 297-306.
6. Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J.D. 2004. Influences of Vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresour. Technol. 93: 2. 145-153.
7. Arnon, D. 1956. Photosynthesis by isolated chloroplast. Arch Biochem Biophys. 20: 3. 449-461.
8. Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C.A. and Metzger, J.D. 2002. The influence of earthworm processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. Bioresour. Technol. 81: 103-108.
9. Atiyeh, R.M., Subler, S., Edwards, C.A., Bachman, G., Metzger, J.D. and Shuster, W. 2000. Effects of vermicomposts and compost on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia. 44: 5. 579-590.
10. Ayyobi, H., Peyvast, G.A. and Olfati, J.A. 2013. Effect of vermicompost and vermicompost extract on oil yield and quality of peppermint (*Mentha piperita* L.). J. Agric. Sci. 58: 1. 51-60.
11. Azizi, M., Rezwanee F., Hassanzadeh Khayat, M., Lackzian, A. and Neamati, H. 2008. The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological properties and essential oil content of German chamomile (*Matricaria recutita*) C.V. Goral. Iran J. Med. Arom. Plant. 24: 1. 82-93. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

12. Dudai, N. 2005. Factors affecting content and composition of essential oils in aromatic plants. In: Dris, R. (Ed.), Crops Growth, Quality and Biotechnology. WFL Publisher, Helsinki, Finland, Pp: 77-90.
13. EL-Leithy, A.S., EL-Hanafy, S.H., Khattab, M.E., Ahmed, S.S. and EL Sayed, A.A.A. 2017. Effect of nitrogen fertilization rates, plant spacing and their interaction on essential oil percentage and total flavonoid content of Summer Savory (*Satureja hortensis* L.) plant. Egypt. J. Chem. 60: 5. 805-816.
14. Godara, A.S., Gupta, U.S., Lal, G. and Singh, R. 2014. Influence of organic and inorganic source of fertilizers on growth, yield and economics of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Int. J. Seed Spices. 4: 2. 77-80.
15. Haj Seyed Hadi, M.R. and Taghi Darzi, M. 2017. Evaluation of biofertilizers effects on growth characteristics and yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.). Iran J. Field Crop Sci. 48: 1. 121-133. (In Persian)
16. Hosseini Farahi, M. and Norouzi Nejad, M. 2016. Effect of vermicompost and Phosphate Barvar-2® biofertilizers on some quantitative charactrestics and elements absorption in green basil (*Ocimum basilicm* L.) in Gachsaran region. J. Plant Ecophysiol. 8: 24. 160-172. (In Persian)
17. Hussein, M.S., E-Sherbeny, S.E. and Khalil, M.Y. 2006. Growth characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plant in relation to vermin compost fertilizer and planting distance. Sci. Hort. 108: 3. 322-331.
18. Jones, J.B. 2001. Laboratory Guide for Conduction Soil Tests and Plant Anal. U. S: CRC press LLC.
19. Keshavarz, H. and Modarres Sanavy, S.A.M. 2018. Yield and oil content of Mint under different nitrogen fertilizer treatments. Not. Sci. Biol. 10: 1. 92-96.
20. Khandan, A. and Astaraei, A.R. 2005. Effect of organic (municipal waste compost, manure) and fertilizers on some physical properties of soil. Desert (Biaban). 10: 2. 361-368. (In Persian)
21. Kiani, Z., Esmaeilpour, B., Hadian, J., Soltani Toolarood, A.A. and Fathololumi, S. 2015. Effect of organic fertilizers on growth properties nutrient absorption and essential oil yield of medicinal plant of spearmint (*Mentha spicata* L.). J. Plant Prod. 21: 4. 63-80. (In Persian)
22. Laboski, C.A.M. and Lamb, J.A. 2003. Changes in soil test phosphorus concentration after application of manure or fertilizer. Soil Sci. Soc. Am. J. 67: 2. 544-554.
23. Mahfouz, S.A. and Sharaf-Eldin, A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel *(Foeniculum vulgare* Mill.). Int. Agrophys. 21: 4. 361-366.
24. Malakouti, M.J., Keshavarz, P. and Karimian, N. 2003. Comprehensive approach towards identical of nutrient deficiency and optimal fertilization for sustainable agriculture. 3th Edition. Trbiat Modares University. Pub. Tehran. 380p. (In Persian)
25. Motallebifard, R., Najafi, N. and Oustan, S. 2014. Effects of different soil moisture conditions and zinc sulfate and monocalcium phosphate fertilizers on the Extractable-P in a Calcareous Soil. Water Soil Sci. 24: 2. 227-241. (In Persian)
26. Mumivand, H., Babalar, M., Hadian, J. and Tabatabaei, M.F. 2011. Plant growth and essential oil content and composition of *Satureja hortensis* L. cv. Saturn in response to calcium carbonate and nitrogen application rates. Med. Plant Res. 5: 10. 1859-1866.
27. Naiji, M. and Souri, M.K. 2015. Evaluation of growth and yield of Savory (*Satureja hortensis*) under organic and biological fertilizers toward organic production. J. Plant Prot. 38: 3. 93-103.
28. Oftadeh fadafan, A. and Amini Fard, M. 2018. Evaluation of different levels of municipal waste vermicompost on the vegetative and reproductive characteristics of Saffron (*Crocus sativus* L.) in the second year of the experiment. Iran J. Med. Arom. Plant. 34: 3. 443-456. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

