نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد چهاردهم، شماره ۳(۵۵)، پاییز ۱۳۹۹، صفحه ۳۶۰-۳۴۵

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/jcep.2020.679067

تأثیر همزیستی میکوریزایی و استفاده از کودهای آلی، ورمی کمپوست و چای کمپوست بر عملکرد کمّی و کیفی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.)

مصطفی کوزه گر کالجی[1*]، محمدرضا اردکانی[2] و مجتبی علوی فاضل[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۷ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۷/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۱۳

چکیده

بادرنجبویه یک گیاه شناخته شده است که به‌عنوان طعم‌دهنده مواد غذایی، آشامیدنی و به‌عنوان گیاهی دارویی برای درمان سردرد، اختلالات گوارشی، عصبی و روماتیسم استفاده می‌شود. به‌منظور بررسی اثر کودهای آلی و همزیستی میکوریزایی بر اجزای عملکرد و درصد اسانس بادرنجبویه آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با ۸ تیمار و ۴ تکرار در سال ۱۳۹۳ در ساری اجرا شد. عوامل شامل کاربرد میکوریزا در دو سطح (صفر، ۱۰٪ حجم گلدان)، ورمی کمپوست در دو سطح (صفر، ۱۰٪ حجم گلدان) و چای کمپوست در دو سطح (صفر، ۱/۵ لیتر برای گلدان‌های مشخص شده) در نظر گرفته شدند. صفات اندازه‌گیری شده شامل سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و درصد اسانس بودند. نتایج به‌دست آمده نشان داد تیمارهای کودهای آلی و همزیستی میکوریزایی تاثیر معنی‌داری بر اغلب صفات مورد اندازه‌گیری داشتند و کلیه صفات مورد بررسی را در مقایسه با شاهد افزایش دادند. به‌طوری‌که، بیشترین سطح برگ در تیمار کاربرد چای کمپوست (۲۰۷/۹۳ سانتی‌متر مربع) و کمترین آن در تیمار شاهد (۵۲/۶۳ سانتی‌متر مربع) و بیشترین وزن خشک بوته در تیمار کاربرد چای کمپوست و همزیستی میکوریزایی (۳/۰۷ گرم) و کمترین آن در تیمار شاهد (۰/۵۱گرم) بودند. بیشترین درصد اسانس در تیمار همزیستی میکوریزایی معادل ۰/۷۳٪ و کمترین آن در تیمار شاهد معادل ۰/۲۳٪ به‌دست آمدند. با توجه به نتایج حاصل به نظر می‌رسد که افزایش در صفات مورد بررسی ناشی از کاربرد اثرات مفید کودهای آلی و همزیستی میکوریزایی بوده است.

واژگان کلیدی: درصد اسانس، کود بیولوژیک، گلوموس موسه، گیاه دارویی.

۱- دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد اگرو اکولوژی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

۲- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

نگارنده‌ی مسئول mostafa.koozehgar@gmail.com

مقدمه

در قرن حاضر استفاده از کودهای شیمیایی، مثل کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم، برای افزایش عملکرد محصولات کشاورزی به منظور تامین نیازهای رو به افزایش جمعیت تشدید شده است. البته در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی به خصوص کودهای شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی عدیده‌ای از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است، کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا تقلیل چشم‌گیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه حل مطلوب جهت غلبه بر این مشکلات به شمار می‌آید (Sharma, 2002). کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاک‌زی و یا به صورت فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشند که به‌منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به کار می‌روند (Saleh Rastin, 2001). قارچ‌های میکوریزا دارای رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی می‌باشند و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مثل فسفر و برخی عناصر کم مصرف، افزایش جذب آب، کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا، سبب بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (Sharma, 2002).

ورمی‌کمپوست نوعی کمپوست تولید شده به کمک کرم‌های خاکی است که در نتیجه تغییر و تبدیل و هضم نسبی ضایعات آلی (کود دامی، بقایای گیاهی و غیره) در ضمن عبور از دستگاه گوارش این جانوران به‌وجود می‌آید. ورمی‌کمپوست دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری عناصر غذایی بالا، تهویه و زهکشی مناسب و ظرفیت بالای نگهداری آب می‌باشد و استفاده از آن در کشاورزی پایدار، علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیزم‌های مفید خاک (نظیر قارچ‌های میکوریزا و میکرو ارگانیزم‌های حل کننده فسفات)، در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Arancon *et al*., 2004). با توجه به تاکیدی که کشاورزی پایدار بر افزایش کیفیت و پایداری عملکرد دارد، گیاهان دارویی که محصولاتی کیفی می‌باشند، گزینه مناسبی برای این سیستم محسوب می‌شوند و به نظر می‌رسد که در چنین شرایطی، حداکثر رشد و عملکرد از آنها حاصل گردد (Gupta *et al*., 2002). از طرفی امروزه با توجه به اهمیت و نقش گیاهان دارویی در صنایع مختلف، نکته حایز اهمیت در تولید و پرورش این گونه‌های ارزشمند، افزایش تولید آنها بدون کاربرد نهاده‌های مضر شیمیایی می‌باشد. مدیریت صحیح استفاده از گونه‌های میکروبی و همزیست با گیاهان دارویی در بهبود عملکرد و کیفیت آنها تاثیرگذار خواهد بود (Abudul-Jaleel *et al*., 2007). گیاهان دارویی و معطر علاوه بر اهمیت در مصارف پزشکی، در بسیاری از زمینه‌های وابسته به صنایع غذایی، آرایشی، بهداشتی و ادویه‌ای کاربرد وسیعی دارند (Jesus, 2003).

بادرنجبویه از تیره‌ی نعناعیان با نام علمی *Melissa officinalis* L. گیاهی دارویی چند ساله است. در این گیاه گل‌ها هرمافرودیت کامل بوده و کاسه و جام گل دارای دو لب است، رنگ گل‌ها در زمان ظهور گل اصولاً زرد و بعداً به رنگ بنفش یا سفید در می‌آید (Ezzati, 2002). نتایج بسیاری از تحقیقات بالینی نشان می‌دهد که اسانس بادرنجبویه را می‌توان در درمان بیماری آلزایمر به کار برد. به‌علاوه بعضی از ترکیبات اسانس بادرنجبویه دارای خواص ضدویروسی، ایمنی بخشی، آنتی اکسیدانتی، ضد سرطانی و تأثیرات اسپکتورانتی (داروی خلط‌آور) هستند (Bahtiyarca Bagdat *et al*., 2006).

