



## اثر همزیستی میکوریزایی همراه با ورمی کمپوست و چای کمپوست بر عملکرد نعناع آبی (*Mentha aquatic L.*)

مصطفی کوزه‌گر کالجی<sup>۱\*</sup>، محمد رضا اردکانی<sup>۲</sup>، ناصر خدابنده<sup>۲</sup> و مجتبی علوی فاضل<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۴

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۱۰/۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۲۰

### چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای آلی و همزیستی میکوریزایی بر اجزای عملکرد و درصد اسانس نعناع آبی آزمایشی به صورت 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 و ۱۰ درصد حجم گلدان)، ورمی کمپوست در دو سطح (صفر و ۱۰ درصد حجم گلدان) و چای کمپوست در دو سطح (صفر و ۱/۵ لیتر برای هر گلدان) در نظر گرفته شدند. نتایج به دست آمده نشان داد که استفاده از کودهای آلی و همزیستی میکوریزایی به طور معنی دار باعث بهبود خصوصیات کمی و کیفی نعناع آبی می شود. تیمارهای کود آلی تاثیر معنی دار بر اغلب صفات مورد بررسی داشته و منجر به افزایش کلیه صفات در مقایسه با شاهد شدند. به طوری که، بیشترین مقادیر ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد دانه در بوته، وزن خشک بوته، طول ریشه، قطر ریشه، شاخص سطح برگ، درصد و عملکرد اسانس تحت تاثیر تیمار همزیستی میکوریزایی، کاربرد چای کمپوست، ورمی کمپوست و کمترین آنها در تیمار شاهد حاصل گردیدند. به طور کلی، کاربرد کودهای آلی و بیولوژیک در مقایسه با عدم مصرف آنها منجر به حصول عملکرد بالا در گیاه نعناع آبی گردید. در واقع این افزایش عملکرد در اثر کودهای آلی و بیولوژیک از طریق بهبود فعالیت تنظیم کننده های رشد گیاه و کاهش آبسویی عناصر موجود در خاک و فراهمی بیشتر جذب عناصر غذایی منجر به افزایش رشد گیاه شده و در نتیجه سبب افزایش اجزای عملکرد و درصد اسانس نعناع آبی گردیده است.

**واژگان کلیدی:** شاخص سطح برگ، عملکرد اسانس، کود آلی، کود بیولوژیک، نعناع.

۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران. \* نگارنده مسئول mostafa.koozehgar@gmail.com

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

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

## مقدمه

در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های 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 (Sharma, 2002). کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا تقلیل چشمگیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه‌حل مطلوب جهت غلبه بر این مشکلات به‌شمار می‌آید. کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت مترامم یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاک‌زی و یا به‌صورت 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)، که در این بین می‌توان به قارچ‌های میکوریزا، چای کمپوست و ورمی‌کمپوست اشاره کرد. قارچ‌های میکوریزا نقش مهمی در کارکرد پایدار اکوسیستم‌ها، به‌ویژه اکوسیستم‌های کشاورزی، ایفا می‌کنند (Cardoso and Kuyper, 2006). 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 میکروارگانیسم‌های مفید خاک 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). توجه عمده به کشت و

