نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۱۱۴-۱۰۲

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 1, Spring 2017, p. 102-114

تأثیر ورمی کمپوست و قارچ میکوریزا بر خصوصیات رشد، میزان اسانس و عملکرد آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.)

نعیمه بیطرفان[۱]، احمد غلامی[۲*]، حمید عباس دخت[۲]، مهدی برادران[۲] و فرحناز خلیقی سیگارودی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۳

بیطرفان، ن.، غلامی، ا.، عباس دخت، ح.، برادران، م.، و خلیقی سیگارودی، ف. ۱۳۹۶. تأثیر ورمی کمپوست و قارچ میکوریزا بر خصوصیات رشد، میزان اسانس و عملکرد آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۱): ۱۱۴-۱۰۲.

چکیده

آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) از مهم‌ترین گیاهان اسانس‌دار است که از آن در صنایع مختلف داروسازی، آرایشی، بهداشتی و غذایی استفاده فراوانی می‌شود. در این تحقیق اثر سطوح مختلف کود آلی ورمی‌کمپوست و کود زیستی قارچ میکوریزای *آربواسکولار* بر خصوصیات رشد، میزان اسانس و عملکرد آویشن مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در شرایط مزرعه‌ای و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار در سه تکرار و در سال ۱۳۹۱ انجام شد. ورمی‌کمپوست در چهار سطح (۰، ۲، ۴ و ۶ تن در هکتار) به خاک اضافه شد و قارچ میکوریزا در سه سطح (بدون تلقیح، تلقیح با گلوموس موسه آ و*گلوموس اینترارادایسز*مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج حاصل نشان داد که افزایش سطوح مختلف ورمی‌کمپوست باعث بهبود معنی‌دار در صفات ارتفاع بوته، عملکرد ماده‌ی خشک، درصد کلونیزاسیون، کلروفیلb، کلروفیل کل، درصد اسانس، عملکرد اسانس و عملکرد تیمول گردید. اثر سطوح مختلف قارچ میکوریزا بر کلروفیلb، کلروفیل کل و درصد کلونیزاسیون معنی‌دار شد. بررسی نتایج حاصل از ترکیب تیماری سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و میکوریزا نشان داد که بهترین نتایج در مورد عملکرد اسانس، عملکرد تیمول، کلروفیلb و کلروفیل کل از کاربرد شش تن ورمی‌کمپوست در هکتار و عدم تلقیح قارچ مشاهده شد. بیشترین میزان کلروفیلa از مصرف چهار تن ورمی‌کمپوست در هکتار همراه با تلقیح توسط و*گلوموس اینترارادایسز* به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که درصد کلونیزاسیون در تیمار شش تن ورمی‌کمپوست و تلقیح با و*گلوموس اینترارادایسز* بیشترین مقدار بود.بیشترین درصد اسانس هم از تیمار شاهد (بدون مصرف ورمی کمپوست و بدون تلقیح قارچ میکوریزا) به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تیمول، کود آلی، کلروفیل،کلونیزاسیون، کود زیستی

مقدمه

آویشن (*Thymus vulgaris* L.)گیاهی چند ساله متعلق به تیره نعناعیان است. ارتفاع این گیاه ۲۰ تا ۵۰ سانتی‌متر با شاخه‌های فراوان و ظاهری خشبی دارد. آویشن از دیر باز به عنوان یک گیاه ادویه‌ای مورد استفاده قرار می‌گرفته است (Hornok, 1992). در مصر و یونان باستان واریته‌های مختلف آویشن کشت می شده و از آن برای خوشبو کردن غذا و ضد عفونی مومیایی استفاده می‌کردند(Stahl,2002). (Moemeni & Shahrokhi, 1991; Zargari, 1993; Picuric-Jonanovic et al., 1995). یکی از مشخصات بارز آویشن باغی داشتن ریشه‌ها بلند، چوبی و منشعب است (Hornok, 1992; Zargari, 1993; Putievsky et al., 1981). اثرات درمانی آویشن باغی شبیه گونه‌های دیگر آن ولی قوی‌تر است. بررسی‌ها نشان می‌دهند که مواد مؤثره موجود در پیکر رویشی این گیاه بر روی دستگاه گردش خون و مراکز عصبی اثر داشته، ضربان نبض و قوای جسمانی را افزایش داده و عمل دستگاه هضم را تقویت می‌کند (Zargari, 1993).

در فرآیند تهیه ورمی‌کمپوست از کرم‌های خاصی برای تبدیل مواد زائد آلی به هوموس استفاده می‌شود. این کرم‌ها با تجزیه کردن

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهرود و دانشیار پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی
(*- نویسنده مسئول: (Email:ahgholami@yahoo.com
DOI:10.22067/jag.v9i1.41414

مواد آلی، وضعیت فیزیکی و شیمیایی آن را تغییر داده و به تدریج نسبت کربن به نیتروژن (C/N) را کاهش و فضای بیشتری را در معرض میکروارگانیزم‌ها قرار می‌دهند و بنابراین شرایط مناسبی را برای فعالیت میکروبی و تجزیه بیشتر فراهم می‌کنند (Dominguez et al.,2010). ورمی‌کمپوست مقادیر قابل ملاحظه‌ای از مواد غذایی ماکرو و میکرو را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. هر چند برخی از این مواد به شکل معدنی و به راحتی در دسترس گیاه هستند، اما بیشتر آن‌ها به تدریج و آهسته از طریق معدنی شدن مواد آلی آزاد می‌شوند (Chaoui et al., 2003). از اثرات دیگر ورمی‌کمپوست بر رشد گیاه می‌توان به جلوگیری و یا کاهش بیماری‌های گیاهی، حشرات و نماتد انگلی گیاهی اشاره کرد.

قارچ‌های میکوریزای *آرباسکولار* توانایی برقرار کردن رابطه هم‌زیستی با ۸۰ درصد از خانواده‌های گیاهی را دارند ودر نتیجه رشد گیاه را از طریق افزایش جذب فسفر قابل دسترس و دیگر مواد غذایی بهبود می‌بخشند. این قارچ‌ها در ثبات خاکدانه‌های خاک، جلوگیری از فرسایش وکم کردن اثرات تنش ناشی از عوامل زنده و غیره زنده خاک مؤثر هستند (Smith & Read, 2008). طول یک شبکه منشعب از هیف‌های قارچ میکوریزا در خاک می‌تواند به ۳۰ متر در هر گرم خاک برسد (Wilson et al., 2009). این شبکه می‌تواند در برگیرنده حدود ۵۰ درصد از مسیلیوم‌های خاک بوده (Rillig et al., 2002) و در نتیجه بخش عمده‌ای از زیست توده خاک را تشکیل دهد (Leake et al., 2004). این شبکه مسیلیومی می‌تواند در ثبات و نگهداری آب در خاک مشارکت داشته باشد (Bedini et al., 2009). ترکیبی از شبکه گسترده هیف‌ها و ترشح نوعی پروتئین به نام گلومالین[1] عوامل مهم در کمک به تشکیل و پایداری خاکدانه در نظر گرفته می‌شوند (Caravaca et al., 2006; Bedini et al., 2009; Andrade et al., 1998; Rillig & Mummey, 2009). هدف از این بررسی،تعیین اثرات کود الی ورمی کمپوست و کود زیستی میکوریزا بر خصوصیات رشد، میزان اسانس و عملکرد گیاه دارویی آویشن باغی است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در بسطام در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۱ به اجرا در آمد. شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی در ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا واقع شده است. منطقه مورد آزمایش دارای اقلیم سرد و خشک و متوسط بارندگی ۱۷۰ میلی لیتر در سال و با پراکنش نامنظم می‌باشد. پیش از انجام آزمایش نمونه‌ی خاک مزرعه و ورمی‌کمپوست به منظور بررسی خصوصیات شیمیایی آن‌ها مورد تجزیه قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