میکوریزا در افزایش توانایی گیاه میزبان برای جذب عناصر غذایی غیرمتحرک، خصوصاً فسفر و چندین ریزمغذی دیگر تاثیر مفیدی دارد.کوپتا و همکاران (Copetta *et al*., 2006) گزارش کردند که تلقیح ریحان (*Ocimum basilicum* L.) با سه گونه قارچ میکوریزا (*Gigaspora rosea* BEG 9, *Glomus mosseae* BEG 12, *Gigaspora margarita* BEG 34)، باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع ساقه، تعداد و سطح برگ، بیوماس، طول و میزان انشعابات جانبی ریشه و همچنین میزان اسانس گیاه در مقایسه با شاهد شد. در مطالعه‌ای دیگر نیز مشاهده شد که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش عملکرد دو گونه از گیاه دارویی بارهنگ شد (Sanchez *et al*., 2008). در تحقیق دیگری نیز که بر روی گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla*) انجام گردید، ملاحظه شد که مصرف ورمی‌کمپوست، توانست ارتفاع بوته و عملکرد این گیاه را به‌طرز بارزی افزایش دهد (Azizi *et al*., 2008). همچنین، درزی و همکاران (Darzi *et al*., 2006, 2008, 2009) مشاهده نمودند که کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش بارز ارتفاع بوته، تعداد چتر، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare*) شد. ورمی‌واش به‌عنوان عصاره ورمی‌کمپوست، مجموعه‌ای از مواد ترشحی و فضولات دفعی کرم خاکی همراه با عناصر ریزمغذی عمده و مولکول‌های آلی خاک است که برای رشد گیاه مفید بوده و به‌صورت اسپری برگی به‌کار می‌رود (Nemati Darbandi *et al*., 2014). ورمی‌واش موجب تحریک رشد و افزایش عملکرد محصولات زراعی شده و محلول‌پاشی با آن موجب تحمل گیاهان در برابر عوامل مختلف می‌شود. این ماده دارای عناصر غذایی محلول و اسیدهای آلی است (Sivasubramanian and Ganeshkumar, 2004) و می‌تواند از آسیب‌های وارده به گیاه مانند سوختگی برگ‌ها جلوگیری کند (Quaik *et al*., 2012). رحمت‌پور و همکاران (Rahmatpor *et al*., 2013) حضور تعدادی از ریزجانداران مفید در رشد گیاه و حمایت از آن در برابر آفات و بیماری‌ها را گزارش کردند، همچنین آنها دریافتند که ورمی‌واش موجب بهبود درصد و قدرت جوانه‌زنی دانه لوبیا و برنج می‌شود. در پژوهشی کاربرد ورمی‌واش (چای‌کمپوست)، ورمی‌کمپوست و میکوریزا در گیاه نعنای آبی سبب افزایش تعداد برگ، عملکرد اسانس و وزن خشک بوته نسبت به تیمار شاهد گردید (Koozehgar Kaleji *et al*., 2018). آزمایش‌هایی که اثر محلول‌پاشی چای کمپوست و ورمی‌واش را به تنهایی یا به صورت مخلوط با سایر کودها روی گیاهان دارویی بررسی کرده‌اند، اندک هستند اما نتایج حاکی از بهبود کمیت و کیفیت محصول تحت تأثیر این کودها می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی کاربرد ورمی‌کمپوست، محلول‌پاشی چای کمپوست و

همزیستی میکوریزایی بر محتوای عناصر غذایی اندام هوایی، درصد اسانس و اجزای عملکرد در گیاه دارویی بادرنجبویه در ارتباط با کاهش مصرف کودهای شیمیایی در راستای نیل به کشاورزی پایدار می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۳ در شهرستان ساری با موقعیت جغرافیایی۵۳ درجه و ۶۳ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی۳۶ درجه و ۸۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۳/۳ متر از سطح دریا با آب و هوای معتدل به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار و ۴ تکرار اجرا شد، عوامل شامل میکوریزا گونه*Glomus moseae* در ۲ سطح (صفر و ۱۰٪ حجم گلدان ۲ کیلویی)، ورمی‌کمپوست در ۲ سطح (صفر و ۱۰٪ حجم گلدان ۲ کیلویی) و چای‌کمپوست در ۲ سطح (صفر و ۱/۵ لیتر) به کاربرده شد. چای کمپوست در مرحله ۵-۴ برگی روی گلدان‌های مشخص شده اسپری گردید. ورمی‌کمپوست و چای کمپوست با پایه کود دامی از شرکت شکوفا سازان خاک شمال تهیه شد. نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۱ و همچنین، نتایج حاصل از تجزیه کودهای آلی در جدول ۲ آورده شده است. عملیات کاشت در آبان ۱۳۹۳ و به‌صورت گلدانی صورت گرفت. عملیات داشت شامل آبیاری، تنک و وجین بود. پس از رشد بوته‌ها و اطمینان از استقرار آنها، آبیاری به‌صورت غرقابی و به‌طور مساوی هر ۲ روز یک بار انجام شد. برای حصول تراکم مناسب، در مرحله ۵-۴ برگی (پس از استقرار کامل گیاه)، بوته‌ها تنک و در نهایت در هر گلدان ۳ بوته نگهداری شد. به‌منظور اندازه گیری برخی صفات مورفولوژیک و همچنین درصد اسانس، برداشت اندام‌های رویشی صورت گرفت. بدین منظور، از هر گلدان دو بوته به‌طور تصادفی انتخاب و ارتفاع و تعداد انشعابات فرعی آنها اندازه گیری و به‌صورت جداگانه ثبت گردید. سپس بوته‌های انتخاب شده از هر گلدان به صورت دستی برداشت و جداگانه داخل بسته قرار گرفته و شماره‌گذاری شدند. در زمان رسیدگی، صفات نهایی شامل وزن خشک بوته، تعداد دانه در هر بوته و وزن هزار دانه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. بوته‌های جمع‌آوری شده، در شرایط مناسب به صورت طبیعی و به دور از نور خورشید به مدت ده روز خشک شدند. بعد از خرد کردن بوته‌ها، ۲۰ گرم از نمونه‌ها با استفاده از روش تقطیر با آب و به‌وسیله دستگاه کلونجر اقدام به استخراج اسانس گردید، مدت زمان استخراج اسانس برای تمامی نمونه‌ها به‌طور یکسان ۳ ساعت بود و پس از رطوبت‌زدایی آب آن توسط سولفات سدیم، درصد اسانس تعیین شد. جهت تعیین غلظت عناصر غذایی، برگ‌های جمع‌آوری شده خشک و به وسیله آسیاب برقی پودر گردید و نهایتاً به روش هضم توسط اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک، آب اکسیژنه و سلنیم، عصاره آنها تهیه شد. درصد نیتروژن با استفاده از روش تیتراسیون بعد از تقطیر و به کمک دستگاه کجل‌تک اتوآنالیزر (Bremner and Mulvaney, 1982)، مقدار فسفر با استفاده از روش رنگ‌سنجی (رنگ زرد مولیبدات- وانادات) و با دستگاه اسپکتروفتومتر و عناصر کم مصرف آهن، مس، روی، منگنز با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند، میزان پتاسیم با استفاده از روش نشر شعله‌ای و به کمک دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد (Emami, 1996). برای انجام آزمایش از گلدان‌هایی به حجم ۲ کیلوگرم با قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر استفاده شد.