توسعه گیاهان دارویی در سطح جهان از اواسط دهه ۱۹۸۰ آغاز و موجب شد که تقاضای جهانی این محصولات به‌طور فزاینده‌ای افزایش یافته و سپس در کشورهای مختلف تحقیقات گسترده‌ای در زمینه کاشت، داشت و برداشت این دسته از گیاهان شروع شده و سطوح وسیعی از زمین‌های زراعی به کشت این گیاهان اختصاص یافت (Telci et al., 2006). *Mentha aquatica* معروف به اوجی متعلق به تیره‌ی *Labiatae* و جنس *Mentha* است. اوجی سبزی محلی بومی مناطق شمال کشور است که در حاشیه جریان آب‌های ملایم و کم عمق یافت می‌شود. برگ‌های این گیاه به‌عنوان سبزی خوراکی و عامل طعم دهنده مواد غذایی در شمال کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد. جنس *Mentha* در فلور ایران، ۶ گونه را به خود اختصاص داده است. گونه‌های این جنس به‌طور کلی تحت نام نعنا و پونه در ایران معروف است. گیاهان تیره‌ی نعنا به‌دلیل غنی بودن از ترکیبات فنولی توجه اکثر محققان را به خود جلب نموده‌اند. عامل اصلی بروز اثرات پاداکسایشی، ضد میکروبی و خواص دارویی گیاهان تیره‌ی نعنا ناشی از اسانس‌ها و اسیدهای فنولی آنها گزارش شده است (Kamkar et al., 2010; Sajadi et al., 2004). نتایج بررسی روی تأثیر میکوریزا بر رشد و نمو گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) نشان داد که کاربرد دو گونه از قارچ میکوریزا به نام‌های (*G. mosseae*, *G. caledonium*) سبب افزایش چشمگیر غلظت فسفر و عملکرد محصول گیاه شد (Toussaint et al., 2007). تحقیقات نشان داده است که افزایش رشد و عملکرد گندم با کاربرد قارچ‌های میکوریزایی (Daei et al., 2009) امکان‌پذیر است. عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2008) بیان کردند افزایش مصرف

کمپوست در ۲ سطح (صفر و ۱۰ درصد حجم گلدان) و چای کمپوست در ۲ سطح (صفر و ۱/۵ لیتر در گلدان) بودند. چای کمپوست در مرحله ۴-۵ برگی روی گلدان‌های مشخص شده اسپری گردید. برای انجام آزمایش از گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر استفاده شد. عملیات کاشت در آبان ۱۳۹۳ و به صورت گلدانی در شرایط طبیعی صورت گرفت. ابتدا در هر گلدان ۱۰ بذر به صورت سطحی روی خاک قرار گرفت و برای حصول تراکم مناسب، در مرحله ۴-۵ برگی (پس از استقرار کامل گیاه) بوته‌ها تنک و در نهایت در هر گلدان ۳ بوته نگهداری شد. پس از رشد بوته‌ها و اطمینان از استقرار آنها، آبیاری به صورت غرقابی و به طور مساوی هر ۲ روز یک بار انجام شد. عملیات داشت شامل آبیاری، تنک و وجین بود و در آذر ۱۳۹۴ گیاه برداشت شد. ورمی‌کمپوست و چای کمپوست با پایه کود دامی از شرکت شکوفاسازان 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. اندازه‌گیری‌ها در ۲ مرحله رویشی و زایشی انجام شد. به منظور اندازه‌گیری برخی صفات مورفولوژیک و همچنین درصد اسانس، برداشت اندام‌های رویشی صورت گرفت. بدین منظور، از هر گلدان دو بوته به طور تصادفی انتخاب و ارتفاع و تعداد انشعابات فرعی، تعداد برگ و تعداد گل آنها اندازه‌گیری گردید. در زمان رسیدگی صفات نهایی شامل وزن خشک بوته، تعداد دانه در هر بوته و وزن هزار دانه و پارامترهای ریشه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. بعد از خارج کردن کامل گیاه و جدا کردن ریشه‌ها، طول و قطر ریشه اندازه‌گیری و پس از خشک شدن ریشه به صورت

ورمی‌کمپوست باعث بهبود معنی‌دار ارتفاع بوته، عملکرد گل، طول و قطر نهج گردید. در پژوهشی دیگر روی گیاه دارویی رازیانه، ملاحظه شد که کاربرد ورمی‌کمپوست به صورت جداگانه و همراه با دیگر کودهای آلی، سبب بهبود عملکرد و کیفیت اسانس این گیاه شد (Moradi *et al.*, 2011). ورمی‌واش به عنوان عصاره ورمی‌کمپوست، مجموعه‌ای از مواد ترش‌حی و فضولات دفعی کرم خاکی همراه با عناصر ریزمغذی و مولکول‌های آلی خاک است که برای رشد گیاه مفید بوده و به صورت اسپری برگی به کار می‌رود (Nemati Darbandi *et al.*, 2014). در پژوهشی کاربرد ورمی‌واش (چای کمپوست)، ورمی‌کمپوست و میکوریزا در گیاه اناریچه سبب افزایش تعداد برگ، عملکرد اسانس و عملکرد وزن خشک برگ نسبت به تیمار شاهد گردید (Koozehgar Kaleji and Ardakani, 2017).

