بررسی اثر تیمارهای تغذیه‌ای بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی *Dracocephalum kotschyi* Boiss.

سودابه مفاخری[1*]، رحمان حلاج[2]، رقیه امینیان دهکردی[3]

[1]استادیار، گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

[2]استادیار، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

[3]استادیار، گروه ژنتیک و بهنژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام‌خمینی (ره)، قزوین، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۷

چکیده

به منظور بررسی تاثیر کودهای زیستی و تلفیقی بر برخی فاکتورهای کمی و کیفی گیاه دارویی زرین‌گیاه (*Dracocephalum kotschyi* Boiss.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل سه عاملی با استفاده از عامل‌های ورمی‌کمپوست (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصدحجم گلدان)، بیوفسفات (کاربرد و عدم کاربرد) و کود شیمیایی ماکرو (صفر، ۵۰ و ۱۰۰درصد مقدار توصیه شده به‌ترتیب به میزان ۰، ۰/۴۸ و ۰/۹۶ گرم در گلدان) در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با هجده تیمار و چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) به اجرا درآمد. اسانس نمونه‌های گیاهی به روش تقطیر با آب (طرح کلونجر) استخراج و با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC) و گاز کروماتوگرافی متصل به طیف سنج جرمی (GC/MS)، آنالیز گردید. نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، تعدا گل‌آذین، وزن تر و وزن خشک بوته و درصد اسانس، از گیاهان تیمار شده با ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست حاصل گردید. بیشترین مقدار فتوسنتز و تعرق در گیاهان تحت تیمار ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کود شیمیایی +۲۰ درصد ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. بیشترین مقدار نیتروژن، از کاربرد توام ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده کود شیمیایی و بیوفسفات، بالاترین درصد فسفر از تیمارهای ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده کود شیمیایی و ۲۰ درصد ورمی کمپوست و بیشترین مقدار پتاسیم از گیاهان تیمار شده با ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست، استخراج گردید. ۲۶ ترکیب در اسانس زرین‌گیاه شناسایی شد که بالاترین درصد ترکیبات را وربنون و لیمونن تشکیل دادند. بیشترین مقدار این دو ترکیب از گیاهان تیمار شده با ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست، استخراج شد. از این رو به نظر می‌رسد، ورمی‌کمپوست می‌تواند به‌عنوان جایگزین مناسبی برای کود شیمیایی، در تولید زرین گیاه استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، بیوفسفات، تیمار تغذیه‌ای، زرین گیاه، لیمونن، ورمی‌کمپوست

*نویسنده مسئول: smafakheri@gmail.com

مقدمه

یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در سیستم‌های کشت با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی است. کودهای زیستی شامل مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم از یک یا چند نوع میکروارگانیسم مفید خاکزی و یا به صورت فرآورده متابولیکی این موجودات می‌باشند که به منظور تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک اکوسیستم زراعی به کار می‌روند (Saleh-rastin, 2001).از آنجا که رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت کشت ارگانیک و تولید محصول سالم و عاری از پس مانده‌های مضر شیمیایی می‌باشد، به نظر می‌رسد کاربرد کودهای بیولوژیک، دارای بیشترین تطابق با اهداف تولید این محصولات بوده و بالا رفتن عملکرد کمی و کیفی این گیاهان را به همراه دارد (Ratti et al., 2001). زرین گیاه با نام علمی *Dracocephalum kotschyi*Boiss. از گیاهان دارویی با ارزش و انحصاری کشور ما ایران می‌باشد که متاسفانه در سال‌های اخیر به دلایل مختلفی از جمله خشکسالی و بهره‌برداری بیش از اندازه توسط انسان، در خطر انقراض قرار گرفته است. این گیاه از خانواده نعناع و بومی مناطق بسیار مرتفع و سردسیر کشور است. پیکر رویشی زرین‌گیاه، حاوی اسانس زرد رنگ و بسیار معطر است که ترکیباتی نظیر لیمونین، آلفا ترپینئول، وربنون و کاریوفیلن، اجزای اصلی آن می‌باشند (Mozaffarian, 2012). از آنجا که بخش دارویی این گیاه پیکر رویشی است، مسلما تغذیه و جذب مناسب عناصر غذایی نقش زیادی در بالا رفتن عملکرد محصول و کیفیت آن دارد (Saleh-rastin, 2001). ورمی‌کمپوست یکی از انواع کودهای زیستی است که از طریق فرآوری ضایعات آلی نظیر کود دامی، بقایای گیاهی و غیره توسط کرم‌های خاکی خاصی،حاصل می‌گردد. این ماده دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری بالای عناصر معدنی، تهویه و زهکش مناسب، ظرفیت زیاد نگهداری آب و عاری از بو و عوامل بیماریزا می‌باشد و امروزه استفاده از آن در کشاورزی پایدار، جهت بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی متداول است (Mafakheri, 2011). در همین رابطه و در مورد تاثیر ورمی‌کمپوست بر کمیت و کیفیت گیاه دارویی بادرشبی[1]، مفاخری و همکاران (Mafakheri et al., 2012) نشان دادند که مصرف ورمی‌کمپوست سبب افزایش چشمگیر رشد، نمو و میزان ماده موثره گیاه، نسبت به تیمار شاهد می‌شود. همچنین آنها مشاهده کردند که مصرف ۲۰ درصد حجم گلدان ورمی‌کمپوست عملکرد پیکر رویشی و مقدار اسانس را به طور قابل توجهی افزایش داد.همچنین تهامیو همکاران (Tahami et al., 2010) در مطالعه روی گیاه ریحان ملاحظه کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد، موجب افزایش عملکرد خشک پیکر رویشی گیاه شد. در چند پژوهش روی ریحان و در شرایط مزرعه نشان داده شد که مصرف ورمی‌کمپوست موجب افزایش بارز میزان اسانس و کیفیت آن گردید (Anwar et al., 2005; Geetha et al., 2009; Singh and Ramesh, 2002).فلاحی و همکاران (Fallahi et al., 2009) نیز دربررسی گیاه بابونه[2]شاهد افزایش تعداد شاخه اصلی، وزن خشک بوته و عملکرد ماده خشک گیاه در تیمارهای مصرف کمپوست، ورمی‌کمپوست و کود دامی در مقایسه با شاهد بودند. در پژوهش‌های دیگر که روی گیاه ریحان و شویدانجام شد، مصرف ورمی‌کمپوست موجب افزایش عملکرد محصول و کمیت و کیفیت اسانس گردید (Darzi et al., 2012; Makkizadeh et al., 2012). میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات از