آزمایش به صورت فاکتوریل با دو عامل و ۱۲ کرت آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بر روی گیاه آویشن انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل: ورمی‌کمپوست در چهار سطح شامل V_0 (بدون ورمی‌کمپوست)، V_1 (دو تن در هکتار ورمی‌کمپوست)، V_2 (چهار تن در هکتار ورمی‌کمپوست)، V_3 (شش تن در هکتار ورمی‌کمپوست) و عامل دوم قارچ میکوریزا در سه سطح شامل M_0 (عدم تلقیح)، M_1 (تلقیح با *گلوموس موسه آ*)، M_2 (تلقیح با *گلوموس اینترارادایسز*) بود. طول هر کرت پنج متر و عرض آن ۲/۴۰ متر و مساحت هر کرت ۱۱ متر مربع در نظر گرفته شد. ده روز قبل از کاشت، ورمی‌کمپوست بر اساس مقادیر تعیین شده در هر کرت به زمین اضافه شد. به این صورت که شیارهایی در محل پشته‌ها ایجاد و پس از اضافه کردن ورمی‌کمپوست، روی آن با خاک پوشیده شد. کاشت نشاءها در اول خرداد و در زمین مرطوب و عمق هفت تا ۱۰ سانتی‌متری انجام شد. قارچ‌های میکوریزا در حین کاشت نشاءها به میزان ۱۰ گرم در گودال‌های ایجاد شده به زمین اضافه گردیده و سپس آبیاری انجام شد. در دو هفته اول آبیاری هر پنج روز یکبار و پس از استقرار نشاءها دور آبیاری به هفت روز یکبار افزایش یافت.برای سنجش کلروفیل از بافت تازه برگ استفاده شد. به ۰/۰۱ گرم از بافت برگ هفت میلی‌لیتر دی متیل سولفوکسید اضافه و نمونه‌ها به مدت چهار ساعت در ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس میزان جذب نمونه‌های حاوی کلروفیل در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر مدل Jenway6305 ساخت انگلستان خوانده شد. محتوی کلروفیل a ، b، کل و کاروتنوئید به ترتیب با استفاده از معادله‌های ۱ تا ۴ محاسبه شد.

$$chla(\mu g/ml) = (12.25A663) - (2.55A645) \quad \text{معادله (۱)}$$

$$chlb(\mu g/ml) = (20.31A645) - (4.91A663) \quad \text{معادله (۲)}$$

$$chl(total) = chla_{+}chlb \quad \text{معادله (۳)}$$

۱- Glomalin

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک و ورمی‌کمپوست
Table 1- Soil chemical characteristics of vermicompost and soil

نمونه Sample	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (درصد) P (%)	پتاسیم (درصد) K (%)
خاک Soil	7.89	8.09	0,057	0.0014	0.0143
ورمی‌کمپوست Vermicompost	7	1.1	4.92	0.061	3.19

$$carotenoids(\mu g/ml) = (1000A470 - 1.90chla - 63.14chlb)/214$$ معادله (۴)

پس از جایگزین کردن داده‌ها در فرمول، اعداد به دست آمده را در $\frac{v}{w} \times 1000$ ضرب کرده تا اعداد بر حسب میلی‌گرم بر گرم به‌دست آید. در این فرمول، v: حجم محلول کلروفیلی بر حسب میلی‌لیتر و w: وزن برگ بر حسب گرم می‌باشد.

برای ارزیابی درصد کلونیزاسیون ریشه، ابتدا ریشه‌های جمع‌آوری شده از هر کرت را شسته و سپس ریشه‌ها در محلول هیدروکسید پتاسیم ۱۰٪ به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. بعد ریشه‌ها را با آب مقطر شستشو داده و به مدت ۱۰ دقیقه در اسید کلریدریک ۰/۱ مولار قرار گرفت. سپس ریشه‌ها به مدت چهار ساعت در ماده رنگی تریپان بلو قرار داده شدند. ریشه‌های رنگ آمیزی شده به طول یک سانتی‌متر بر روی لام قرار داده شده و با استفاده از میکروسکوپ، درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها از رابطه زیر محاسبه شد: درصدکلونیزاسیون=۱۰۰× تعداد قطعات مشاهده شده/تعداد قطعات کلونی شده به میکوریزا.

برداشت اندام‌های هوایی در مرحله گلدهی انجام پذیرفت. در هر کرت نمونه گیری از دو ردیف وسط و پس از حذف حاشیه و در سطح یک مترمربع انجام گرفت. اندام‌های هوایی کف بر و جهت تعیین وزن و درصد اسانس و ترکیبات آن به آزمایشگاه منتقل شد. به منظور حفظ کمیت و کیفیت اسانس، نمونه‌ها در سایه و در درجه حرارت محیط آزمایشگاه خشک شدند. استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و به وسیله‌ی دستگاه کلونجر به مدت سه ساعت صورت گرفت و بر اساس آن مقدار عملکرد اسانس در واحد سطح (لیتر در هکتار) تعیین شد. اسانس نمونه‌ها پس از آماده سازی، به دستگاه GC/MS تزریق شد تا نوع ترکیب‌های تشکیل دهنده آن مشخص شود. اندازه‌گیری مقدار ترکیبات موجود در اسانس به وسیله دستگاه کروماتوگرافی (GC[۱]) صورت گرفت. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار MSTAT-C استفاده گردید و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع و عملکرد ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که تأثیر ورمی‌کمپوست بر ارتفاع گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد، اما اثر قارچ میکوریزا و اثر متقابل ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر ارتفاع معنی‌دار نبود. بیشترین و کمترین ارتفاع گیاه به ترتیب ازکاربرد شش تن در هکتار ورمی‌کمپوست (۳۱ سانتی‌متر) و شاهد (۲۱/۷۸ سانتی‌متر) به دست آمد(جدول۳). همچنین نتیجه تجزیه واریانس نشان داد که مصرف ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌داری بر عملکرد خشک پیکر رویشی گیاه در سطح یک درصد داشت (جدول۲) به طوری که بیشترین عملکرد ماده خشک (۳۴۴۳/۲۶ کیلوگرم) با مصرف شش تن ورمی‌کمپوست در هکتار به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (۱۹۶۶/۲۲ کیلوگرم) ۷۵٪ افزایش داشت (جدول۳). با توجه به جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود که عملکرد ماده خشک از نظر آماری تحت تأثیر قارچ میکوریزا و اثر متقابل قرار نگرفت(جدول۲). در تحقیقی که توسط سانگ وان و همکاران (Sangwan et al., 2010) انجام شد، ارتفاع بوته گل همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) با افزایش در مقدار مصرف ورمی‌کمپوست افزایش یافت. هم‌چنین در یک تحقیق دیگر، ارتفاع بوته رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) به