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 نعنای آبی 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 جغرافیایی ۵۳ درجه و ۶۳ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۸۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۳/۳ متر از سطح دریا با آب و هوای معتدل به صورت 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 درصد حجم گلدان)، ورمی

طبیعی به دور از نور خورشید نمونه‌ها وزن شد. پس از تعیین سطح برگ، شاخص سطح برگ نیز محاسبه گردید. 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 توسط سولفات سدیم، درصد، اسانس تعیین شد. جهت تعیین غلظت عناصر غذایی برگ‌های جمع‌آوری شده، خشک شده و پس از پودر کردن به‌وسیله آسیاب برقی نهایتاً به روش هضم توسط اسید سولفوریک، سالیسیک اسید، آب اکسیژنه و سلنیم، عصاره آنها تهیه شد. میزان درصد نیتروژن با استفاده از روش تیتراسیون بعد از تقطیر و با دستگاه کجلدال اتوانالیزر (Bremner and Mulvaney, 1982)، مقدار فسفر با استفاده از روش رنگ‌سنجی (رنگ زرد مولیبدات - وانادات) و به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر و عناصر کم مصرف آهن، مس، روی و منگنز با استفاده از دستگاه جذب اتمی و میزان پتاسیم با استفاده از روش نشر شعله‌ای و با دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شدند (Emami, 1996).

تجزیه داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS Ver. 9.1.3 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

### نتایج و بحث

#### شاخص سطح برگ (LAI)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که کاربرد کودهای آلی و همزیستی

میکوریزایی بر شاخص سطح برگ تاثیر معنی‌دار داشت ( $P < 0.01$ ). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها تمام تیمارهای کودی در مقایسه با شاهد شاخص سطح برگ را افزایش دادند. در این بین بیشترین و کمترین مقدار شاخص سطح برگ به ترتیب مربوط به تیمارهای عدم کاربرد چای کمپوست، کاربرد ورمی کمپوست و همزیستی میکوریزایی معادل ۲/۵۷ و شاهد معادل ۱/۲۲ بود. (جدول ۶). تهامی‌زرندی و همکاران (Tahami Zaranadi et al., 2014) بیان کردند کاربرد کودهای آلی باعث افزایش دو برابری شاخص سطح برگ نسبت به تیمار شاهد شد. خرم‌دل و همکاران (Khoramdel et al., 2010) در تحقیقی بیان کردند کاربرد کود بیولوژیک بر روی شاخص سطح برگ روند افزایشی داشته و تیمار دوگانه میکوریزا، ازتوباکتر نسبت به شاهد ۶۸/۲ درصد افزایش داشت.

#### تعداد گل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که کاربرد ورمی کمپوست، چای کمپوست و همزیستی میکوریزایی به تنهایی و به صورت برهم‌کنش‌های دوگانه چای کمپوست، همزیستی میکوریزایی و ورمی کمپوست، همزیستی میکوریزایی و برهم‌کنش سه‌گانه اثر معنی‌دار بر تعداد گل داشتند ( $P < 0.01$ ) (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین برهم‌کنش سه‌گانه نشان داد بیشترین و کمترین تعداد گل مربوط به تیمارهای عدم کاربرد چای کمپوست، عدم کاربرد ورمی کمپوست و همزیستی میکوریزایی برابر با ۸/۲۵ عدد و شاهد برابر با ۳/۴۰ عدد بود (جدول ۶). تهامی‌زرندی و همکاران (Tahami Zaranadi et al., 2010) تاثیر مثبت کودهای آلی و بیولوژیک را در افزایش تعداد گل

شاخ و برگ و همچنین اندام‌های هوایی گیاه می‌شود که در نتیجه آن ارتفاع بوته افزایش می‌یابد (Nemati Darbandi *et al.*, 2014). نتایج گوته‌ریز میسلی و همکاران (Gutierrez-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.