اندازه گیری‌ها در ۲ مرحله رویشی و زایشی انجام شد. تجزیه داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

اجزای عملکرد

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) مشاهد می‌گردد که کاربرد توام و به تنهایی کودهای آلی و بیولوژیک بر ارتفاع بوته و تعداد برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد کاربرد توام کودهای آلی و بیولوژیک باعث افزایش ارتفاع بوته و تعداد برگ نسبت به شاهد شد. بیشترین تعداد برگ و ارتفاع بوته به‌ترتیب (۴۲/۴۷ عدد و ۴۸/۹۷ سانتی‌متر) از تیمار کاربرد چای کمپوست، عدم کاربرد ورمی‌کمپوست و همزیستی میکوریزایی حاصل شد (جدول ۵). همچنین، در این دو صفت کمترین مقدار در تیمار شاهد به‌دست آمد. راتی و همکاران (Ratti *et al*., 2001) نشان دادند که همزیستی میکوریزایی موجب بهبود قابل ملاحظه ارتفاع گیاه دارویی علف لیمو گردید. ورمی کمپوست دارای ظرفیت بالای نگهداری آب و مواد غذایی مناسب می‌باشد و از نیتروژن کافی برخوردار است، این موضوع می‌تواند باعث افزایش سطح برگ‌ها و میزان کلروفیل گیاه شود. افزایش میزان برگ باعث افزایش میزان جذب نور و افزایش میزان تولید خواهد شد که باعث افزایش شاخ و برگ و همچنین اندام‌های هوایی گیاه و در نتیجه ارتفاع بوته می‌گردد (Nemati Darbandi *et al*., 2014). نتایج گوتی‌ریز میسلی و همکاران (Gutie´rrez-Miceli *et al*., 2008) نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش تعداد برگ در مقایسه با شاهد شد. نعمتی و همکاران (Nemati *et al*., 2013) نشان دادند کودهای زیستی تعداد برگ در بوته گوجه‌فرنگی را به‌طور معنی‌دار افزایش داد.

سطح‌برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۳) نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست و همزیستی میکوریزایی بر سطح برگ تاثیر معنی‌دار داشت ($P<0.01$). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها تمام تیمارهای کودی در مقایسه با شاهد سطح برگ را افزایش دادند. در این بین بیشترین و کمترین مقدار سطح برگ به‌ترتیب مربوط به تیمارهای عدم کاربرد ورمی‌کمپوست، همزیستی میکوریزایی، کاربرد چای کمپوست با ۲۰۷/۹۳ سانتی‌متر مربع و شاهد با ۵۲/۶۳ سانتی‌متر مربع بود (جدول ۵). نتایج این تحقیق با نتایج نعمتی دربندی و همکاران (Nemati Darbandi *et al*., 2014) و کوزه‌گر کالجی و اردکانی (Koozehgar Kaleji and Ardakani, 2019) که افزایش سطح برگ بادرنجبویه و زولنگ را در اثر محلول‌پاشی ورمی‌واش گزارش کردند، مطابقت دارد. امیری و همکاران (Amiri *et al*., 2013) بیان کردند کودهای بیولوژیک روی میزان سطح برگ گندم اثر مثبت داشته‌اند. در تحقیقی دیگر بیاری و همکاران (Biari *et al*., 2011) در گیاه ذرت و زاید و همکاران (Zaied *et al*., 2007) در گیاه چغندرقند اعلام کردند که کاربرد مایه تلقیح ازتوباکتـر و آزوسپیریلوم بر سطح برگ تأثیر معنی‌دار داشته است.

تعداد گل و قطر گل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۳) نشان داد که کاربرد توام و به تنهایی میکوریزا، ورمی‌کمپوست و چای کمپوست و اثرات

متقابل آنها بر تعداد گل و قطر گل در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود ولی تیمار چای کمپوست و برهم کنش سه گانه بر قطر گل تاثیری نداشت (جدول ۳). بیشترین تعداد و قطر گل به‌ترتیب (۶۳/۹۰ عدد و ۳/۱۳ میلی‌متر) از تیمار همزیستی میکوریزایی، عدم کاربرد چای کمپوست، کاربرد ورمی‌کمپوست (جدول ۶) و کمترین آنها از تیمار همزیستی میکوریزایی، کاربرد ورمی‌کمپوست معادل ۱۱/۶۷ عدد و ۲/۱۲ میلی‌متر از تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۴). تهامی زرندی و همکاران (Tahami Zaranadi *et al*., 2010) تأثیر مثبت کودهای آلی و بیولوژیک را در افزایش تعداد گل آذین و تعداد چرخه گل در ریحان را گزارش و افزایش گلدهی در این تحقیق، به بهبود جذب آب و تغذیه گیاه که در اثر هم زیستی میکوریزایی حاصل گردیده بود، نسبت داده شد. با مصرف ورمی‌کمپوست تعداد گل در بوته سرخارگل نیز افزایش یافت (Razvinia *et al*., 2015). طاهر و همکاران (Taher *et al*., 2013) بیان کردند باکتری‌های حل کننده فسفات بر قطر گلچه گل مریم معنی‌دار بود. نتایج پژوهش کوزه‌گر کالجی و اردکانی (Koozehgar kaleji and Ardakani, 2017) نیز نشان داد که کاربرد چای کمپوست، ورمی‌کمپوست و همزیستی میکوریزایی باعث افزایش قطر گل در گیاه نعنای آبی گردید.