۱- Gas chromatography

طـور معنـی‌داری تحـت تـأثیر اسـتفاده از ورمـی‌کمپوسـت قـرار گرفت(Darzi et al., 2008). به نظر می رسد که علت افزایش ارتفاع گیاه آویشن (*Thymus vulgaris* L.) تحت تأثیر ورمی‌کمپوست بـه دلیل غنی بودن این کود از مواد مغذی است. در یک تحقیق مشاهده شد که کاربرد ده تن ورمی‌کمپوسـت در هکتـار در مقایسـه بـا عـدم کاربرد آن، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد جو (*Hordeum vulgare* L.) شد. محققین اظهار داشتند که استفاده از ورمی‌کمپوست به واسطه تحریک میکروارگانیزم‌های خاک و تأمین عناصر غـذایی باعـث ایـن افزایش عملکرد شده است (Roy & Singh, 2006). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که ورمی‌کمپوست می‌توانـد رشـد و عملکـرد برخـی از گیاهـان دارویـی ماننـد ریحـان (Anwar et al., 2005)، سـیر (Arguello et al., 2006)، رازیانه (Darzi et al., 2008) و بابونـه (Azizi et al., 2009) را افـزایش دهـد. مطالعـه رضـوانی مقـدم و همکـاران (Rezvani Moghaddam et al., 2015) نشـان داد کـه کاربرد ورمی‌کمپوست از نظر صـفاتی ماننـد عملکـرد دانـه، شـاخص برداشت، وزن هزار دانه و وزن دانه در بوته در گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) نسبت به کمپوست یا میکوریزا مؤثرتر بود.

درصدکلونیزاسیون ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۲) حاکی از تأثیر معنـی‌دار ورمی‌کمپوست در سطح یک درصد و همچنـین اثـر میکـوریزا و اثـر متقابل ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر کلونیزاسـیون ریشـه آویشـن در سطح پنج درصد بود. بیشترین درصد همزیستی با کاربرد شـش تـن ورمی‌کمپوست در هکتار و کمترین آن در تیمـار شـاهد (بـه ترتیـب معادل ۴۹/۴۴٪ و ۲۲/۳۳٪) به دست آمد (جدول۲). گیاهـان تلقـیح شده با قارچ میکوریزای *آرباسکولار* در مقایسه با شاهد به طور معنی-داری از درصد کلونیزاسیون بیشتری برخوردار بودند. هر چنـد کـه بـا توجه به مقایسه میانگین ها از نظر آماری اخـتلاف معنـی‌داری بـین درصـد کلونیزاسـیون حاصـل از دو گونـه قـارچ دیـده نشـد. میـزان کلونیزاسـیون حاصـل از تلقـیح *گلومـوس اینترارادایسـز* ۴۵ درصـد، *گلوموس موسه* ۴۴/۱۶ درصد و تیمار شاهد ۱۱/۶۶ بود (جدول۴). بـا توجه به اثر متقابل ورمی‌کمپوست و میکوریزا، بیشترین میزان درصـد کلونیزاسیون مربوط به کاربرد شـش تـن ورمـی‌کمپوسـت در هکتـار همراه با تلقیح *گلوموس اینترارادایسز* و کمترین درصد آن مربوط بـه تیمار شاهد (به‌ترتیب ۵۶/۶۶٪ و۱۰٪) بود(جدول۵). کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) نشان دادنـد کـه تلقـیح رازیانـه بـا قـارچ میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار درصد کلونیزاسیون ریشه آن می‌گردد. تحقیقات راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) روی گیـاه دارویـی علف لیمو نشان داد که تلقیح با قارچ میکـوریزا بـه طـور معنـی‌داری درصد کلونیزاسیون ریشه را افزایش داد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده تحت تأثیر ورمی‌کمپوست و میکوریزا در آویشن باغی

Table 2- Analysis of variance of some trait as affected by vermicompost and *mycorrhiza* in thyme

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد کلونیزاسیون	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	ارتفاع	عملکرد خشک	محتوی اسانس	عملکرد اسانس	عملکرد تیمول
S.O.V	df	Colonization percentage	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Chlorophyll	Plant height	Dry weight	Essential oil content	Essential oil yield	Thymol yield
تکرار Replication	2	19.444 ns	0.017 ns	0.193*	0.193 ns	0.583 ns	280330.857*	0.141 ns	255.329 ns	103.308 ns
ورمی‌کمپوست Vermicompost	3	193.519**	0.083 ns	0.961**	1.237**	149.213**	3753798.079**	0.256*	2918.625**	523.985*
میکوریزا Mycorrhiza	2	4336.519*	0.077 ns	0.221*	0.367*	1.333 ns	1158.018 ns	0.070 ns	22.996 ns	7.595 ns
ورمی‌کمپوست× میکوریزا Wermi.*myco.	6	76.852*	1.097**	0.982**	3.008**	0.741 ns	2220.233 ns	0.363*	354.226*	128.772*
خطا Error	22	30.808	0.144	0.050	0.103	1.583	30237.516	0.079	95.854	33.064
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		16.51	23.64	32.18	14.06	4.79	6.24	9.24	11.61	14.98

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

* and **: are significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر ساده ورمی‌کمپوست بر صفات مورد بررسی آویشن باغی