1. *Dracocephalum moldavica*
2. *Matricaria recutita*

دیگر کودهای زیستی محسوب می‌گردند که از طریق افزایش حلالیت فسفر در فسفات‌های معدنی کم محلول نظیر سنگ فسفات، سبب بهبود رشد و نمو گیاهان می‌شوند (Mafakheri, 2011). نتایج تحقیق کرسپو و همکاران (Crespo et al., 2011)، نشان می‌دهد که باکتری‌های حل‌کننده فسفات گزینه‌ای عالی به عنوان کود است، چرا که در حال حاضر علاوه بر تحریک رشد گیاه، می‌تواند موجب بهبود توانایی گیاه در استفاده از فسفات تثبیت شده خاک گردد. در همین رابطه درزی و همکاران (Darzi et al., 2012) گزارش کردند که استفاده از باکتری‌های حل کننده فسفات، موجب بهبود بارز غلظت فسفر در دانه رازیانه، نسبت به تیمار شاهد گردید. ویسانی و همکاران (Vissani et al., 2012) پس از بررسی تاثیر کودهای بیولوژیک بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و میزان اسانس گیاه دارویی ریحان بیان کردند که مخلوط کودهای بیولوژیک نیتروکسین و بیو فسفات بیشترین تاثیر را در افزایش صفات وزن خشک کل اندام هوایی، ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک ریشه، تعداد سرشاخه گلدار، فتوسنتز و میزان اسانس این گیاه داشته است.با توجه به اثرات مثبت ناشی از کاربرد کودهای زیستی بر رشد، نمو و عملکرد گیاهان دارویی، کمک به کاهش مصرف کودهای شیمیایی و اثرات مخرب زیست محیطی آنها، این تحقیق با هدف ارزیابی تاثیر کودهای زیستی و تلفیقی بر کمیت و کیفیت گیاه دارویی زرین‌گیاه، اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در طی سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۶در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) انجام شد. این پژوهش با استفاده از آزمایش فاکتوریل سه عاملی شامل عامل ورمی‌کمپوست در سه سطح (V0، V1 و V2 به ترتیب ۰، ۱۰، ۲۰ درصد حجم گلدان)، کود شیمیایی ماکرو در سه سطح (C1،C0 و C2 به‌ترتیب ۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده)؛ و بیوفسفات در دو سطح (B1 و B0 به‌ترتیب کاربرد و عدم کاربرد) در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با هجده تیمار و چهار تکرار انجام گرفت. ورمی‌کمپوست بکار رفته در آزمایش دارای منشاء گیاهی بود که ترکیبات تشکیل‌دهنده آن در جدول ۱ آمده است. کود فسفات زیستی حاوی سنگ فسفات معدنی و یک گونه از باکتریهای حل کننده فسفات به نام *Pseudomonas striata* بود که از موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه گردید. با توجه به آنالیز خاک مورد استفاده، نیاز کودی گیاه توسط متخصص خاکشناسی به میزان ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار NPK با نسبت مساوی ۲۰-۲۰-۲۰ تعیین شد که با توجه به سایز گلدان‌های استفاده شده (قطر دهانه ۲۴ و ارتفاع ۲۸ سانتی‌متر) تیمارهای آزمایشی به‌ترتیب به میزان ۰/۹۶ و ۰/۴۸ گرم در گلدان برای تیمارهای ۱۰۰ درصد و ۵۰ درصد مقدار توصیه شده، محاسبه گردید.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ورمی‌کمپوست

کربن آلی کل (٪)	ماده آلی کل (٪)	نیتروژن کل (٪)	نسبت کربن به نیتروژن (٪)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (ds/m)	چگالی (kg/m^2)
۲۴/۱	۴۶	۱/۳	۱۱	۷/۱	۲/۱	۵۴۵

جدول ۲: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایشی

بافت خاک	رس (٪)	لوم (٪)	شن (٪)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	نیتروژن (٪)	ماده آلی (٪)	اسیدیته	هدایت‌الکتریکی (ds/m)
لوم	۳۵	۳۲	۳۰	۸/۹	۱۲۴	۰/۰۸	۰/۶۳	۷/۱	۲/۳۲

بذرهای مورد نیاز برای کشت از شرکت پاکان بذرتهیه گردید، گلدان‌ها پس از نامگذاری با خاک مناسب (جدول ۲) پر شدندو به صورت تصادفی قرار گرفتند وقبل از کشت بذر، تیمار ورمی‌کمپوست به صورت مخلوط با خاک گلدان، اجرا گردید. سپس بذرها به صورت کپه‌ای و در ۴ نقطه سطح گلدان کشت گردید،تیمار بیوفسفات همزمان با کشت و به صورت بذرمال اعمال شد. پس از سبز شدن بذرها و در مرحله دو برگی، تنک کردن انجام شد و در هر نقطه کشت فقط یک گیاه نگهداری شد. کاربرد تیمار کود شیمیایی، بعد از تنک کردن گیاهان آغاز شد و مقدار کود مورد نیاز هر تیمار در سه نوبت همراه با آب آبیاری به فاصلهٔ هر چهار هفته یک‌بار اعمال گردید. در طی رشد و نمو گیاهان، آبیاری و سایر مراقبت‌های زراعی به صورت روزانه صورت گرفت. برای اندازه‌گیری فتوسنتز و تعرق از دستگاه LCA-4 (ADC Bioscientific Ltd. UK) استفاده شد. این دستگاه مجهز به سامانه تجزیه کننده گاز فرو سرخ (IRGA) و محفظه برگی PLC4 مجهز به حس‌گرهای دما و تراکم جریان فوتونی می‌باشد. محفظه برگ در هر اندازه‌گیری در جهتی قرار گرفت که حداکثر دریافت مستقیم نور خورشید را در شرایط مزرعه داشته باشد. همه اندازه‌گیری‌ها روی برگهای کاملا توسعه یافته و قبل از برداشت گیاه، انجام شد. اندازه‌گیری‌ها در تابش فعال فتوسنتزی حداقل µmol m-2s-150 ±500 و غلظت Co_2 به میزان vpm30 ±350 از ساعت ۱۰ صبح شروع و قبل از ظهر به اتمام رسید. در مرحله گلدهی(باز شدن ۵۰ تا ۷۰ درصد از گل‌ها در هر خوشه)، پیکر رویشی از پنج سانتی‌متری سطح خاک برداشت گردید پس از اندازه‌گیری ارتفاع بوته، وزن تر بوته، تعداد شاخه فرعی و تعداد گل‌آذین در بوته، فرایند خشک کردن در دمای اتاق و در شرایط سایه کامل، انجام شد. سپس وزن خشک پیکر رویشی اندازه‌گیری و ثبت گردید. نمونه‌های خشک شده جهت استخراج اسانس به آزمایشگاه منتقل شدند. اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب و توسط دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت، انجام شد. اسانس‌های استخراج شده، با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC) و گاز کروماتوگرافی متصل به طیف سنج جرمی (GC/MS)، آنالیز و شناسایی شدند. جهت تعیین عناصر غذایی موجود در پیکر رویشی زرین‌گیاه، یک نمونه ۲۰ گرمی از هر گلدان تهیه و پس از شستشوی نمونه با آب مقطر و خشک کردن آنها در آون (۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت) به وسیله آسیاب برقی پودر گردید و نهایتا به روش هضم توسط اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک، آب اکسیژنه و سلنیم، عصاره آنها تهیه و برای اندازه گیری عناصر مورد نظر استفاده شد. درصد نیتروژن به روش کجلدال، درصد فسفر به روش کالریمتری و درصد پتاسیم به روش فلیم فتومتری اندازه گیری شدند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد. مقایسه میانگین‌های بدست آمده توسط روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد صورت گرفت.