تعداد بذر در بوته و وزن هزار دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که کاربرد توام و به تنهایی میکوریزا، ورمی‌کمپوست و چای کمپوست و اثرات متقابل آنها بر تعداد بذر در بوته و وزن هزار دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد بیشترین تعداد بذر در بوته (۳۵/۳۰) مربوط به تیمار همزیستی میکوریزایی، عدم کاربرد چای کمپوست، کاربرد ورمی‌کمپوست و بیشترین وزن هزار دانه (۱/۱۰ گرم) مربوط به تیمار کاربرد چای کمپوست، همزیستی میکوریزایی و کاربرد ورمی‌کمپوست بود (جدول ۵). خرمدل و همکاران (Khoramdel *et al*., 2010) بیان کردند تلقیح با باکتری‌های محرک رشد و میکوریزا بر تعداد دانه در گیاه سیاه دانه معنی‌دار بود. بیگناه و همکاران (Bigonah *et al*., 2015) عنوان نموده‌اند کودهای بیولوژیک و ورمی‌کمپوست باعث افزایش عملکرد دانه در گیاه گشنیز شد.

پارامترهای ریشه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) مشاهده می‌گردد که کاربرد توام و به تنهایی کودهای آلی و بیولوژیک بر طول ریشه، وزن خشک ریشه و قطر ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود ولی اثر متقابل دو گانه چای کمپوست و ورمی‌کمپوست در وزن خشک ریشه و کاربرد چای کمپوست و برهم کنش سه گانه بر قطر ریشه تاثیری نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین میزان قطر ریشه (۶/۹۰ میلی‌متر) از تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست، همزیستی میکوریزایی (جدول ۴) و بیشترین طول ریشه (۸/۷۰ سانتی‌متر) از تیمار همزیستی میکوریزایی، عدم کاربرد چای کمپوست، ورمی کمپوست (جدول ۵) و بیشترین وزن خشک ریشه (۳/۷۶ گرم) از تیمار عدم کاربرد ورمی‌کمپوست، چای کمپوست، همزیستی میکوریزایی (جدول ۵) حاصل شد. همچنین، در تمام صفات اشاره شده کمترین مقدار در تیمار شاهد به‌دست آمد. همچنین، تلقیح گیاه آویشن با دو گونه قارچ میکوریزا *G. intraradices* و *G. mosseae* سبب افزایش ۲/۵ برابری وزن خشک ریشه نسبت به

تیمار شاهد شد (Azimi *et al*., 2014). طبق گزارش سامیران و همکاران (Samiran *et al*., 2010) طول ریشه گیاه لوبیا در حضور ورمی کمپوست افزایش یافت. همچنین، در مطالعه‌ای دیگر مشاهده گردید که کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار قطر ریشه و وزن خشک ریشه گیاه گوجه‌فرنگی شد (Abrishamchi *et al*., 2014).

درصد و عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد میکوریزا و چای کمپوست و ورمی‌کمپوست سبب افزایش میزان اسانس و عملکرد اسانس نسبت به شاهد شد و اثرات متقابل آنها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود ولی کاربرد چای کمپوست بر درصد اسانس و برهم کنش متقابل دوگانه کاربرد چای کمپوست، ورمی‌کمپوست بر عملکرد اسانس تاثیری نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه نشان داد بیشترین و کمترین درصد و عملکرد اسانس به‌ترتیب با ۰/۷۳درصد از تیمار همزیستی میکوریزایی، عدم کاربرد چای کمپوست، ورمی‌کمپوست و ۳/۳۵ گرم در گلدان از تیمار همزیستی میکوریزایی، کاربرد چای کمپوست، ورمی‌کمپوست و ۰/۲۴درصد و ۰/۵۴ گرم درگلدان از تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۵). نتایج کاپور و همکاران (Kapoor *et al*., 2004) نشان داد که همزیستی ریشه رازیانه با دو گونه از قارچ‌های میکوریزا وزیکولار آرباسکولار باعث افزایش بهبود میزان اسانس و کیفیت آن می‌شود. درزی و همکاران (Darzi *et al*., 2009) گزارش کردند که ورمی‌کمپوست باعث افزایش درصد اسانس رازیانه شد و با افزایش مقدار ورمی کمپوست میزان اسانس نیز افزایش نشان داد. مونا و همکاران (Mona *et al*., 2008)، در تحقیقات خود به تاثیر مثبت ورمی‌کمپوست در افزایش اسانس در گیاه رازیانه، دست یافتند. با توجه به اینکه عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و وزن خشک می‌باشد لذا هر گونه افزایش در این دو، می‌تواند منجر به افزایش عملکرد اسانس تولیدی گردد.

وزن خشک بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کاربرد میکوریزا، ورمی‌کمپوست و چای کمپوست و برهم کنش‌های دوگانه و سه گانه آنها بر وزن خشک بوته تاثیر معنی‌دار ($P<0.01$) داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین برهم کنش سه گانه نشان داد که کاربرد کودهای آلی و بیولوژیک باعث افزایش وزن خشک بوته نسبت به شاهد شد که بیشترین و کمترین وزن خشک بوته مربوط به تیمارهای کاربرد چای کمپوست، عدم استفاده از ورمی‌کمپوست، همزیستی میکوریزایی به میزان ۳/۰۷ گرم و شاهد ۰/۵۴ گرم بود (جدول ۵). در پژوهشی دیگر مشاهد گردید کاربرد کودهای بیولوژیک و ورمی‌کمپوست باعث افزایش وزن خشک گیاه گشنیز شد (Bigonah *et al*., 2015). فرزانه و همکاران (Farzaneh *et al*., 2009) گزارش کردند تلقیح بذور نخود با میکوریزا وزن خشک کل را به میزان ۴۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. آنان دلیل این موضوع را افزایش طول تارهای کشنده ریشه و هیف‌های قارچ ذکر کردند و با افزایش رشد ریشه، تجمع ماده خشک با تلقیح میکوریزا بهبود می‌یابد.