29. Olsen, S.R. and Sommers, L.E. 1982. Methods of soil analysis, part 2, chemical and microbiological properties. Soil Sci. Soc. Pp: 403-430.
30. Omidbaigi, R. 2005 Production and processing of medicinal plants Vol. 2 Astane Quds Publishing, Tehran, Iran. 438p. (In Persian)
31. Omidbaigi, R. 2005 Production and processing of medicinal plants Vol. 1 Astane Quds Publishing, Tehran, Iran. 347p. (In Persian)
32. Pandey, R. 2005. Management of Meloidogyne incognita in *Artemisia pallens* with bio-organics. Phytopara. 33: 3. 304-308.
33. Pramanik, P., Ghosh, G.K., Ghosal, P.K. and Banik. P. 2007. Changes in organic-C. N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants. Bioresour. Technol. 98: 13. 2485-2494.
34. Rahmanian, M., Esmaielpour, B., Hadian, J., Shahriari, M. and Fatemi, H. 2017. The effect of organic fertilizers on morphological traits, essential oil content and components of Basil (*Ocimum basilicum* L.). J. Agric. Sci. Sust. Prod. 27: 3. 103-118. (In Persian)
35. Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N. and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* var. motia by rhizobecteria, AMF and *Azospirillum* inoculation. Microbiol. Res. 156: 2. 145-149.
36. Sadeghi, A.A., Hajmohammadnia Ghalibaf, K. and Seyyedi, S.M. 2018. The effects of vermicompost and urea fertilizers on nitrogen, phosphorus and potassium uptake in marshmallow (*Altheae officinalis* L.) organs. Plant Ecophysiol. 9: 28. 123-132. (In Persian)
37. Saeidnejad, A.H. and Rezvani Moghaddam, P. 2010. Investigation the Effect of Compost, Vermicompost, Cow and Sheep Manures on Yield, Yield Components and Essence Percentage of Cumin (*Cuminum cyminum*). J. Hort. Sci. 24: 2. 142-148. (In Persian)
38. Sathya, S., Pitchai, G.J. and Indirani, R. 2009. Effect of soil properties on availability of nitrogen and phosphorus in submerged and upland soil- a review. Agri. Rev. 30: 1. 71-79.
39. Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios Publishing, India, 407p.
40. Sell, C. 2003. A fragrant introduction to terpenoid chemistry. Royal Soc. Chem. Cambridge, UK, 410p.
41. Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios Publishing, India, 407p.
42. Singh, M. and Ramesh, S. 2002. Response of sweet basil (*Ocimum basilicum*) to organic and inorganic fertilizer in semi-arid tropical conditions. J. Med. Arom. Plants. 24: 4. 947-950.
43. Taghi Darzi, M. 2012. Influence of organic fertilizer and biostimulant on the growth and biomass of dill (*Anethum graveolens*). Int. J. Agric. Crop Sci. 4: 3. 98-102.
44. Tahami, S.M.K., Rezvani Moghaddam, P. and Jahan, M. 2010. Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of Basil (*Ocimum basilicum* L.). Jag. 2: 1. 63-74. (In Persian)
45. Vesquez, P., Holguin, G., Puente, M.E., Lopez-Cortes, A. and Bashan, Y. 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. Biol. Fert. Soil. 30: 5-6. 460-468.
46. Wu, X.Q., Hou, L.L., Sheng, J.M., Ren, J.H., Zheng, L., Chen, D. and Ye, J.R. 2012. Effects of ectomycorrhizal fungus *Boletus edulis* and mycorrhiza helper *Bacillus cereus* on the growth and nutrient uptake by *Pinus thunbergii*. Biol. Fertil. Soil. 48: 4. 385-391.
47. Yang, L., Zhao, F., Chang, Q., Li, T. and Li, F. 2015. Effects of vermicomposts on tomato yield and quality and soil fertility in greenhouse under different soil water regimes. Agric. Water. Manage. 160: 1. 98-105.
48. Zaller, J.G. 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. Sci. Hort. 112: 2. 191-199.

www.SID.ir

www.SID.ir