نتایج

صفات مورفولوژیکی و درصد اسانس: همانگونه که در جدول تجزیه واریانس(جدول ۳) مشاهده می‌شود، تاثیر ورمی‌کمپوست، کود شیمیایی و اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی، بر ارتفاع بوته معنی‌دار گردید. بررسی صفات نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته از گیاهان تیمار شده با ۲۰ درصد حجم گلدان ورمی‌کمپوست (V2) حاصل گردید (جدول ۴). از میان فاکتورهای مختلف تغذیه‌ای، فقط ورمی‌کمپوست بر تعداد شاخه فرعی در بوته، تاثیر معنی‌دار داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که استفاده از سطوح مختلف ورمی‌کمپوست در مقایسه با عدم کاربرد آن، به طور معنی‌داری سبب افزایش تعداد شاخه فرعی در بوته شد (جدول ۴). با توجه به نتایج تجزیه واریانس که در جدول ۳ آمده است، تعداد گل در بوته نیز به طور معنی‌درای تحت تاثیر فاکتورهای ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی قرار گرفت ($P\leq ۰/۰۵$). مقایسه میانگین داده‌های آزمایش نشان داد که استفاده از هر کدام از سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی سبب افزایش معنی‌دار تعداد گل‌آذین در مقایسه با حالت عدم کاربرد این کودها، گردید (جدول ۴). ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی تنها فاکتورهایی بودند که بر وزن تر و خشک بوته تاثیر معنی‌دار داشتند سایر تیمارها و اثرات متقابل آنها در این دو صفت، معنی‌دار نگردید (جدول ۳). بررسی جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، نشان داد که با افزایش سطح ورمی‌کمپوست به طور معنی‌داری وزن تر و خشک بوته بیشتر شد. کود شیمیایی نیز افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک بوته را سبب شد، به طوری که با افزایش مقدار کود شیمیایی این دو صفت نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند. درصد اسانس تحت تاثیر ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش مقدار استفاده از ورمی‌کمپوست، درصد اسانس به طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین درصد اسانس از گیاهان تیمار شده با V2 و به مقدار ۱/۳۶ درصد استخراج شد که در مقایسه با V1 و V0، به‌ترتیب ۳۳ و ۶۰ درصد بیشتر بود. کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده کود شیمیایی نیز سبب افزایش معنی‌دار درصد اسانس گردید ولی بین حالت ۵۰ درصد مقدار توصیه شده و تیمار بدون کود شیمیایی تفاوت معنی‌دار نشد (جدول ۴).

صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی: با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵) مشخص گردید، مقدار فتوسنتز به طور معنی‌داری تحت تاثیر کود شیمیایی، ورمی‌کمپوست، اثر متقابل ورمی‌کمپوست در کود شیمیایی و اثر متقابل ورمی‌کمپوست در بیوفسفات قرار گرفت. بررسی جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۶) نشان داد که به طور کلی در حالت استفاده از کودهای شیمیایی و ورمی‌کمپوست در مقایسه با حالت عدم کاربرد این کودها، میزان فتوسنتز به طور معنی‌داری افزایش یافت اما بین دو سطح مختلف استفاده از این کودها، تفاوت معنی‌دار نشد (جدول ۶). مقایسه میانگین اثرهای متقابل نشان داد که بیشترین مقدار فتوسنتز در تیمارهای V2C1 (۲۰ درصد حجمگلدان ورمی‌کمپوست و ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کود شیمیایی) و V2C2 (۲۰ درصد حجم گلدان ورمی‌کمپوست و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده کود شیمیایی) حاصل گردید (جدول ۷). در رابطه با اثر متقابل ورمی‌کمپوست در بیوفسفات، نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، نشان داد که اثر ورمی‌کمپوست در این زمینه غالب است. همانگونه که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار فتوسنتز از گیاهان تیمار شده با V2B0 (۲۰ درصد حجم گلدان ورمی‌کمپوست و عدم کاربرد بیوفسفات) حاصل شد.