### وزن خشک بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کاربرد میکوریزا، ورمی‌کمپوست و چای کمپوست و برهم سه گانه بر وزن خشک بوته تاثیر معنی‌دار داشت ( $P < 0.01$ ) (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، استفاده از ورمی‌کمپوست، همزیستی میکوریزایی به‌میزان ۲/۴۵ گرم و شاهد ۰/۹۰ گرم بود (جدول ۶). بیگناه و همکاران (Bigonah *et al.*, 2015) بیان کردند کودهای بیولوژیک و ورمی‌کمپوست باعث افزایش وزن خشک گیاه گشنیز شد. 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.

### تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که کاربرد توام و به تنهایی

آذین و تعداد گل در ریحان را گزارش کردند. افزایش گلدهی در این تحقیق، به بهبود جذب آب و تغذیه گیاه که در اثر همزیستی میکوریزایی حاصل گردیده بود، نسبت داده شد. با مصرف ورمی‌کمپوست تعداد گل در بوته سرخارگل نیز افزایش یافت (Razvinia *et al.*, 2015).

### اجزای عملکرد

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشاهد می‌گردد که کاربرد توام و به تنهایی کودهای آلی و بیولوژیک بر ارتفاع بوته و تعداد برگ در سطح ۱٪ معنی‌دار بود ولی کاربرد ورمی‌کمپوست در ارتفاع بوته تاثیری نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد کاربرد توام کودهای آلی و بیولوژیک باعث افزایش ارتفاع بوته و تعداد برگ نسبت به شاهد شد. بیشترین تعداد برگ (۲۴/۸۰) از تیمار کاربرد چای کمپوست، ورمی‌کمپوست، همزیستی میکوریزایی و بیشترین ارتفاع بوته (۳۲/۰۵ سانتی‌متر) از تیمار کاربرد چای کمپوست، عدم کاربرد ورمی‌کمپوست، همزیستی میکوریزایی حاصل شد (جدول ۶). در این دو صفت کمترین مقدار در تیمار شاهد به‌دست آمد. نتایج این پژوهش با نتایج کوزه گر کالچی و اردکانی (Koozehgar, Kaleji and Ardakani, 2018) که افزایش تعداد برگ و ارتفاع بوته نعنای صحرایی را در اثر محلول پاشی ورمی‌واش، کاربرد ورمی‌کمپوست و میکوریزا گزارش کردند مطابقت دارد. ورمی‌کمپوست دارای ظرفیت بالای نگهداری آب و مواد غذایی مناسب بوده و از نیتروژن کافی برخوردار است. این موضوع می‌تواند باعث افزایش سطح برگ‌ها و میزان کلروفیل گیاه شود. افزایش سطح برگ باعث افزایش میزان جذب نور و افزایش میزان تولید خواهد شد. این امر باعث افزایش

ریشه تاثیر نداشت (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل دوگانه و سه گانه نشان داد بیشترین میزان قطر ریشه (۶/۶۷ میلی‌متر)، از تیمار همزیستی میکوریزایی، کاربرد ورمی کمپوست، چای کمپوست (جدول ۶) و بیشترین طول ریشه (۸/۶۲ سانتی‌متر) از تیمار همزیستی میکوریزایی، کاربرد چای کمپوست، ورمی کمپوست (جدول ۶) و بیشترین وزن خشک ریشه (۱/۲۰ گرم) از تیمار کاربرد ورمی کمپوست، همزیستی میکوریزایی (جدول ۵) حاصل شد. در صفات اشاره شده کمترین مقدار در تیمار شاهد به دست آمد. عظیمی و همکاران (Azimi et al., 2014) بیان کردند 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. طبق گزارش سامیران و همکاران (Samiran et al., 2010) طول ریشه گیاه لوبیا در حضور ورمی کمپوست افزایش یافت. ابریشمچی و همکاران (Abrishamchi et al., 2014) بیان کردند که کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش معنی‌دار قطر و وزن خشک ریشه گیاه گوجه فرنگی شد.