Table 3– Effects of vermicompost on mean value of some traits of thyme

ورمی‌کمپوست	ارتفاع (سانتی-متر)	عملکرد خشک (کیلوگرم بر هکتار)	درصد کلونیزاسیون	کلروفیلa (میلی‌گرم بر گرم)	کلروفیلb (میلی‌گرم بر گرم)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم)	محتوی اسانس (درصد)	عملکرد اسانس (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد تیمول (کیلوگرم بر هکتار)
Vermicompost	Height (cm)	Dry matter yield (kg. ha^{-1})	Colonization (%)	Chlorophyll a (mg.g^{-1})	Chlorophyll b (mg.g^{-1})	Chlorophyll Total (mg.g^{-1})	Essential oil content (%)	Essential oil yield (kg. ha^{-1})	Thymol yield (kg. ha^{-1})
شاهد Control	21.78^{d*}	1966.2 ^{d}	22.33 ^{c}	1.47 ^{a}	0.348 ^{b}	1.86 ^{c}	2.23^{b}	63.86 ^{d}	29.56 ^{c}
۲ تن درهکتار 2 t.ha^{-1}	24.22^{c}	2605.5 9 ^{c}	42.22 ^{b}	1.68 ^{a}	0.458 ^{b}	2.14 ^{bc}	3 ^{ab}	78.27^{c}	35.69 ^{b}
۴ تن درهکتار 4 t.ha^{-1}	28^{b}	3124.6 1 ^{b}	42.22 ^{b}	1.59 ^{a}	0.894 ^{a}	2.39 ^{b}	3.83 ^{a}	88.52 ^{b}	40.72 b
۶ تن درهکتار 6 t.ha^{-1}	31^{a}	3443.8 ^{a}	49.44 ^{a}	1.67 ^{a}	1.053 ^{a}	2.73 ^{a}	3.1 ^{ab}	106.7 ^{a}	47.55 ^{a}

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

*The same letter in each column indicated no significant differences based on LSD test.

غلظت کلروفیل a و b

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر مقدار کلروفیل a معنی‌دار نبود، اما اثر متقابل ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر مقدار کلروفیل a در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین میزان کلروفیل a با مصرف چهار تن ورمی‌کمپوست در هکتار به همراه تلقیح با *گلوموس اینترارادایسز* و کمترین مقدار در ترکیب تیماری چهار تن ورمی‌کمپوست در هکتار بدون تلقیح با میکوریزابه ترتیب معادل ۲/۶۱۱ mg/g و ۰/۹۲۴ mg/g وزن تر گیاه حاصل شد (جدول ۵). جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) حاکی از آن است که تأثیر ورمی‌کمپوست و اثر متقابل ورمی‌کمپوست و میکوریزا در سطح یک درصد و اثر میکوریزا در سطح پنج درصد بر میزان کلروفیل b معنی‌دار شد. بیشترین مقدار کلروفیل b در تیمار شش تن ورمی‌کمپوست در هکتار و کمترین آن در تیمار شاهد بترتیب معادل ۱/۰۵۳ mg/g و ۰/۳۴۸ mg/g وزن تر گیاه بدست آمد. بین چهار و شش تن مصرف ورمی کمپوست از نظر تأثیر بر میزان کلروفیل b تفاوت معنی داری مشاهده نشد(جدول ۳). نتایج این تحقیق نشان داد که تلقیح توسط قارچهای میکوریزا باعث کاهش کلروفیل b شد. بطوری که بیشترین میزان کلروفیل b در کرت های شاهد به مقدار۰/۸۳۳ mg/g وزن تر گیاه و کمترین آن به میزان ۰/۵۶۲ mg/g وزن تر گیاه در تلقیح با *گلوموس موسه* حاصل شد (جدول۴). نتایج اثر متقابل این دو عامل بر میزان کلروفیل b نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل b در تیمار شش تن ورمی‌کمپوست در هکتار بدون تلقیح میکوریزا و معادل ۱/۹۹۲ mg/g وزن تر گیاه بود (جدول ۵).

غلظت کلروفیل کل

در جدول تجزیه واریانس(جدول ۲) نشان داده شده است که اثر ورمی‌کمپوست و اثر متقابل دو عامل در سطح یک درصد و اثر میکوریزا در سطح احتمال پنج درصد بر غلظت کلروفیل کل معنی‌دار شد. بیشترین مقدار کلروفیل کل در تیمار شش تن ورمی‌کمپوست در هکتار معادل ۲/۷۳۳ mg/g وزن تر گیاه و کمترین آن در تیمار شاهد برابر ۱/۸۶۱ mg/g وزن تر گیاه محاسبه گردید(جدول ۳). کاربرد قارچهای میکوریزا سبب شد تا میزان کلروفیل کل کاهش یابد. بیشترین میزان کلروفیل کل در تیمار عدم تلقیح میکوریزا به مقدار ۲/۴۳۷ mg/g وزن تر گیاه و کمترین آن به میزان ۲/۰۸۹ mg/g وزن تر گیاه در تلقیح با *گلوموس موسه* حاصل شد (جدول ۴).به نظر می-

رسد که علت کاهش میزان کلروفیل در تیمار تلقیح میکوریزایی مرتبط با اثر رقیق سازی[۱] باشد. در برخی مطالعات غلظت عناصر غذایی مانند منگنز و آهن در تیمارهای میکوریزایی کاهش یافت. محققین علت وقوع آن را اثر رقیق‌سازی دانسته و اظهار داشتند که به علت افزایش قابل توجه در رشد اندام‌ها در بوته های *میکوریزی* غلظت عناصر در واحد وزن بوته کاهش می‌یابد (Ozkutlaet al., 2006). در این فرضیه با توجه به جدول ۴ مشخص می‌شود که تلقیح با هر دو گونه قارچ میکوریزا از نظر تأثیر بر مقدار کل کلروفیل در یک سطح آماری قرار داشتند. با بررسی اثر متقابل دو عامل مشخص شد که بیشترین میزان کلروفیل کل از دو ترکیب تیماری شش تن ورمی‌کمپوست در هکتار بدون تلقیح میکوریزا (۳/۸۸ mg/g وزن تر گیاه) و تیمار چهار تن ورمی‌کمپوست در هکتار همراه با تلقیح *گلوموس اینترارادایسز* (۳/۷۴ mg/g وزن تر گیاه) و کمترین آن از ترکیب تیماری چهار تن ورمی‌کمپوست در هکتار و عدم تلقیح میکوریزا (۱/۳۰۷ mg/g وزن تر گیاه) به دست آمد (جدول ۵). نتایج این آزمایش بیانگر افزایش میزان کلروفیل در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست بود. می‌توان این گونه استنباط کرد که ورمی‌کمپوست به عنوان یک کود آلی سرشار از مواد مغذی است، بنابراین با مصرف ورمی کمپوست عناصر غذایی به میزان کافی در اختیار گیاه قرار گرفته و در حضور نور میزان کلروفیل بیشتری در مقایسه با تیمار شاهد سنتز می شود. میزان کلروفیل برگ گیاهان به ویژگی‌های ژنتیکی و ذاتی بستگی داشته و بسته به خصوصیات ژنتیکی هر واریته، غلظت کلروفیل در برگ تغییر می‌نماید (Demir, 2004). به طور کلی هر چه شرایط تغذیه‌ای و محیطی، از جمله عناصر غذایی، نور، رطوبت، آفات و بیماری‌ها برای رشد گیاه مناسب‌تر باشد، توان گیاه در تولید کلروفیل در برگ‌ها بیشتر می‌شود، از این رو عواملی که سبب بهبود این شرایط می‌شوند، بر میزان کلروفیل نیز اثر دارند (Demir, 2004; Roldan-Fagardo et al., 1982). پیردشتی و همکاران (Pirdashti et al., 2010) در بررسی تأثیر سطوح ۲۰ و ۴۰ تن ورمی‌کمپوست غنی شده (تلفیق با ۵۰ درصد کود شیمیایی مورد نیاز خاک)، افزایش محتوای کلروفیل برگ سویا (*Glycinemax* L.)را در تیمارهای مذکور در مقایسه با شاهد گزارش کردند. اثر مثبت ورمی‌کمپوست بر محتوی کلروفیل a، b و کلروفیل کل برگ درگیاه تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) پس از گذشت ۲۷ روز بعد از جوانه‌زنی گزارش شده است (Uma & Malathi, 2009).