بر اساس نتایج به دست آمده از جداول تجزیه واریانس (جدول ۵)، ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل بین ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی و اثر متقابل بین ورمی‌کمپوست و بیوفسفات در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان تعرق زرین‌گیاه تاثیر معنی‌دار داشتند. مقایسه میانگین اثرات اصلی (جدول ۶) نشان داد که میزان تعرق زرین‌گیاه در حالت استفاده از ورمی‌کمپوست در مقایسه با عدم کاربرد این کود، افزایش یافت. مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل نیز نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی بود. بیشترین مقدار تعرق از گیاهان تیمار شده با V2C1 و کمترین آن از گیاهان تیمار شده با V0C0 گزارش گردید (جدول ۷).نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی تاثیر معنی‌داری با سطح احتمال ۱ درصد، روی میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه داشتند. مقدار نیتروژن و فسفر به طور معنی‌داری تحت تاثیر بیوفسفات، قرار گرفت. اثر متقابل کود شیمیایی و بیوفسفات نیز تاثیر معنی‌داری بر درصد نیتروژن و پتاسیم گیاه نشان داد (جدول ۵). بررسی مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات اصلی کوددهی (جدول ۶) نشان داد که با افزایش مقدار مصرف کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست، درصد ازت به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد به طوری که بالاترین مقدار ازت در حالت کاربرد C2 و V2، حاصل شد.بیوفسفات نیز تاثیر معنی‌داری بر مقدار ازت داشت، به نحوی که درصد نیتروژن گیاه در حالت کاربرد این کود در مقایسه با عدم کاربرد آن، افزایش قابل توجه یافت. بیشترین مقدار فسفر از گیاهانی استخراج شد که تحت تیمار C2 و V2 بودند. بیوفسفات نیز تاثیر مثبت و معنی‌دار در مقدار فسفر گیاه داشت به طوری که در حالت کاربرد این کود مقدار فسفر گیاه ۳۸ درصد بیشتر از حالت عدم کاربرد آن بود. درصد پتاسیم گیاه، با افزایش سطح کاربرد ورمی‌کمپوست به طور معنی‌داری افزایش یافت وبیشترین مقدار پتاسیم از گیاهان تحت تیمار V2 حاصل شد (جدول ۶). اثر متقابل کود شیمیایی و بیوفسفات بر مقدار نیتروژن و پتاسیم زرین گیاه، معنی‌دار بود. بیشترین مقدار نیتروژن از گیاهان تیمار شده با C2B1 (۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده کود شیمیایی و کاربرد بیوفسفات) و بالاترین مقدار پتاسیم از گیاهان تحت تیمار C1B1 (۵۰ درصد مقدار توصیه شده کود شیمیایی و کاربرد بیوفسفات)، حاصل شد (جدول ۷). همانگونه که در جدول ۸ مشاهده می‌شود ۲۶ ترکیب در اسانس زرین‌گیاه شناسایی گردید، که بالاترین درصد ترکیبات تشکیل دهنده اسانس را وربنون و لیمونن به خود اختصاص دادند. تیمارهای کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست به طور معنی‌داری بر درصد وربنون و لیمونن اسانس زرین‌گیاه تاثیر گذاشتند اما بیوفسفات و اثرات متقابل بین کودها، تاثیر معنی‌داری بر ترکیبات اسانس این گیاه نشان ندادند (جدول ۵). بررسی جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۶)، نشان داد که استفاده از کود شیمیایی در مقایسه با عدم استفاده از آن، سبب افزایش معنی‌دار درصد لیمونن و وربنون اسانس زرین‌گیاه شد به طوری که در شرایط استفاده از C1 و C2 مقدار لیمونن به ترتیب ۲۶/۷ و ۲۸/۶۲ درصد بود که در مقایسه با گیاهانی که کود شیمیایی دریافت نکرده‌اند، به ترتیب بیش از ۱۰ و ۱۸ درصد افزایش داشت. ورمی‌کمپوست نیز به طور معنی‌داری مقدار این دو ترکیب اسانس را افزایش داد. بیشترین مقدار لیمونن و وربنون از گیاهان تیمار شده با V2، به ترتیب به میزان ۲۹/۵۷ و ۳۰/۶۲ درصد حاصل شد که در مقایسه با گیاهانی که ورمی‌کمپوست دریافت نکردند، به ترتیب حدود ۲۴ و ۲۱ درصد بیشتر بود (جدول ۶).

جدول ۳: تجزیه واریانس تاثیر کوددهی بر صفات مورفولوژیکی و درصد اسانس زرین‌گیاه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی در بوته	تعداد گل‌آذین در بوته	وزن تر بوته	وزن خشک بوته	درصد اسانس
کود شیمیایی	۲	۵۳/۱۳۶*	۱۳/۹۰^{ns}	۱۱/۱۸۸*	۹۷۷/۰۰۶**	۵۹/۵۵۳**	۰/۲۳۵**
ورمی‌کمپوست	۲	۷۹۸/۲۲**	۱۴/۳۴*	۲۰/۵۶۵*	۱۸۲۵/۱۶۳**	۱۳۴/۰۱۷**	۱/۴۱۲**
بیوفسفات	۱	۲۲/۰۴۲^{ns}	۱۵/۰۴^{ns}	۸/۵۶۰^{ns}	۲۹/۴۳۰^{ns}	۳/۴۲۳^{ns}	۹/۰۷۴^{ns}
ورمی‌کمپوست×شیمیایی	۴	۴۵/۲۲۰*	۳/۱۶۷^{ns}	۸/۶۷۶^{ns}	۲۶/۳۰۳^{ns}	۲/۲۵۷^{ns}	۰/۰۷۹^{ns}
شیمایی× بیوفسفات	۲	۴۷/۶۴۱^{ns}	۱/۳۳۳^{ns}	۱/۳۱۳^{ns}	۳/۴۲۵^{ns}	۰/۰۴۳^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}
ورمی‌کمپوست× بیوفسفات	۲	۴/۸۵۰^{ns}	۳/۰۴۲^{ns}	۱/۶۳۵^{ns}	۱۲/۷۲۸^{ns}	۲/۶۳۴^{ns}	۰/۰۱۴^{ns}
ورمی‌کمپوست× شیمیایی×بیوفسفات	۲	۲۸/۸۹^{ns}	۷/۰۰^{ns}	۲/۳۱۲^{ns}	۲۳/۹۲۰^{ns}	۰/۸۳۳^{ns}	۰/۰۲^{ns}
خطا	۵۶	۲۰/۲۵۰	۵/۲۲۸	۴/۴۰۸	۱۵/۱۰۹	۱/۴۱۹	۰/۳۷
کل	۷۱						

ns، *، ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول٤: مقایسه میانگین اثرات اصلی تاثیر کوددهی بر صفات مورفولوژیکی و درصد اسانس زرین‌گیاه

تیمار	صفات					
	ارتفاع (سانتی‌متر)	تعداد شاخه فرعی در بوته	تعداد گل‌آذین در بوته	وزن تر (گرم)	وزن خشک (گرم)	درصد اسانس (٪)
کودشیمیایی						
C0	۱۹/۳۳b		۸/۳۷ b	۳۲/۴۸ c	۸/۷۴ c	۰/۹۶ b
C1	۲۱/۹۶ a		۹/۴۲ ab	۴۱/۷۶ b	۱۱/۰۶ b	۱/۰۶ b
C2	۲۲/۷۳ a		۹/۶۷ a	۴۶/۳۴ a	۱۲/۲۲ a	۱/۲۰ a
ورمی‌کمپوست						
V0	۱۴/۰۲ b	۹/۷۹ b	۷/۹۶ b	۲۸/۵۰ c	۷/۵۳ c	۰/۸۵ c
V1	۲۳/۷۹ a	۱۱/۰۸ ab	۹/۲۹ a	۴۳/۰۶ b	۱۱/۴۸ b	۱/۰۲ b
V2	۲۶/۲۱ a	۱۱/۹۲ a	۱۰/۲۱ a	۴۹/۰۲ a	۱۳/۰۰ a	۱/۳۶ a

میانگین‌هایی که در هر ستون با حروف مشابه مشخص شده اند در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