#### درصد و عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد میکوریزا و چای کمپوست و ورمی کمپوست سبب افزایش میزان اسانس و عملکرد اسانس نسبت به شاهد شد و اثرات متقابل آنها در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه نشان داد بیشترین و کمترین درصد اسانس و اسانس به ترتیب ۰/۸۲ درصد و ۴/۸۲ گرم در گلدان و ۰/۵۶ درصد و ۱/۵۱ گرم در گلدان از تیمارهای همزیستی میکوریزایی، عدم کاربرد چای کمپوست، ورمی کمپوست و

میکوریزا، ورمی کمپوست و چای کمپوست و اثرات متقابل آنها بر تعداد دانه در بوته در سطح ۱٪ معنی‌دار بود ولی تیمار چای کمپوست و اثر متقابل سه گانه بر وزن هزار دانه تاثیر نداشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد بیشترین و کمترین تعداد دانه مربوط به تیمارهای همزیستی میکوریزایی، عدم کاربرد چای کمپوست، کاربرد ورمی کمپوست (۷۳۳/۲۲) و شاهد (۲۵۲/۴۰) بود (جدول ۶). بیشترین و کمترین وزن هزار دانه مربوط به تیمارهای همزیستی میکوریزایی، عدم کاربرد چای کمپوست (۰/۴۱۳ گرم) و شاهد (۰/۳۹ گرم) 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) بیان کردند کودهای بیولوژیک و ورمی کمپوست باعث افزایش عملکرد دانه در گیاه گشنیز شد. در آزمایش‌های دیگر، کاربرد انواع کودهای آلی و بیولوژیک تأثیر نسبتاً مشابهی بر وزن کل بذر در گیاه و وزن هزار دانه گیاه ریحان (Tahami-Zarandi, 2010) و رازیانه (Moradi et al., 2009) گذاشت.

#### پارامترهای ریشه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) مشاهده می‌گردد که کاربرد توام و به تنهایی کودهای آلی و بیولوژیک بر طول ریشه، وزن خشک ریشه و قطر ریشه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود ولی کاربرد چای کمپوست و اثرات متقابل دو گانه چای کمپوست، ورمی کمپوست و چای کمپوست، همزیستی میکوریزایی در وزن خشک ریشه و چای کمپوست، ورمی کمپوست در طول ریشه و اثرات متقابل سه گانه وزن خشک

عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2005) با بررسی تأثیر مثبت سطوح مختلف ورمی کمپوست بر بهبود وضعیت جذب عناصر اصلی نیتروژن، فسفر و پتاسیم اظهار نمودند که ورمی کمپوست و ورمی‌واش بر میزان مواد مؤثره ریحان مؤثر است. جای 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 (Atiyeh et al., 2002).

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که کاربرد تنهایی و توأم میکوریزا، جای کمپوست و ورمی کمپوست موجب افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ، وزن خشک بوته، عملکرد اسانس، عناصر غذایی موجود در گیاه و اجزای عملکرد نعنای آبی نسبت به تیمار شاهد شده است. در واقع این افزایش عملکرد و اجزای آن در زمان استفاده از محلول‌پاشی جای کمپوست سبب افزایش و تسریع در جذب عناصر غذایی، همزیستی میکوریزایی و کاربرد ورمی کمپوست می‌تواند ناشی از افزایش مواد غذایی نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر غذایی کم‌مصرف 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 باعث افزایش رشد گیاه نعنای آبی شد.

همزیستی میکوریزایی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد جای کمپوست و کمترین مقدار از تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۶). کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) بیان کردند که همزیستی ریشه رازیانه با دو گونه از قارچ‌های میکوریزا و زیکولار آرباسکولار VAM باعث بهبود میزان اسانس و کیفیت آن می‌شود. درزی و همکاران (Darzi et al., 2009) گزارش کردند که ورمی کمپوست 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 تأثیر مثبت ورمی کمپوست در افزایش اسانس در گیاه رازیانه، دست یافتند. با توجه به این که عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و وزن خشک می‌باشد لذا هر گونه افزایش در این دو صفت می‌تواند منجر به افزایش عملکرد اسانس تولیدی گردد.