عناصر غذایی موجود در بادرنجبویه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۶) نشان داد که اثر تیمارهای مختلف کودی تاثیر معنی‌داری بر عناصر غذایی گیاه بادرنجبویه داشت ($P<0.01$). نتایج مقایسه میانگین نشان داد کاربرد

کودهای آلی و همزیستی میکوریزایی به‌طور قابل توجهی باعث افزایش عناصر غذایی در گیاه بادرنجبویه شدند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین میزان مس، منگنز، آهن به‌ترتیب ۲۰/۸، ۶۲/۱ و ۶۲۱/۸ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) از تیمار ورمی‌کمپوست و بیشترین میزان منیزیم ۱/۰۱ ٪ از تیمار محلول‌پاشی چای کمپوست و بیشترین میزان روی و کلسیم به‌ترتیب ۳۱ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ۲/۶۹ ٪ از تیمار میکوریزا به‌دست آمد و کمترین میزان از تیمار شاهد حاصل گردید. همچنین، بیشترین و کمترین میزان نیتروژن به ترتیب در تیمار کاربرد چای کمپوست ۲/۳۹٪ و شاهد ۰/۶۲٪ بود، همچنین بیشترین و کمترین میزان فسفر به ترتیب در تیمار میکوریزا ۱۹٪ و شاهد ۱۱٪ بود (جدول ۷). نتایج این پژوهش با نتایج کوزه‌گر کالجی و همکاران (Koozehgar Kaleji *et al*., 2018) که افزایش جذب عناصر غذایی نعنای آبی را در اثر محلول‌پاشی ورمی‌واش گزارش کردند، مطابقت دارد. نتایج سجدی و رجالی (Sajdi and Rejali, 2011) نشان داد که اثر تلقیح قارچ میکوریزا بر غلظت آهن، منگنز، مس و بر در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. عزیزی و همکاران (Azizi *et al*., 2005) با بررسی تأثیر مثبت سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر بهبود وضعیت جذب عناصر اصلی نیتروژن، فسفر و پتاسیم اظهار نمودند که ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش بر میزان مواد مؤثره ریحان مؤثر است. عطیه و همکاران (Atiyeh *et al*., 2002) گزارش کردند چای کمپوست حاوی اسید هیومیک می‌باشد که باعث بهبود فراهمی عناصر غذایی خاص به‌ویژه روی و آهن می‌شود. عامل اصلی افزایش قابلیت جذب روی در نتیجه مصرف پسماندهای آلی، تشکیل کمپلکس‌های آلی گزارش شده است.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این بررسی چنین استنباط می‌شود که کاربرد توام میکوریزا، چای کمپوست و ورمی‌کمپوست موجب افزایش (سطح برگ، وزن خشک بوته، درصد و عملکرد اسانس، ارتفاع بوته) شده است. در واقع این افزایش عملکرد و اجزای آن در زمان استفاده از همزیستی میکوریزایی و کاربرد ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی چای کمپوست می‌تواند ناشی از افزایش مواد غذایی نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر غذایی کم مصرف و وجود جمعیت‌های میکروبی در خاک یا ریزوسفر باشد که به‌وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل دسترس ساختن آنها که از طریق تولید میسیلیوم‌های قارچ که سبب افزایش جذب مواد غذایی توسط ریشه و در نتیجه باعث افزایش رشد گیاه بادرنجبویه شد که آن نیز نشان از بهبود فعالیت‌های میکروبی مفید خاک در شرایط مطالعه دارد، لذا با انجام آزمایش‌های تکمیلی می‌توان تاثیر همزیستی میکوریزایی و کاربرد ورمی کمپوست و چای کمپوست را در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان دیگر انتظار داشت، به طورکلی، نتایج این آزمایش نشان داد که ترکیب نظام‌های کم نهاده و اکولوژیک و تلقیح توام میکوریزا و کاربرد ورمی‌کمپوست و چای کمپوست می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی و نظام‌های پر نهاده باشد.

جدول ۱ - نتایج تجزیه کود ورمی کمپوست و چای کمپوست

Table 1- Analysis of fertilizer vermicompost and compost tea

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Ec	درصد کربن آلی OC (%)	درصد ماده آلی OM (%)	درصد نیتروژن N (%)	درصد پتاسیم K (%)	درصد فسفر P (%)	درصد کلسیم Ca (%)	درصد منیزیم Mg (%)	آهن Iron ppm	روی Zinc ppm	منگنز Mn ppm	مس Cu ppm
6.35	1.2	11.7	20.17	1.55	3.9	2.2	4.09	0.15	1981	266	79.3	22

جدول ۲- خصوصیات فیزیک وشیمیایی خاک

Table 2- Physical and chemical characteristics of soil

عمق depth (cm)	هدایت الکتریکی EC (dS.m-1)	اسیدیته کل اشباع pH Paste	درصد مواد خنثی شونده T.N.V (%)	ماده آلی OM (%)	فسفر (ppm) Phosphorus (ppm)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	پتاسیم (ppm) Potassium (ppm)	کربن آلی OC (%)	بافت Texture
0-30	0.54	7.63	27	3.27	5.3	0.20	296	2.9	L

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده بادرنجبویه

Table 3- Analysis of variance measured traits in *Melissa officinalis*

S.O.V. منابع تغییرات	df درجه آزادی	Leaf number تعداد برگ	Leaf area سطح برگ	plant dry weight وزن خشک بوته	Plant height ارتفاع بوته	Seed number per plant تعداد دانه در بوته	1000 seed weight وزن هزار دانه	Flower number تعداد گل	Flower diameter قطر گل
Replication تکرار	3	0.05	32.79	0.009	1.68	4.34	0.0003	3.18	0.009
T	1	76.57^{**}	433.39^{**}	4.04^{**}	451.50^{**}	1673.1^{**}	0.018^{**}	1172.49^{**}	0.0003^{ns}
V	1	27.56^{**}	438.58^{**}	0.23^{**}	112.50^{**}	1132.9^{**}	0.018^{**}	1834.66^{**}	0.30^{**}
M	1	2202.8^{**}	4474.09^{**}	7.88^{**}	1407.15^{**}	6635.2^{**}	0.029^{**}	2236.13^{**}	5.36^{**}
T.V	1	148.35^{**}	32623.4^{**}	1.37^{**}	533.01^{**}	1987.4^{**}	0.010^{**}	141.54^{**}	0.34^{**}
T.M	1	365.17^{**}	4063.46^{**}	3.13^{**}	288^{**}	5444.7^{**}	0.018^{**}	2088.19^{**}	0.09^{*}
V.M	1	305.66^{**}	5612.78^{**}	1.38^{**}	55.65^{**}	959.3^{**}	0.018^{**}	293.42^{**}	0.22^{**}
V.T.M	1	126.80^{**}	43454.5^{**}	0.23^{**}	55.65^{**}	513.5^{**}	0.010^{**}	76.57^{**}	0.007^{ns}
Error خطا	21	0.10	2.64	0.01	1.27	2.22	0.0006	3.004	0.01
C.V. (%) ضریب تغییرات		1.20	1.28	8.62	3.28	1.89	2.40	4.77	4.43

ns ، *و**: به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

^{ns}, * and**:non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

(T چای کمپوست)، (V ورمی کمپوست)، (Mهمزیستی میکوریزایی)