جدول ۵: تجزیه واریانس تاثیر کوددهی بر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی زرین‌گیاه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		فتوسنتز	تعرق	درصد ازت	درصد فسفر	درصد پتاس	درصد لیمونن	درصد وربنون
کود شیمیایی	۲	۶/۸۸۵**	۰/۱۵۹^{ns}	۰/۳۱۲**	۰/۰۱۱**	۰/۰۷۲^{ns}	۱۲۰/۶۲۷**	۱۲۹/۶۶۲**
ورمی‌کمپوست	۲	۸/۱۳۰**	۰/۱۵۲*	۰/۹۳۸**	۰/۰۰۹**	۴/۶۲۷**	۱۳۵/۶۴۱**	۱۰۳/۹۱۹**
بیوفسفات	۱	۰/۷۳۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۲۴۵*	۰/۰۱**	۰/۰۸۷^{ns}	۱۷۰/۰۶۳^{ns}	۲۸/۰۵۹^{ns}
ورمی‌کمپوست×شیمیایی	۴	۳/۸۶۵*	۰/۴۰۵**	۰/۰۴۵^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۱۰۹^{ns}	۹/۹۶۶^{ns}	۱۷/۵۴۷^{ns}
شیمایی×بیوفسفات	۲	۱/۹۶۲^{ns}	۰/۱۶۰^{ns}	۰/۱۵۳*	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۴۵۹**	۱۶/۵۷۹^{ns}	۲۱/۷۶۶^{ns}

ورمی‌کمپوست ×بیوفسفات	۲	۴/۹۰۱ ns	۰/۵۶۳ **	۰/۰۹ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۹۹ ns	۶/۸۸۲ ns	۱۱/۲۷۱ ns
ورمی‌کمپوست× شیمیایی× بیوفسفات	۲	۰/۸۱۵ ns	۰/۰۲۶ ns	۰/۰۹۸ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۱۲۹ ns	۵/۴۱۴ ns	۶/۸۵۱ ns
خطا	۵۶	۰/۸۸۳	۰/۵۱	۰/۰۳۸	۰/۰۰۱	۰/۰۶۵	۱۵/۶۰۵	۱۵/۱۹۴
کل	۷۱							

ns، *، ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ٦: مقایسه میانگین اثرات اصلی تاثیر کوددهی بر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی زرین‌گیاه

تیمار	صفات						
	فتوسنتز ($\mu mol/m^2/s$)	تعرق ($mmol/m^2/s$)	درصد ازت (٪)	درصد فسفر (٪)	درصد پتاس (٪)	درصد لیمونن (٪)	درصد وربنون (٪)
کودشیمیایی							
C0	۴/۹۷b	۰/۹۶ ab	۱/۹۰ b	۰/۱۹ b		۲۴/۱۰ b	۲۵/۳۷ b
C1	۵/۷۱ a	۱/۰۳ a	۱/۹۹ ab	۰/۲۰ b		۲۶/۷۰ a	۲۸/۲۹ a
C2	۵/۶۵ a	۱/۰۴ a	۲/۰۹ a	۰/۲۳ a		۲۸/۶۲ a	۲۹/۹۹ a
ورمی‌کمپوست							
V0	۴/۴۷ b	۰/۸۷ b	۱/۷۷ c	۰/۱۸ b	۱/۴۷ c	۲۳/۸۹ b	۲۵/۳۶ c
V1	۵/۶۶ a	۱/۰۵ a	۱/۹۶ b	۰/۲۱ a	۱/۹۴ b	۲۵/۹۶ b	۲۷/۶۷ b
V2	۶/۲۰ a	۱/۱۱ a	۲/۲۴ a	۰/۲۳ a	۲/۴۶ a	۲۹/۵۷ a	۳۰/۶۲ a
بیوفسفات							
B0			۱/۵۵ b	۰/۱۳ b			
B1			۱/۸۳ a	۰/۱۸ a			

میانگین‌هایی که در هر ستون با حروف مشابه مشخص شده‌اند در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

جدول ۷: مقایسه میانگین اثرات متقابل تاثیر تغذیه بر صفات کمی و کیفی زرین‌گیاه

تیمار	صفات				
	ارتفاع (سانتی‌متر)	درصد ازت (٪)	درصد پتاس (٪)	فتوسنتز ($\mu mol/m^2/s$)	تعرق ($mmol/m^2/s$)
ورمی‌کمپوست×شیمیایی					
V0C0	۱۲/۲۵ d			۴/۰۲ e	۰/۷۲ c
V1C0	۱۹/۸۷ bc			۵/۸۲ bc	۱/۲۲ ab
V2C0	۲۵/۸۷ a			۵/۰۸ cde	۰/۹۴ bc
V0C1	۱۲/۴۴ d			۴/۵۰ de	۰/۹۲ bc
V1C1	۲۷/۸۷ a			۵/۶۱ bc	۰/۹۴ bc
V2C1	۲۵/۵۶ a			۷/۰۲ a	۱/۲۷ a
V0C2	۱۷/۳۹ c			۴/۸۹ cde	۰/۹۸ abc
V1C2	۲۳/۶۲ ab			۵/۵۶ bcd	۱/۰۰ abc
V2C2	۲۷/۱۹ a			۶/۵۰ ab	۱/۱۳ ab
ورمی‌کمپوست ×بیوفسفات					
V0B0				۴/۴۰ c	۰۰/۸۵ b
V0B1				۴/۸۳ bc	۰/۹۹ ab

V1B0			۵/۷۸ ab	۱/۱۲ ab
V1B1			۵/۵۴ ab	۰/۹۹ ab
V2B0			۶/۴۰ a	۱/۲۵ a
V2B1			۶/۰۰ a	۰/۹۷ b
شیمیایی×بیوفسفات				
C0B0	۱/۷۹ b	۱/۹۲ ab		
C0B1	۲/۰۰ b	۱/۸۸ ab		
C1B0	۱/۹۸ b	۱/۷۴ b		
C1B1	۲/۰۳ b	۲/۳۲ a		
C2B0	۱/۹۶ b	۲/۰۴ ab		
C2B1	۲/۳۶ a	۲/۰۴ ab		

میانگین هایی که در هر ستون با حروف مشابه مشخص شده اند در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند

جدول ۸: معرفی ترکیبات تشکیل دهنده اسانس زرین‌گیاه

ردیف	اجزای اسانس	زمان بازداری	شاخص بازداری
۱	α-thujene	۶/۴۷۱	۹۲۳
۲	α-Pinene	۶/۶۷۴	۹۲۸
۳	6-Methyl-5-hepten-2-one	۷/۰۴۵	۹۸۲
۴	β-Pinene	۷/۱۴۱	۹۸۶
۵	β-myrcene	۷/۸۰۱	۹۹۵
۶	Limonene	۷/۹۶۲	۱۰۳۵
۷	1,8-cineol	۸/۶۶۸	۱۰۳۸
۸	γ-Terpinene	۸/۸۱۵	۱۰۵۶
۹	Linalool	۹/۰۰۱	۱۱۰۱
۱۰	Cis-sabinene hydrate	۹/۱۵۴	۱۱۰۴
۱۱	cis-ρ-Mentha-2,8-dien-1-ol	۹/۶۸۹	۱۱۳۵
۱۲	Terpinen-4-ol	۱۱/۰۷۳	۱۱۷۶
۱۳	α-Terpineol	۱۱/۳۴۸	۱۱۸۸
۱۴	Verbenone	۱۱/۶۸۵	۱۲۰۱
۱۵	trans-Carveol	۱۱/۸۵۴	۱۲۱۹
۱۶	Neral	۱۲/۲۳۰	۱۲۳۶
۱۷	Geraniol	۱۲/۳۷۳	۱۲۵۰
۱۸	(-)-Carvone	۱۲/۵۳۱	۱۲۵۳
۱۹	Citral	۱۲/۹۲۲	۱۲۶۷
۲۰	ρ-Menth-1-en-9-al	۱۳/۵۳۱	۱۲۷۹
۲۲	Methyl geranoate	۱۴/۱۸۶	۱۳۲۴
۲۳	Methyl perillate	۱۴/۵۹۵	۱۳۸۶
۲۴	Geranyl acetate	۱۵/۵۵۹	۱۳۹۰
۲۵	β-Cubebene	۱۸/۷۷۰	۱۳۹۶
۲۶	Bicyclogermacrene	۱۹/۱۲۷	۱۴۷۸

بحث

همانگونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، ورمی‌کمپوست سبب افزایش معنی‌دار فاکتورهای رشدی گیاه شامل، ارتفاع، وزن تر و خشک، تعداد شاخه فرعی و تعداد گل‌آذین در بوته شده است، ورمی‌کمپوست ترکیبی است غنی از هورمون‌های رشد، انواع ویتامین‌ها و مواد معدنی مورد نیاز رشد گیاه، که از یک سو ظرفیت نگهداری رطوبت خاک را افزایش می‌دهد و از سوی دیگر ساختمان فیزیکی خاک را بهبود بخشیده و رشد ریشه گیاه را نیز تسهیل می‌کند (Mafakheri, 2011). به همین دلیل استفاده از ورمی‌کمپوست میزان فتوسنتز را بالا برده و موجب بهبود رشد و نمو و در نتیجه افزایش فاکتورهای رشدی زرین‌گیاه گردید. این موضوع در نتایج تحقیقات مفاخری و همکاران (Mafakheri et al., 2012; Mafakheri et al., 2016) بر روی دو گیاه دارویی بادرشبی و بادرنجبویه به روشنی قابل مشاهده است. در همین رابطه در مطالعه‌ای دیگر که توسط مکی‌زاده و همکاران (Makkizadeh et al., 2012) و بر روی ریحان صورت گرفت، مشخص گردید که استفاده از ورمی‌کمپوست موجب بهبود چشمگیری در رشد رویشی بوته شد. این تاثیر مثبت نیز به قابلیت تحریک کنندگی فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک توسط ورمی‌کمپوست و همچنین توانایی این کود زیستی در افزایش جذب عناصر معدنی پر مصرف و کم مصرف و در نتیجه بهبود در فرایند فتوسنتز، نسبت داده شد. برخی محققان علت افزایش ارتفاع گیاه تحت تاثیر ورمی‌کمپوست را مربوط به تحریک تولید مواد شبه اکسین می‌دانند (Arancon et al., 2006). شیرزادی و همکاران (Shirzad et al., 2014) در گیاه ریحان، به نتایج مشابهی دست یافتند. بیشترین درصد اسانس از گیاهان تیمار شده با V2 به دست آمد با این وجود کود شیمیایی نیز تاثیر معنی‌داری بر افزایش درصد اسانس داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد، عناصر غذایی موجود در ورمی‌کمپوست به شکل قابل دسترس، و به صورت نیترات‌ها، فسفات‌ها، کلسیم قابل تبادل و پتاسیم محلول می‌باشند (Orozco et al., 1996). به همین دلیل کاربرد ورمی‌کمپوست و یا کود شیمیایی، از طریق فراهمی جذب بیشتر فسفر و نیتروژن، که در اجزاء متشکله اسانس حضور دارند، موجب افزایش درصد اسانس در پیکر رویشی گردیدند. محققان گزارش کردند که ورمی‌کمپوست باعث افزایش درصد اسانس زنیان، بادرشبی و رازیانه، می شود و با افزایش مقدارورمی‌کمپوست میزان اسانس این گیاهان نیز افزایش می‌یابد (Darzi et al., 2006; Khalesro and Malekian, 2017; Mafakheri et al, 2012).درهمین رابطه صالحی و همکاران (Salehi et al., 2011) بر روی بابونه، خالص‌رو و همکاران (Khalesro et al., 2012) در گیاه آنیسون و درزی و حاج‌سیدهادی در گیاه بادرشبی (Darzi and Haj Seyd Hadi, 2016) نیز بیان کردندکه مصرف ورمی‌کمپوست از طریق بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بسترمناسب برای رشد ریشه و دسترسی مطلوب به عناصر معدنی، موجب بهبود رشد و نمو و در نتیجه افزایش میزان اسانس درگیاهان دارویی مذکور گردید. ورمی‌کمپوست، کود شیمیایی و کاربرد همزمان این دو نهاده، سبب افزایش مقدار فتوسنتز زرین‌گیاه شد. احتمالًا افزودن ورمی‌کمپوست به خاک از طریق افزایش فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام هوایی و متعاقب آن، افزایش میزان فتوسنتز را نیز فراهم کرده است. بالا بودن ظرفیت نگهداری آب در ورمی‌کمپوست و افزایش آب قابل دسترس نیز موجب افزایش فتوسنتز