۱- Dilution effect

درصد و عملکرد اسانس

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که تأثیر ورمی‌کمپوست، همچنین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر میزان اسانس در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. بیشترین میزان اسانس در تیمار چهار تن در هکتار ورمی کمپوست(۳/۸۳ درصد) به دست آمد که البته با سطوح دیگر مصرف ورمی کمپوست از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین میزان اسانس از تیمار شاهد و معادل ۲/۲۳ درصد حاصل شد (جدول ۳). شکل ۱ اثر متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست و تلقیح میکوریزا را بر درصد اسانس آویشن نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل دیده می‌شود بیشترین درصد اسانس در ترکیب تیماری عدم مصرف ورمی کمپوست و عدم تلقیح میکوریزا (شاهد) به دست آمد. به نظر می‌رسد با کاربرد ورمی کمپوست و تلقیح میکوریزا شرایط برای رشد بیشتر گیاه مهیا شده و به همین خاطر درصد اسانس کاهش یافته است. مرادی و همکاران (Moradi et al., 2011) در تحقیق خود در مورد تأثیر کودهای بیولوژیک و آلی بر میزان اسانس رازیانه نشان دادند که بیشترین درصد اسانس از تیمار شاهد حاصل شد. نتیجه بررسی نشان داد که اثر ورمی‌کمپوست و اثر متقابل دو عامل مورد بررسی بر عملکرد اسانس به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شدند. در بین سطوح مختلف ورمی کمپوست بیشترین عملکرد اسانس با مصرف شش تن ورمی‌کمپوست در هکتار به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۶۷٪ افزایش داشت (جدول ۳). نتایج اثر متقابل ورمی‌کمپوست و میکوریزا نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد اسانس با کاربرد شش تن ورمی‌کمپوست در هکتار بدون تلقیح میکوریزا (۱۱۴/۶۵۳ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که البته با ترکیب تیماری مصرف شش تن ورمی کمپوست در هکتار و تلقیح گونه *گلوموس موسه‌آ* تفاوت آماری نداشت (شکل ۲).

کمترین مقدار عملکرد اسانس در ترکیب تیماری عدم مصرف ورمی‌کمپوست و تلقیح با *گلوموس اینترارادایسز* برابر ۵۲/۶۳۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل ۲). مرادی و همکاران (Moradi et al., 2011) نتیجه گیری کردند که عملکرد اسانس گیاه رازیانه با مصرف ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد به طور معنی داری افزایش یافت. تحقیقات دیگری نیز از بهبود عملکرد اسانس در گیاه ریحان

(*Ocimumbasilicum* L.) (Azizi et al., 2007) و بابونه رومی (*Chamaemelum nobile* L.) (Liuc & Pank, 2005) در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست گزارش کرده اند که با نتایج تحقیق حاضر مشابهت دارد.

جدول ٤- نتایج مقایسه میانگین اثر ساده میکوریزا بر صفات مورد بررسی آویشن

Table 4 – The effects of mycorrhizal fungi on mean value of some traits of thyme

میکوریزا	ارتفاع (سانتی‌متر)	عملکرد خشک (کیلوگرم بر هکتار)	درصد کلونیزاسیون	کلروفیلa (میلی‌گرم بر گرم)	کلروفیلb (میلی‌گرم بر گرم)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم)	محتوی اسانس (درصد)	عملکرد اسانس (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد تیمول (کیلوگرم بر هکتار)
Mycorrhiza	**Height (cm)**	**DM yield (kg. ha^{-1})**	**Colonization(%)**	**Chlorophyll a (mg.g^{-1})**	**Chlorophyll b (mg.g^{-1})**	**Chlorophyll (mg.g^{-1})**	**Essential oil cotent (%)**	**Essential oil yield (kg. ha^{-1})**	**Thymol yield (kg. ha^{-1})**
بدون تلقیح No inoculation	25.91^{a*}	2775.88^{a}	11.6^{b}	1.6^{a}	0.833^{a}	2.43^{a}	3.1a	85.93^{a}	39.15^{a}
تلقیح با *گلوموس موسه‌آ* *G. mosseae*	26.25^{a}	2783.52^{a}	44.1^{a}	1.53^{a}	0.562^{b}	2.08^{b}	3a	83.52^{a}	37.56^{a}
تلقیح با *گلوموس اینترارادایسز* *G. intraradices*	26.58^{a}	2795.38^{a}	45^{a}	1.69^{a}	0.697^{ab}	2.32^{ab}	2.9a	83.53^{a}	38.41^{a}

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

*The same letter in each column indicated no significant differences based on LSD test

جدول ٥- مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر صفات مورد بررسی آویشن

Table 5- Interaction effects of vermicompost and mycorrhiza on some traits of thyme

ورمی‌کمپوست×میکوریزا	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم)	کلروفیلb (میلی‌گرم بر گرم)	کلروفیلa (میلی‌گرم بر گرم)	همزیستی (درصد)
Vermicompost×mycorrhiza	**Chlorophyll a (mg.g^{-1})**	**Chlorophyll b (mg.g^{-1})**	**Chlorophyll b (mg.g^{-1})**	**Colonization (%)**
V_0m_0	1.968^{b*}	0.530^{ef}	2.49^{bc}	10^{d}
V_0m_1	1.169^{ef}	0.259^{f}	1.43^{e}	35^{c}
V_0m_2	1.289^{cdef}	0.365^{ef}	1.65^{de}	40^{c}
V_1m_0	1.608^{bcde}	0.446^{ef}	2.05^{cd}	11.6^{d}
V_1m_1	1.861^{bcd}	0.249^{f}	2.11^{cd}	50^{ab}
V_1m_2	1.584^{bcdef}	0.679^{cde}	2.26^{bc}	41.5^{bc}
V_2m_0	0.924^{f}	0.365^{ef}	1.3^{e}	13.3^{d}
V_2m_2	1/238^{def}	0.912^{c}	2.13^{bcd}	41.6^{bc}
V_2m_2	2.611^{a}	1.404^{b}	3.74^{a}	41.6^{bc}
V_3m_0	1.894^{bc}	1.992^{a}	3.88^{a}	11.6^{d}
V_3m_1	1.851^{bcd}	0.827^{cd}	2.67^{b}	50^{ab}
V_3m_2	1.274^{cdef}	0.341^{ef}	1.63^{de}	56.6^{a}