ادامه جدول ۳-

Table 3- Continued

S.O.V. منابع تغییرات	df درجه آزادی	Root length طول ریشه	Root diameter قطر ریشه	Root dry weight وزن خشک ریشه	Essence (%) درصد اسانس	Essence yield عملکرد اسانس
Replication تکرار	3	0.003	0.05	0.003	0.0002	0.12
T	1	2.97**	0.49**	0.28**	0.004ns	0.93**
V	1	0.38*	6.41**	6.07**	0.03**	2.21**
M	1	12.41**	34.25**	10.37**	0.21**	20.49**
T.V	1	0.57**	0.31**	0.03ns	0.06**	0.27ns
T.M	1	4.06**	2.82**	0.56**	0.04**	0.093**
V.M	1	9.95**	3.87**	7.48**	0.19**	0.50**
V.T.M	1	2.79**	0.009ns	0.25**	0.06**	0.93**
Error خطا	21	0.05	0.01	0.01	0.001	0.007
C.V. (%) ضریب تغییرات		3.52	2.09	3.77	6.21	4.28

ns ، *و**: به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and**:non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

(T چای کمپوست)، (V ورمی کمپوست)، (Mهمزیستی میکوریزایی)

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل دو گانه بر صفات مورد آزمون بادرنجبویه

Table 4- Interaction comparison of dual on evaluated traits *Melissa officinalis*

تیمار Treatment	قطر گل Flower diameter (mm)	قطر ریشه Root diameter (mm)	تیمار Treatment	قطر گل Flower diameter (mm)	قطر ریشه Root diameter (mm)	تیمار Treatment	قطر گل Flower diameter (mm)	قطر ریشه Root diameter (mm)
V_0T_0	2.51c	5.34c	V_0M_0	2.25b	4.55d	T_0M_0	2.12c	3.93d
V_0T_1	2.91a	6.43a	V_0M_1	3.17a	7.22a	T_0M_1	3.11a	6.70b
V_1T_0	2.72b	5.29c	V_1M_0	2.36b	4.90c	T_1M_0	2.48b	5.52c
V_1T_1	2.71b	5.99b	V_1M_1	3.07a	6.37b	T_1M_1	3.13a	6.90a

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون توکی، در سطح احتمال 5% اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column, fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level- using Tukey test.

(M_0,T_0,V_0): شاهد، (V_1): ورمی کمپوست، (T_1): چای کمپوست، (M_1): همزیستی میکوریزایی

Control, (V_1): vermi compost, (T_1): compost tea, (M_1): mycorrhizal symbiosis: (M_0,T_0,V_0)

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه کاربرد چای کمپوست، ورمی‌کمپوست و همزیستی میکوریزا بر صفات بادرنجبویه

Table 5- Mean comparison of triple interaction effect mycorrhizal symbiosis and use compost tea and vermi compost on evaluated traits *Melissa officinalis*

تیمار Treatment	تعداد برگ Leaf number	سطح برگ Leaf area (Cm^2)	وزن خشک بوته Plant dry weight (g)	ارتفاع بوته Plant high (cm)	تعدادگل Flower number	وزن هزار دانه 1000 seed weight (g)	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	درصد اسانس Essence present (%)	طول ریشه Root length (cm)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	عملکرد اسانس Essence yield ($g.pot^{-1}$)
$T_0V_0M_0$	12.30f	52.63h	0.54e	22.67e	11.67f	0.90b	35.30f	0.24d	5.04d	1.21d	0.54e
$T_0V_0M_1$	32.30c	115.41e	1.15c	26.75d	53.70b	1.10a	109.15b	0.73a	8.70a	3.76a	2.62b
$T_0V_1M_0$	28.62d	189.49b	1.02cd	31.40c	40.17c	1.07a	81.92c	0.64b	7.23b	3.29b	1.60b
$T_0V_1M_1$	28.30d	156.66c	1.15c	41.85b	63.90a	1.10a	117.85a	0.63b	7.48b	3.55a	2.50c
$T_1V_0M_0$	16.92e	207.93a	0.86d	31.80c	23.02e	1.07a	70.70e	0.48c	6.00c	1.53c	1.05d
$T_1V_0M_1$	42.47a	74.74f	3.07a	48.97a	26.55e	1.10a	76.35d	0.63b	7.06b	3.19b	2.67b
$T_1V_1M_0$	16.67e	64.23g	0.87d	25.30de	36.92cd	1.10a	69.77e	0.51c	6.48c	3.13b	1.55c
$T_1V_1M_1$	37.82b	136.13d	1.90b	46.65a	34.52d	1.10a	69.55e	0.53c	6.48c	3.21b	3.35a

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال 5% اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column, fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level- using Tukey test.

(M_0,T_0,V_0): شاهد، (V_1): ورمی کمپوست، (T_1): چای کمپوست، (M_1): همزیستی میکوریزایی

(M_0,T_0,V_0): Control, (V_1): vermi compost, (T_1): compost tea, (M_1): mycorrhizal symbiosis

جدول ۶- تجزیه واریانس محتوای مواد مغذی کود بیولوژیک و منبع آلی در گیاه بادرنجبویه

Table 6- Analysis of variance of nutrients content of biofertilizers and organic source of *Melissa officinalis*

S.O.V. منابع تغییرات	df درجه آزادی	N نیتروژن	P فسفر	K پتاسیم	Mg منیزیم	Fe آهن	Zn روی	Cu مس	Mn منگنز	Ca کلسیم
Replication تکرار	3	0.002	0.0001	0.0007	0.0003	4.53	0.17	0.39	0.62	0.0004
T	1	2.78**	0.006**	20.15**	0.94**	83476.2**	168.21**	4.69**	115.15**	0.004**
V	1	4.80**	0.001**	14.57**	0.28**	387873.3**	47.52**	253.41**	3188.03**	0.004**
M	1	0.001*	0.010**	9.49**	0.03**	109439.5**	953.48**	28.78**	108.39**	4.25**
Error خطا	8	0.0001	0.00003	0.009	0.0004	11.98	0.36	0.40	0.86	0.0002
ضریب تغییرات C.V. (%)		0.79	3.69	2.99	3.61	0.87	3.54	4.80	2.80	1.05

ns ، *و**: به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and**:non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

(T چای کمپوست)، (V ورمی کمپوست)، (Mهمزیستی میکوریزایی)

جدول ۷- مقایسه میانگین محتوای مواد مغذی کود بیولوژیک و منبع الی در گیاه بادرنجبویه

Table 7- Mean comparison of nutrients content of biofertilizers and organic source of *Melissa officinalis*

Treatments تیمار	N (%) نیتروژن	P (%) فسفر	K (%) پتاسیم	Cu ($mgkg^{-1}$) مس	Zn ($mgkg^{-1}$) روی	Mn ($mgkg^{-1}$) منگنز	Fe ($mgkg^{-1}$) آهن	Mg (%) منیزیم	Ca (%) کلسیم
V	1.92b	0.14c	3.81b	20.8a	11.2c	62.1a	621.8a	0.67b	1.11b
T	2.39a	0.17b	4.32a	10.4c	17.5b	26.4b	359.8c	1.01a	1.11b
M	0.57d	0.19a	3.24c	13.7b	31a	25.8b	395.5b	0.43c	2.69a
Control شاهد	0.62c	0.11d	0.79d	8.2d	7.7d	17.3c	136.4d	0.24d	1.01c

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون توکی، در سطح احتمال 5% اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column, fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level- using Tukey test.