گیاه می‌شود (Taiz and Zeiger, 2000). برخی محققین این تأثیر مثبت را به قابلیت تحریک کنندگی فعالیت میکرب‌های مفید خاک توسط ورمی‌کمپوست نسبت داده‌اند (Darzi and Haj Seyd Hadi, 2016). نتایج حاصل از مطالعات انجام شده توسط اصغری و همکاران در بەلیمو (Asghari et al., 2016)، مفاخری در بادرشبی (Mafakheri, 2011) و دهدشتی‌زاده و ارویی روی فلفل (Dehdashtizade and Arouei, 2009)، موید همین امر می‌باشد. کود شیمیایی نیز با تامین مواد غذایی مورد نیاز گیاه به افزایش فتوسنتز کمک کرده است. کمبود عناصر معدنی سبب کاهش میزان کلروفیل می‌گردد و پتانسیل فتوسنتزی گیاه به طور مستقیم به میزان کلروفیل برگها بستگی دارد و از سوی دیگر نیتروژن سبب افزایش محتوای نسبی آب در گیاهان می‌شود و در گیاهانی که از درصد آب بیشتری برخوردارند، میزان کلروفیل و در نتیجه مقدار فتوسنتز نیز بیشتر است (Chatterjee, 2010). حسین و همکاران (Husseinet al., 2006) گزارش کردند که کاربرد همزمان ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی در مقایسه با کاربرد هر کدام به تنهایی، بیشترین تاثیر را در افزایش میزان فتوسنتز دارد. مطالعه چاندا و همکاران (Chanda et al., 2011) روی گوجه فرنگی و چاترجی روی کلم (Chatterjee, 2010) نیز موید همین مطلب است. در رابطه با میزان تعرق، به نظر می‌رسد در محیط کشت حاوی ورمی‌کمپوست ظرفیت نگهداری آب در بستر کشت مناسب بوده و معمولاً اندام هوایی گیاه توسعه بیشتری پیدا کرده، سطح برگ‌ها افزایش می‌یابد و این امر، خود باعث افزایش نیاز تعرقی گیاهان می‌شود. از طرف دیگر، سیستم ریشه‌ای در این محیط‌های کشت، توسعه بیشتری یافته و سطح تماس بیشتری با خاک پیدا می‌کنند و بدین صورت، جذب آب از خاک یکنواخت‌تر و مداومتر بوده و در نتیجه مقدار تعرق بالا می‌رود (Mafakheri, 2011). بیشترین مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم در پیکر رویشی زرین‌گیاه تیمار شده با سطح بالای ورمی‌کمپوست، حاصل گردید. مطالعه انجام شده توسط حسین (Hussein et al., 2006) بر روی بادرشبی، مبین آن بود که استفاده از ورمی‌کمپوست، موجب بهبود چشمگیر غلظت نیتروژن در پیکر رویشی این گیاه نسبت به تیمار شاهد گردید. به نظر می‌رسد که مصرف ورمی‌کمپوست از طریق تسهیل جذب عناصر غذایی توسط گیاه و بهبود فعالیت میکروبی خاک، سبب افزایش غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه گردید. صالحی و همکاران (Salehi et al., 2011) در بابونه آلمانی، مفاخری و همکاران در بادرشبی (Mafakheri et al., 2012)، درزی و همکاران در گیاه رازیانه (Darzi et al., 2006)، زالر در گوجه‌فرنگی (Zaller, 2007)، آتیه و همکاران در گل جعفری (Atiyeh et al., 2002) و چمنی و همکاران در گل اطلسی (Chamani et al., 2008)، به نتایج مشابهی دست یافتند. در اسانس زرین گیاه ۲۶ ترکیب شناسایی شد که از آن میان وربنون و لیمونن بیشترین درصد اسانس را تشکیل دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که تغذیه با کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست سبب افزایش درصد این دو ترکیب شد. با این وجود بیشترین مقدار وربنون و لیمونن از گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست به دست آمد (جدول ۶). به نظر می‌رسد افزایش کیفیت اسانس زرین‌گیاه در تیمار ورمی‌کمپوست، به دلیل اثر تغذیه‌ای این کود برای فراهم کردن وضعیت مناسب برای آزادسازی وجذب مطلوب عناصرمعدنی و نیز نگهداری و دسترسی به موقع به آب ومتعاقب آن بهبود رشد پیکررویشی زرین‌گیاه باشد. در همین رابطه، یافته‌های درزی و همکاران (Darzi et al., 2016) در بادرشبی، خالص‌رو و ملکیان (Khalesro and Malekian, 2017) در

زنیـــان، مفـــاخری و همکـــاران در بادرنجبویـــه (Mafakheri et al., 2016) و مکـی‌زاده و همکـاران (Makkizadeh et al., 2012) روی ریحان نیز حکایت از افزایش ترکیبات مهم اسانس گیاهـان آزمایشـی در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست، دارند.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج به دست آمـده از ایـن پـژوهش، می‌توان دریافت که استفاده از ورمی‌کمپوست تـاثیری مشابه و حتی بهتر از کود شیمیایی بر صفات کمـی و کیفی اندازه‌گیری شده در زرین‌گیاه، داشت. بنابراین به نظر می‌رسـد کـاربرد مقـدار مناسـب ورمی‌کمپوسـت می‌تواند تولیـد حـداکثری محصـول زرین‌گیـاه را بـه همراه داشته باشد. این کود زیستی، بدون کوچکترین صدمات محیطی و با حفظ پایداری وسلامت سیستم کشاورزی می‌تواند نیازهای غذایی گیـاه را تـا حـدود زیـادی برطـرف کـرده وباعـث اسـتقرار بهتـر میکروارگانیسم‌های خاکزی برای کشـت‌هـای بعـدی، کـاهش مصـرف کودهـای شـیمایی و تعـدیل اثـرات مخرب زیسـت محیطـی ناشـی از کـاربرد نهاده‌هـای شیمیایی شود.

References

1. Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S. and Khanuja, S.P.S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield and oil quality of French basil. Communications in soil science and plant analysis, 36(13-14):1737-1746.
2. Arancon, N.Q., Edwards, C.A. and Bierman, P. 2006. Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. Bioresource Technology, 97: 831-840.
3. Asghari, M., Yousefirad, M. and Masoumi-Zavarian, A. 2016. Effect of organic fertilizers, compost and vermicompost, on quantitative and qualitative traits in *Lippia citriodora*. Medicinal plant journal, 2(58): 63-71.
4. 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. Bioresource Technology, 81: 103-108.
5. Chamani, E., Joyce, D.C. and Reihanytabar, A. 2008. Vermicompost Effects on the Growth and Flowering of *Petunia hybrida* 'Dream Neon Rose'. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science, 3 (3): 506-512.
6. Chanda, G.K., Bhunia, G. and Chakraborty, S.K. 2011. The effect of vermicompost and other fertilizers on cultivation of tomato plants. Journal of Horticulture and Forestry, 3(2): 42-45.
7. Chatterjee, R. 2010. Physiological Attributes of Cabbage (*Brassica Oleracea*) as Influenced by Different Sources of Nutrients under Eastern Himalayan Region.Research Journal of Agricultural Sciences, 1(4): 318-321.
8. Crespo, J.M., Boiardi, J.L. and Luna, MF. 2011. Mineral phosphate solubilization activity of Gluconacetobacter diazotrophicus under P-limitation and plant root environment. Agricultural Sciences, 2(1): 16-22.
9. Darzi, M.T., Ghalavand, A., Rejali, F. and Sefidkon, F. 2006. Evaluation of biofertilizers application on yield and yield components on Fennel (*Foenicum vulgare*). Iranian Journal of medicinal and Aromatic Plants, 22(4): 276-296.
10. Darzi, M.T. and Haj Seyd Hadi, M.R. 2016. Effects of organic and bio-fertilizers on some quantitative and qualitative characters of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 32 (6): 1060-1072.
11. Darzi, M.T., Haj Seyed Hadi,M.R.andRejali, F. 2012. Effects of the application of vermicompost and

nitrogen fixing bacteria on quantity and quality of the essential oil in dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Medicinal Plants Research, 6(21): 3793-3799.