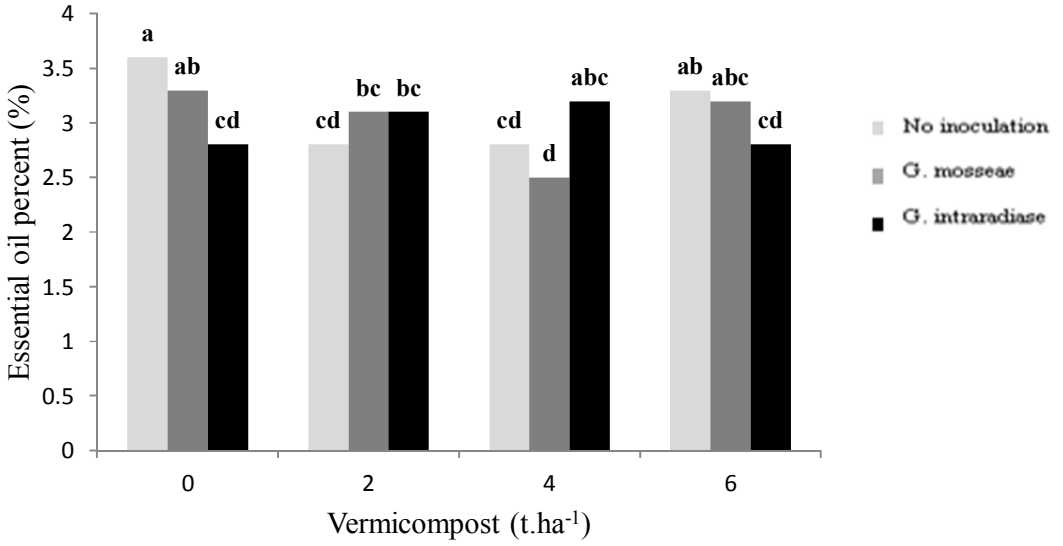
*حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشد.

V_0 تا V_3: به ترتیب (مقادیر صفر، ۲، ۴ و ۶ تن ورمی کمپوست در هکتار) و m_0 تا m_2: به ترتیب (بدون تلقیح، گونه *گلوموس موسه آ* و گونه *گلوموس اینترارادایسز*) هستند.

*The same letter in each column indicated no significant differences based on LSD test.

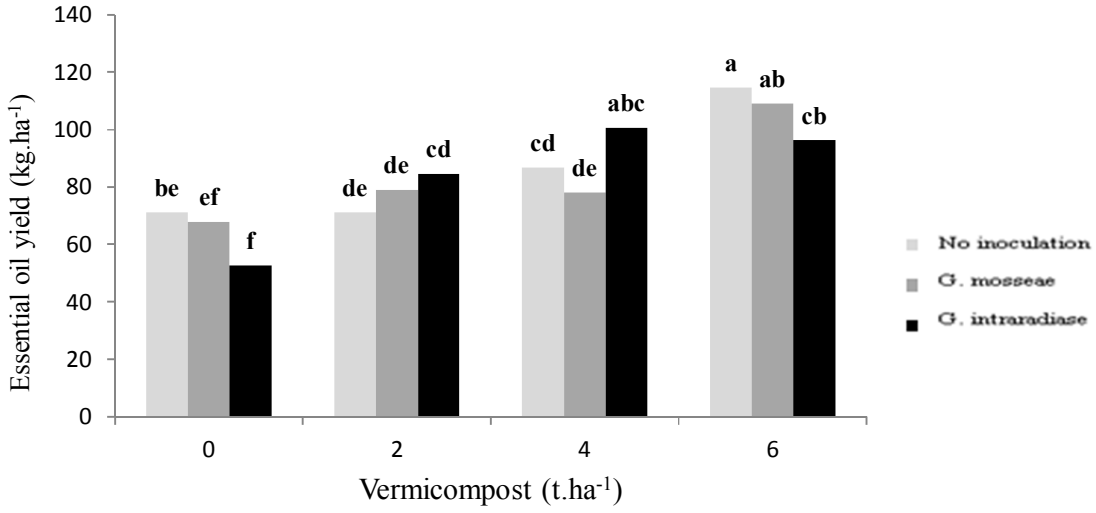
V_0-V_3: (0, 2, 4and 6 t.ha^{-1} vermicompost, respectively). m_0-m_2: (no inoculation, *Glomus mosseae* and *Glomus intraradiase*, respectively).

هر چند بر اساس نتایج آزمایش عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2009) تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر درصد اسانس بابونه آلمانی معنی‌دار نبوده است. اسانس‌ها جزئی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند. گیاهان معمولادر هنگام مواجه شدن با تنش های محیطی میزان متابولیت‌های ثانویه را در اندام‌های خود افزایش می‌دهند. در این بررسی به نظر می‌رسد که تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایش با تنش کمبود مواد غذایی مواجه بوده و لذا میزان اسانس در پیکره رویشی آن بیشتر بوده است.



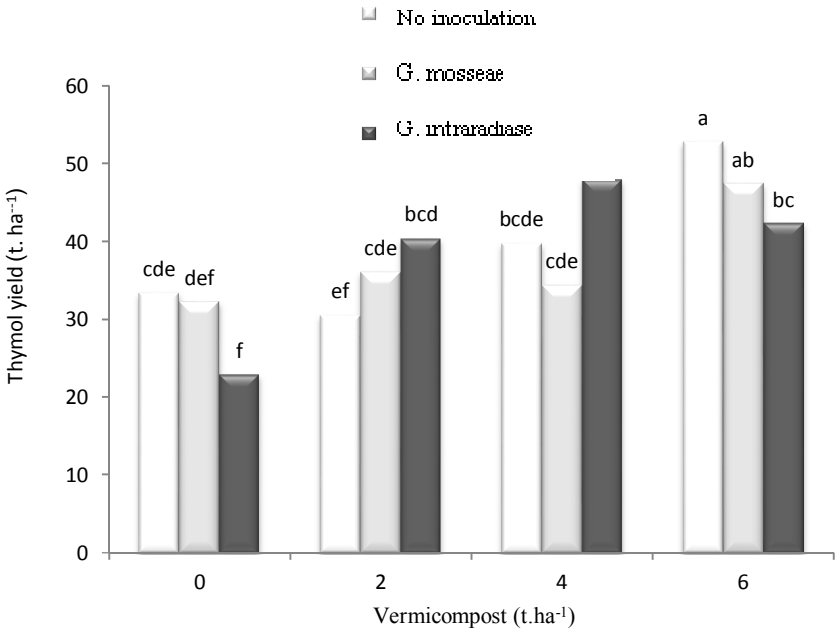
شکل ۱- مقایسه درصد اسانس آویشن تحت تأثیر متقابل ورمی‌کمپوست و میکوریزا