(V ورمی کمپوست، ۱۰٪ حجم گلدان، 10% of each pot)، (T چای کمپوست، ۱/۵ لیتر، 1.5 liters)، (M همزیستی میکوریزایی، ۱۰٪ حجم گلدان 10% of each pot)

References منابع مورد استفاده

- Abdul-Jaleel, C., P. Manivannan, B. Sankar, A. Kishorekumar, R. Gopi, R. Somasundaram, and R. Panneerselvam. 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 60: 7–11.
- Abrishamchi, P., A. Ganjali, A. Bey K khurmyzi, and A. Avan. 2014. The effect of vermicompost on germination and seedling growth of tomato varieties. *Agriculture, Science and Technology*. 27(4): 383-393.
- Amiri, M.B., P. Resvani Moghadam, R. Ghorbani, J, Falahi, R. Dihimfard, and F. Flahpor. 2013. By seed inoculation effects of biofertilizers on growth characteristics and cultivars in the green In greenhouse. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 11(1): 64-72. (In Persian).
- Arancon, N.C., A. Edwards, P. Bierman, C. Welch, and J.D. Metzger. 2004. Influences of vermin composts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology*. 93: 145-153.
- Atiyeh, R.M., S. Lee, C.A. Edwards, N.Q. Arancon, and J.D. Metzger. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*. 84: 7-14.
- Azimi, R., M. Jangjo, and H.M. Asghari. 2014. The effect of mycorrhizal fungi inoculation on the establishment of morphological characteristics of primary and thyme herbs in natural areas. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 11(4): 666-676.
- Azizi, M., F. Rezwanee, M. Hassanzadeh Khayat, A. Lackzian, and H. Neamati. 2008. The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological properties and essential oil content of German chamomile (*Matricaria Chamomilla* L.) C.V.Goral. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 24(1): 82-93. (In Persian).
- Azizi, M., M. Baghani, A. Lakzian, and H. Aroei. 2005 .Effect of vermicompost and vermiwash foliar application on morphological characters and active ingredients content basil (*Ocimum basilicum*). *Journal of Agricultural Science and Technology*. 21(2): 41-52. (In Persian).
- Bahtiyarca Bagdat, R., B. Cosge, and G. Tarihi. 2006. The essential oil of lemon balm (*Melissa officinalis*), its components and using fields. *Journal of the Faculty of Agriculture.* 21: 116- 121.
- Biari, A., A. Gholami, and H. Rahmani. 2011. Effect of Different plant growth promotion bacteria (Azotobacter, Azospirillum) on growth parameters and Yield of maize. *Journal of Water and Soil*. 25: 1-10.
- Bigonah, R., P. Rezvani Moghadam, and M. Jahan. 2015. Effect of different fertilizer management on certain quantitative and qualitative properties of medicinal plants *Coriandrum sativum* L. Iranian Journal of Field Crops Research Vol. 12, No. 4, Winter. p. 574-581.

- Bremner, J.M., and C.S. Mulvaney. 1982. Methods of soil analysis, chemical and microbiological properties. 595-624.
- Copetta, A., G. Lingua, and G. Berta. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. *Genovese. Mycorrhiza*.16: 485-494.
- Darzi, M.T., A. Ghalavand, and F. Rajali. 2008. Study the effects of mycorrhiza, vermicompost and biophosphate on flowering, biological yield and colonization of *Foeniculum vulgar* MiLL. *Journal of Iraniann Crop Science*. 10(1): 88-109. (In Persian).
- Darzi, M.T., A. Ghalavand, F. Rajali, and F. Sefidkan. 2006. Study the effects of biofertilizers on yield and yield components of *Foeniculum vulgar* MiLL. *Journal of Iranian Medicinal and Aromatic Plants*. 22(4): 276-292. (In Persian).
- Darzi, M.T., A. Ghalavand, F. Sefidkon, and F. Rejali. 2009. The effects of mycorrhiza, vermicompost and phosphatic biofertilizer application on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 24: 396-413. (In Persian).
- Emami, A. 1996. In the description of methods of analysis, Volume I, No. 982 technical publications. Soil Research Institute and Water p,91-128. (In Persian).
- Ezzati, C. 2002. The effect of density on yield and Melissa active ingredient. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 24(4): 396-413. (In Persian).
- Farzaneh, M., S. Wichmann, H. Vierheilig, and H.P. Kaul. 2009. The effects of arbuscular mycorrhiza and nitrogen nutrition on growth of chickpea and barley. *Germany Journal of Agronomy*. 13: 15-22.
- Gupta, M.L., A. Prasad, M. Ram, and S. kumar. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. *Bioresource Technology*. 81: 77-79.
- Gutie´rrez-Miceli, F.A., B. Moguel-Zamudio, M. Abud-Archila, and L. Dendooven. 2008. Sheep manure vermin compost supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. *Bioresource Technology*. 99:7020–7026.
- Jesus, D.L. 2003. Effect of artificial polyploidy in transformed roots of *Artemisia annua* L. A MSc Thesis in Biotechnology of Woreester Polytechnic Institute, 111p.
- Kapoor, R., B. Giri, and K.G. Mukerji. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology.* 93: 307–311.
- Khoramdel, S., A. Kochaki, M. Nasiri-Mahalati, and R. Gorbani. 2010. The effects of biofertilizers on yield and yield components (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Agricultural Research.* 8(5): 768-770. (In Persian).