12. Dehdashtizade, B. and Arouei, H. 2009. Study of different levels of vermicompost, phosphorous mineral elements on producing of plantlets and yield of peper. Hort Science, 40(3): 49-58.
13. Fallahi, J., Koocheki, A. and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Investigating the effects of organic fertilizer on quantity index and the amount essential oil and chamazulene in chamomile (*Matricaria recutita* L.). Agricultural Research, 1(8): 157-168.
14. Geetha, A., Rao, P.V., Reddy, D.V. and Mohammad, S. 2009. Effect of organic and inorganic fertilizers on macro and micro nutrient uptake, oil content, quality and herbage yield in *Ocimum basilicum*. Research on Crops, 10(3): 740-742.
15. Hussein, M.S., El-Sherbeny, S.E., Khalil, M.Y., Naguib, N.Y. and Aly, S.M. 2006. Growth characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plants in relation to compost fertilizer and planting distance. Scientica Horticulturae, 108(3): 322- 331.
16. Khalesro, S., Ghalavand, A., Sefidkon, F. and Asgharzadeh, 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.
17. Khalesro, S. and Malekian, M. 2017. Effects of vermicompost and humic acid on morphological traits, yield, essential oil content and component in organic farming of Ajwan (*Trachyspermum ammi* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 32 (6): 968-980.
18. Mafakheri, S. 2011. Study the effect of Bio and combinative fertilizers on morphological, physiological and phytochemical characteristics of Dragonhead. PhD thesis. Tarbiat modares university. Tehran, Iran.
19. Mafakheri, S., Omidbeigi, 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.
20. Mafakheri, S., Hajivand, S.h., Zarrabi, M.M. and Arvane, A. 2016. Effect of Bio and Chemical Fertilizers on the Essential Oil Content and Constituents of *Melissa officinalis* (Lemon Balm). Journal of essential Oil Bearing Plants, 19 (5): 1277–1285.
21. Makkizadeh, M., Nasrollahzadeh, S., Zehtab Salmasi, S., Chaichi, M. and Khavazi, K. 2012. The effect of organic, biologic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agriculture Science and Sustainable Production, 22(1): 1-12.
22. Mozaffarian, V. 2012. Identification of Medicinal and Aromatic Plants of Iran. Farhang e moaser press. 1444 p.
23. Orozco, F.H., Cegarra, J., Trujillo, L.M. and Roig, A. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm Eisenia fetida: effect on C and N contents and the availability of nutrients. Biology and Fertility of Soils, 22: 162–166.
24. Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N. and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. *motia* by rhizobacteria, AMF and Azospirillum inoculation. Microbiological Research, 156: 145-149.
25. Saleh Rastin,N. 2001. Biological fertilizers and their role in sustainable agriculture. Collection of Researches on the Necessity of Industrial Production of Bio-fertilizers, 1-54.
26. Salehi, A., Ghalavand, A., Sefidkon, F. and Asgharzade, A. 2011. The effect of zeolite, PGPR and vermicompost application on N, P, K concentration, essential oil content and yield in organic cultivation of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27(2): 188-201.

27. Shirzadi, F., Ardakani, M.R. and Asadi Rahmani, H. 2014. Effects of vermicompost and biofertilizers on some quantitative characters of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology, 6(3): 542-551.
28. Singh, M. and Ramesh, S. 2002. Response of sweet basil (*Ocimum basilicum*) to organic and inorganic fertilizer in semi-arid tropical conditions. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science, 24(4):947-950.
29. 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.). Journal of Agroecology, 2: 70-82.
30. Taiz, L. and E. Zeiger. 2000. Plant Physiology. Mashhad University Press. Pp. 379.
31. Vissani, V., Rahimzadeh, S. and Sohrabi, Y. 2012. The effect of bio fertilizers on physiological traits and essence of medicinal plant of *Ocimum basilicum* L. Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 28(1):73-87.
32. 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. Scientica Horticulturae, 112: 191-199.

Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants, 5th Year, Volume Four, Winter 2018

The effect of nutritional treatments on some morphological, physiological, and biochemical characteristics of *Dracocephalum kotschyi* Bioss.

Mafakheri S.[1]*, Hallaj R.[2], Aminian Dehkordi, R.[3]

[1]Assistant Professor, Department of Horticultural sciences engineering, Faculty of Agriculture and Plant Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
[2]Assistant Professor, Department of chemistry, Faculty of sciences, Kurdistan University, Sanandaj, Iran.
[3]Assistant Professor, Department of Genetic and plant breeding, Faculty of Agriculture and plant Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

Received Time: 2017/11/04 Accepted Time:2018/01/27

Abstract

In order to study the effects of applying chemical and biofertilizers on some quantitative and qualitative characteristics of *Dracocephalum kotschyi* Bioss., a factorial CRD experiment including 18 treatments with 4 replications, was conducted at Imam Khomeini International University research greenhouse. The treatments were: vermicompost (0, 10 and 20 V/V), phosphate biofertilizer (application and no-application) and chemical fertilizer (0, 50 and 100% of the recommended amount equal to 0, 0.48 and 0.96 gr/pot respectively).The essential oil was extracted by hydro distilation method by using a clevenger apparatus and were analyzed by GC and GC/MS. Results were showed that the maximum plant height, number of branches per plant, number of inflorescences per plant, fresh and dry weight and the highest percentage of essential oil were obtained as a result of using 20% vermicompost. Plants treated by 50% of recommended NPK+20% vermicompost showed the highest rate of photosynthesis and transpiration. The maximum nitrogen concentration in leaf tissue was obtained from applying 100% of the recommended amount of NPK+biophosphate. Applying 100% recommended NPK+20% vermicompost, resulted in higher phosphorus concentration in leaves. The highest concentration of potassium in leaves was obtained from plants treated with 20% vermicompost. 26 different compounds were identified in the essential oil among them limonene and verbenone were the main components. The highest amounts of these two compounds were obtained under 20% vermicompost treatment. According to the results vermicompost is an efficient substitute for chemical fertilizers in production of *D.kotschyi*.

Keywords: Biophosphate, *Dracocephalum kotschyi* Bioss., Essential oil, Limonene, Nutritional treatments, Vermicompost.

*Corresponding author; smafakheri@gmail.com