Fig. 1 - Interaction effects of vermicompost and mycorrhiza on essential oil percent of thyme



شکل ۲- مقایسه عملکرد اسانس آویشن تحت اثر متقابل ورمی‌کمپوست و میکوریزا

Fig. 2 - Combination effects of vermicompost and mycorrhiza on essential oil yield of thyme



شکل ۳- مقایسه عملکرد تیمول آویشن تحت اثر متقابل ورمی‌کمپوست ومیکوریزا
Fig. 3- Combination effects of vermicompost and mycorrhiza on thymol yield of thyme

عملکرد تیمول

تیمول مهم‌ترین بخش اسانس پیکره‌ی رویشی آویشن است و از لحاظ اقتصادی قابل توجه می‌باشد. در تجزیه واریانس عملکرد تیمول (جدول ۲) مشخص شد که اثر ورمی‌کمپوست و اثر متقابل دو عامل مورد بررسی در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد تیمول معنی‌دار بود. بیشترین میزان عملکرد تیمول با کاربرد شش تن ورمی‌کمپوست در هکتار و معادل ۴۷/۵۵۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در تیمار شاهد برابر با ۲۹/۵۶۱ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۳). در این تحقیق همزیستی میکوریزایی بر عملکرد تیمول تأثیرمعنی‌داری نداشت.

نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین عملکرد تیمول از ترکیب تیماری مصرف شش تن ورمی‌کمپوست در هکتار و بدون تلقیح میکوریزا و کمترین آن در تیمار عدم مصرف ورمی‌کمپوست همراه با تلقیح *گلوموس اینترارادایسز* (به ترتیب ۵۲/۸۵ و ۲۲/۹۴۷ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (شکل ۳).

نتیجه‌گیری

استفاده از کود های زیستی و آلی می تواند در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان دارویی مؤثر باشد. نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد شش تن در هکتار ورمی کمپوست سبب بهبود خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و صفات کیفی گیاه آویشن گردد. تلقیح با قارچ *گلوموس اینترارادایسز* از طریق افزایش کلونیزاسیون ریشه رشد کمی بوته‌ها را افزایش داد.

منابع

Andrade, G., Mihara, K.L., Linderman, R.G., and Bethlenfalvay, G.J. 1998. Soil aggregation status and *Rhizobacteria* in the *Mycorrhizosphere*. JournalofPlant and Soil 202: 86–96.

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.

Communication in Soil Science and Plant Nutrition 36(13-14): 1737-1746.

Arguello, J.A., Ledesma, A., Nunez, S.B., Rodriguez, C.H., and Goldfarb, M.D.D. 2006. Vermicompost effects on blubbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield and quality of Rosado Paraguay garlic bulbs. Horticulture Science 4(3): 589-592.

Azizi, M., Rezvani, F., Hassan Zadeh, M., Lakzian, A., and Nemati, H. 2009. Effects of vermicompost and irrigation on morphological traits and essential oil of chamomile. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 24(1): 82-93. (In Persian with English Summary)

Azizi, M., Lakzian, A., and Bagani, M. 2007. Effect of different amount of vermicompost and vermivash on morphological factors and essential oil content of basil. Agricultural Science 2: 5-8. (In Persian with English Summary)

Bedini, S., Pellegrino, E., Avio, L., Pellegrini, S., Bazzoffi, P., Argese, E., and Giovannetti, M. 2009. Changes in soil aggregation and glomalin related soil protein content as affected by the arbuscular mycorrhizal fungal species *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*. Soil Biology and Biochemistry 41: 1491–1496.

Caravaca, F., Algxuacil, M. M., Azcon, R., and Roldan, A. 2006. Formation of stable aggregates in rhizosphere soil of *Juniperus oxycedrus*: effect of AM fungi and organic amendments. Appled Soil Ecology 33: 30-38.

Chaoui, H. I., Zibilske, L. M., and Ohno, T. 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. Soil Biologyand Biochemistry 35: 295-302.

Darzi, M. T., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Crop Science 10(1): 88-109. (In Persian with English Summary)

Demir, S. 2004. Influence of Arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology 28: 85-90.

Domínguez, J., Aira, M., and Gómez Brandón, M. 2010. Vermicomposting: Earthworms Enhance the Work of Microbes". In: Insam H., Franke-Whittle I. and Goberna M. (Eds.), "Microbes at Work" From Wastes to Resources, Berlin Heidelberg 93-114.

Hornok, L. 1992. Cultivation and Processing of Medicinal Plants. AkademianKiado. Budapest, Hungary 200-205.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculumvulgare* on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Journal of Biological Resource Technology 93: 307–311.

Leake, J.R., Johnson, D., Donnelly, D., Muckle, G., Boddy, L., and Read, D. 2004. Network of power and influence: The role of mycorrhizal mycelium in controlling plant communities and agroecosystem functioning. Canadian Journal of Botany 82: 1016–1045.

Liuc, J., and Pank, B. 2005. Effect of vermicompost and fertility levels on growth and oil yield of Roman chamomile. Scientia Pharmaceutica 46: 63-69.

Moemeni, T., and Shahrokhi, N. 1991. Plant Essences and their Effects. Tehran University Press, Tehran, Iran 171 pp. (In Persian)

Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., and Nezhadali, A. 2011. Effects of organic and biological fertilizers on fruit yield and essential oil of sweet fennel (*Foeniculum vulgar var*. Dulce). Spanish Journal of Agricultural Research 9(2): 546-553.

OmidBeigi, R. 2004. Production and Technology of Medicinal Crops. Astane Qods Razavi Press. 397 pp. (In Persian)

Ozkutla, F., Bulent, T., and Cakmak, I. 2006. Effects of zinc humate on growth of soybean and wheat in zinc-deficient calcareous soil. Communication in Soil Science and Plant Analysis 37: 2769-2778.

Picuric-Jonanovic, K., Milovanovic, M., and Vrbaski, Z. 1995. *Thymus vulgaris* as a source of natural antioxidant: Review of Research-Work at the Faculty of AgricultuerBelgrad, USSR 40: 141-146.

Pirdashti, H., Motaghian, A., and Bahmanyar, M.A. 2010. Effect of organic amendments application on grain yield, leaf chlorophyll content and some morphological characteristics in soybean cultures. Journal of Plant Nutrition 33: 485-495.

Putievsky, E., Sanderowich, D., and Ron, R. 1981. Growing spice plants from seeds or cutting. Horticultural Abstracts 51(1): 589.

Roy, D.K., and Singh, B.P. 2006. Effect of level and time of nitrogen application with and without vermicompost on yield, yield attributes and quality of malt barley (*Hordeum vulgare*). Indian Journal of Agronomy 51: 40-42.

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.

Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M.B., and Ehyaee, H.R. 2016. Effect of simultaneous application of mycorrhiza with compost, vermicompost and sulfural geranole on some qualitative and quantitative characteristics of Sesame (*Sesmum indicum* L.) in a low input cropping system. Journal of Agroecology 7(4): 563-577. (In Persian with English Summary)

Rillig, M.C., and Mummey, D. 2009. Mycorrhizas and soil structure. New Phytology 171: 41-53.

Rillig, M.C., Wright, S.F., Nichols, K.A., Schmid, W.F., and Torn, M.S. 2002. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: Comparing effects of five plant species. Journal of Plant and Soil 238: 325-333.

Roldan-Fagardo, B.E., Barea, B.E., Ocampo, J.A., and Azcon-Aguilar, C. 1982. The effect of season on VA mycorrhiza of the almond tree and of phosphate fertilization and species of endophyte on its mycorrhizal dependency. Journal of Plant and Soil 68: 361-367.

Sangwan, P., Garg, V.K., and Kaushik, C.P. 2010. Growth and yield response of marigold to potting media containing vermicompost produced from different wasts. Journal of Environment 30: 123-130.

Smith, S.E., and Read, D.J. 2008. Mycorrhizal symbiosis" 3rd ed. Academic, London.

Stahl, E. 2002. Thyme as AHerbalDrug-pharmacopoeias and Other Product Characteristics. In: Stahl-Biskup, E., Sáez, F. (Eds.) Thyme, the genus *Thymus*. Taylor and Francis, London: 293-316.

Uma, B., and Malathi, M. 2009. Vermicompost as a soil supplement to improve growth and yield of *Amaranths* species. Research Journal of Agricultural and Biological Science 5: 1054–1060.

Wilson, G.W. T., Rice, C.W., Rillig, M.C., Springer, A., and Hartnett, D.C. 2009. Soil aggregation and carbon sequestration are tightly correlated with the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi": results from long-term field experiments. Ecological Letter 12: 452-461.

Zargari, A. 1993. Medicinal Plants. Volume 4. Tehran University Press, Tehran, Iran 217 pp. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 1, Spring 2017, p. 102-114

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۱۱۴-۱۰۲

Effects of Vermicompost and *Mycorrhizal* Fungi on Growth Characteristics, Essential oil and Yield of Thyme (*Thymus vulgaris* L.)

N. Bitarafan[۲], A.Gholami[2*], H. Abbas Dokht[2], M. Baradaran[2] and F. Khalighi Sigaroodi[3]

Submitted: 19-11-2014
Accepted: 04-03-2015

Bitarafan, N., Gholami, A., Abbas Dokht, H., Baradaran, M., and Khalighi Sigaroodi, F. 2017. Effects of vermicompost and *mycorrhizal* fungi on growth characteristics, essential oil and yield of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Agroecology 9(1): 102-114.

Introduction

Thyme (*Thymus vulgaris* L.) is one of the most important essential oil plants that its essential oil constituent be used in different medicinal and food industries. Vermicompost is organic manure that significant amounts of macro and micronutrients make available to the plants. Although some of this material is minerals but most of them gradually and slowly released through the mineralization of organic matter. *Mycorrhizal* fungi are one of the biological factors in the rhizosphere, which include a relatively important part of soil organisms. Under water deficit conditions, *mycorrhiza* enhances photosynthesis and carbon fixation during the growing season by increasing the leaf area. This condition does not directly contribute to increased photosynthesis in the host plant, but keeps the photosynthesis level higher than control by improving water relations and changing the hormonal relations.

Materials and methods

The treatments included vermicompost in four levels (0, 2, 4, and 6 ton.ha^{-1}) and *mycorrhiza* in three levels (without inoculation, inoculation with *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*) was arranged based on randomized complete block design with 12 treatments and 3 replications. Fresh leaf tissue was used to measure chlorophyll content. Dimethyl sulfoxide (7 ml) was added to 0.1 g leaf tissue and the samples were incubated at 70°Cfor 4h. The light absorptance was measured at 663, 645 and 470 nm with spectrophotometer (Jenway, 6305) to obtain chlorophyll content. To measure Arbuscular Mycorrhizal (AM) symbiosis, plant roots were collected one week before harvesting, cleaned by 10% KOH at 80°C for 2h, and acidified in 1% HCL for 60 min. Then the cleaned up roots were stained in a solution of trypan blue. The roots were destained in a mixture of 500 ml glycerol, 450 ml water and 5 ml HCL for 24 h, allowing the fungus to be revealed under microscopic examination (Taylor et al. 2008).

Statistical analysis: Analysis of variance (ANOVA) was performed using SAS statistical software (SAS Institute, 1998) and Duncan's multiple range procedure was employed at probability level of 5%.

Results and discussion

The results indicated that the vermicompost application improved significantly plant height, dry weight, colonization, chlorophyll b, total chlorophyll, essential oil content, essential oil yield and thymol yield. *Mycorrhizal* inoculation affects significantly on chlorophyll b, total chlorophyll and colonization. The highest amount of plant height was recorded by application of 6 ton.ha^{-1} vermicompost (31 cm) and the lowest amount were obtained in control plots (21.78 cm).

The highest biological yield was obtained from application of 6 ton.ha^{-1} (3443 kg.ha^{-1}) and the lowest biological yield was recorded in control plots (1966 kg.ha^{-1}). Our results showed that colonization percent significantly increased by application of 6 ton.ha^{-1} in control plots (49.44 and 22.33%, respectively). The greatest

2, 2 and 3- Former MSc student of Agroecology, Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Shahrood and Associate Professor, Institute of Medicinal Plants, Jihad Daneshgahi, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: ahgholami@yahoo.com)

amount of chlorophyll obtained by application of 6 tonha^{-1} vermicompost and the lowest amount was in control plots.

The best results of essence yield obtained from 4 ton.ha^{-1} vermicompost, while the maximum essence yield recorded by application of 6 ton.ha^{-1} vermicompost. The best interaction effects of vermicompost and *mycorrhizal* was significant on essential oil yield, thymol yield, chlorophyll b and total chlorophyll by the use of 6 ton.ha^{-1} vermicompost and without inoculation. The most content of chlorophyll a was obtained with the use of 4 ton.ha^{-1} vermicompost and inoculation with *Glomus intraradices*. The results showed the highest percent of colonization by the use of 6 ton.ha^{-1} vermicompost and inoculation with *Glomus intraradices*. The highest percent of essence was obtained from control (no application of vermicompost and no inoculation of *mycorrhiza*) treatment.

Conclusion

Vermicompost is one of the organic manure that significant amounts of macro and micronutrients make available to the plants. *Mycorrhizal* fungi are one of the biological factors in the rhizosphere that increased plant growth especially under stress conditions. In this study vermicompost application significantly increased essence yield. Also, vermicompost and *mycorrhizal* interaction increased chlorophyll content of plant leaf.

Keywords: Biofertilizer, Chlorophyll, Organic manure, Thyme, thymol