- Koozehgar Kalegi, M., and M.R. Ardakani. 2019. Effects of organic fertilizers application on yield and yield components of *Eryngium caeruleum* M. Bieb. Affected by mycorrhizal symbiosis. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants.* 34(6): 924-935.
- Koozehgar Kaleji, M., M.R. Ardakani, N.Khodabandeh, and M. Alvi Fazel. 2018. Effects of mycorrhizal symbiosis along with vermicompost and tea compost on quantity and quality yield of *Mentha aquatic* L. *Journal of Crop Ecophysiology*. 12(3):461-476.
- Koozehgar Kaleji, M., M.R. Ardakani. 2017. Effects of vermicomposting and compost tea on nitrogen, phosphorus, and potassium yield and uptake of *Mentha aquatic* L. inoculated with mycorrhizal fungi *Glomus moseae. Journal of Crop Eco-physiology.* 11(44): 10-19.
- Mona, Y., A.M. Kandil, and M.F. Swaefy Hend. 2008. Effect of three different compost levels on fennel and alvia growth character and their essential oils. *Biological Sciences*. 4: 34-39.
- Nemati Darbandi, H., M. Azizi, S. Mohamadi, and S. Karimpor. 2014. The effect of spraying with different concentrations of vermicompost (Vermiwash) on the morphological traits, yield and percentage of essential oil of *Melissa officinalis.* *Journal of Horticultural Science*. 27(4): 411-417.
- Nemati, A., A. Golchin, and H. Besharati. 2013. The impact of bio-fertilizers on yield, growth and plant macronutrients concentration of tomato under cadmium stress. *Journal of Soil Biology*. 1(2): 145-157.
- Quaik, S., A. Embrandiri, P.F. Rupani, R.P. Singh, and M.H. Ibrahim. 2012. Effect of vermiwash and vermicomposting leachate in hydroponics culture of indian borage (*Plectranthus ambionicus*) plantlets. UMT 11th International Annual Symposium on Sustainability Science and Management. 210-214.
- Rahmatpor, S., H.A, Alikhani, and H.M.S. Hosseini. 2013. Foliar spray Vermiwash effect on growth and performance *Triticum aestivum* and absorption of zinc, iron and phosphorus in the grain. *Journal of Soil and Water Research*. 44(2): 203-211.
- Ratti, N., S. Kumar, H.N. Verma, and S.P. Gautam. 2001. Improvement in ioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. motia by rhizobacteria, AMF and azospirillum inoculation. *Microbiological Research*. 156(2): 145-149.
- Razvinia, M.S., M. Agha alikhani, and H.S. Naghadbadi. 2015. The effect of vermicompost manure and chemical fertilizer on quantitative and qualitative characteristics (*Echinacea purpurea* (L.) Moench). *Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 31(2): 357-373. (In Persian).
- Sajdy, N., and F. Rejali. 2011. The use of mycorrhizal inoculation effect of drought stress on the absorption of micronutrients in corn. *Research Journal of Soil Science and Water*. 25(2): 83-92.
- Saleh Rastin, N. 2001. Biofertilizers and their role in order to reach to sustainable agriculture. A compilation of papers of necessity for the production of biofertilizers in Iran. 1-54 pp. (In Persian).

- Samiran, R., A. Kusum, K.D. Biman, and A. Ayyanadar. 2010. Effect of organic amendments of soil on growth and productivity of three common crops viz. *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris* and *Abelmoschus esculentus*. *Applied Soil Ecology*. 45:78-84.
- Sanchez, G.E., G.C. Carballo, and G.S.R. Ramos. 2008. Influence of organic manures and biofertilizers on the quality of two Plantaginaceae: *Plantago major* L. and *Plantago lanceolata* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*.13(1): 12- 15.
- Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India. 407 pp.
- Sivasubramanian, K., and M. Ganeshkumar. 2004. Influence of vermiwash on the biological productivity of marigold. *Madras Agriculture Journal*. 91(4-6): 221-225.
- Tahami Zarandi, S.M.K., P. Rezvani Moghaddam, and M. Jahan. 2010. Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of Basil (*Ocimum basilicum* L.) *Journal of Agroecology*. 2(1): 70-82.
- Taher, T., A. Golchin, S. Shafiei, and S. Sayfzadeh. 2013. Effect of nitrogen and phosphate solubilizing bacteria on growth and quantitative traits of tuberose (*Polianthes tuberose* L.). *Journal of Science and Technology, Greenhouse Culture*. 4(16): 41-50. (In Persian).
- Zaied, K.A., A.H. Abd El-Hady, A.E. Shrief, E.H. Ashour, and M.A. Nassef. 2007. Effect of horizontal DNA transcienfer in azospirillum and azotobacter strain on biological and biochemical traits of non-legume plants. *Journal of Applied Science and Research*. 3(1): 73-86.

Research Article DOI: 10.30495/jcep.2020.679067

Effects of Mycorrhizal Symbiosis and the Use of Organic Fertilizers, Vermicompost and Tea Compost on Quantitative and Qualitative Yield of *Melissa officinalis*

Mostafa Koozehgar kaleji [1*], Mohammad Reza Ardakani[2], and Mojtaba Alavi Fazel [3]

Received: April 2018 , Revised: 11 October 2018, Accepted: 3 December 2018

Abstract

Melissa officinalis L. (Lamiaceae) is a well-known herb used to give fragrance to different food and beverage products. It has also been used as a medicinal plant for the treatment of headaches, gastrointestinal disorders, nervousness, and rheumatism. To study the effect of organic fertilizers and mycorrhizal symbiosis on yield components percentage of essences *Melissa officinalis*, factorial experiment in a randomized complete block design with 8 treatments and 4 replications was conducted in Sari, in 2014. The experimental treatments were mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae*) with two levels (0, 10% of each pot), vermicompost with two levels (0 ،10% of each pot) and compost tea with two levels (0, 1.5 liter for pots marked). Traits measured were leaf area, plant high, number of seeds per plant, 1000 seed weight, and essence content. The results showed that organic fertilizer and mycorrhizal symbiosis treatments had a significant effect on all traits as compared to the control. Highest leaf area produced by the use of tea compost (207.93 cm^2) and lowest from control treatment (52.63 cm^2). Highest plant dry weight due to tea compost treatment along with mycorrhizal symbiosis (3.07 g) and lowest from control treatment (0.51 g). Highest essence percent was produced by mycorrhizal symbiosis treatment (0.73 %) and lowest from control treatment (0.23 %). It seems that increase in traits under study was due to the beneficial effects of organic fertilizers and mycorrhizal symbiosis of fungus used in this study.

Key words: Biofertilizer, Essence present, *Glomus mosseae*, Medicinal plant.

1- Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
2- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
3- Associate Professor, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
**Corresponding Author: mostafa.koozehgar@gmail.com*