### عناصر غذایی موجود در نعنای آبی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۷) نشان داد که اثر تیمارهای مختلف کودی تأثیر معنی‌دار بر عناصر غذایی گیاه نعنای آبی داشت ( $P < 0.01$ ). نتایج مقایسه میانگین نشان داد کاربرد کودهای آلی و همزیستی میکوریزایی به طور قابل توجهی باعث افزایش عناصر غذایی در گیاه اوجی شدند. بیشترین و کمترین میزان نیتروژن به ترتیب در تیمار کاربرد جای کمپوست ۲/۴۷٪ و میکوریزا ۰/۵۸٪ بود، همچنین بیشترین و کمترین میزان فسفر به ترتیب در تیمار میکوریزا ۱/۱۸٪ و شاهد ۰/۱۱٪ بود (جدول ۸). نتایج ساجدی و رجالی (Sajadi and Rejali, 2011) نشان دادند که اثر تلقیح قارچ میکوریزا بر غلظت آهن، منگنز، مس و بر در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیک و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil

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

جدول ۲ - نتایج تجزیه کود ورمی کمپوست و چای کمپوست

Table 2- Analysis of fertilizer vermicompost and compost tea

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Ec	کربن آلی OC (%)	ماده آلی OM (%)	نیتروژن nitrogen (%)	پتاسیم Potassium (%)	فسفر Phosphorus (%)	کلسیم Calcium (%)	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 ۳ - تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده نعنای آبی

Table 3- Analysis of variance measured traits in *Mentha aquatica*

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	MS						
		تعداد برگ Leaf number	شاخص سطح برگ LAI	وزن خشک بوته dry plant weight	ارتفاع بوته Plant high	تعداد گل Flower number	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	وزن هزار دانه 1000 seed weight
Replication	3	0.29	0.0009	0.07	0.27	0.02	45.76	0.00006
T	1	221.44**	0.02**	4.42**	126.40**	5.95**	62474.05**	0.000003 <sup>ns</sup>
V	1	35.19**	1.57**	2.02**	0.15 <sup>ns</sup>	2.88**	96720.81**	0.0002**
M	1	37.32**	3.03**	2.18**	1.20**	36.12**	267304**	0.0009**
T.V	1	63.90**	0.15**	0.015 <sup>ns</sup>	22.44**	0.08 <sup>ns</sup>	75983.71**	0.0003**
T.M	1	48.46**	0.18**	0.07 <sup>ns</sup>	60.50**	2.64**	66459.28**	0.0001**
V.M	1	1.60**	0.13**	0.14 <sup>ns</sup>	4.06**	6.30**	6823.45**	0.0002**
V.T.M	1	110.93**	0.27**	0.35**	30.42**	12.75**	125766.1**	0.000003 <sup>ns</sup>
Error	21	0.16	0.001	0.05	0.11	0.01	6.50	0.00001
C.V (%)		2.19	0.74	14.34	1.26	2.50	1.33	0.83

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

(T) چای کمپوست، (V) ورمی کمپوست، (M) همزیستی میکوریزایی، (T.V) چای کمپوست، ورمی کمپوست، (T.M) چای کمپوست، همزیستی میکوریزایی (V.M) ورمی کمپوست، همزیستی میکوریزایی، (V.T.M) همزیستی میکوریزایی، چای کمپوست، ورمی کمپوست  
(T): compost tea, (V): vermi compost, (M): mycorrhizal symbiosis, (V.M): vermi compost and mycorrhizal symbiosis, (T.M): compost tea and mycorrhizal symbiosis, (T.V): compost tea and vermi compost, (V.T.M): compost tea and vermi compost and mycorrhizal symbiosis



## جدول ۴- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده نعنای آبی

Table 4- Analysis of variance measured traits in *Mentha aquatica*

منابع تغییرات S. O. V.	درجه آزادی df	MS				عملکرد اسانس Essence yield
		طول ریشه Root length	قطر ریشه Root diameter	وزن خشک ریشه Root dry weight	درصد اسانس Essence present	
Replication	3	0.03	0.015	0.001	0.0002	0.04
T	1	1.75**	0.94**	0.00002 <sup>ns</sup>	0.033**	12.28**
V	1	7.70**	5.52**	0.02**	0.012**	2.53**
M	1	21.94**	25.74**	0.03**	0.13**	12.23**
T.V	1	0.47**	0.015 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.031**	4.50**
T.M	1	0.007 <sup>ns</sup>	0.34**	0.001 <sup>ns</sup>	0.019**	0.07**
V.M	1	1.75**	0.07 <sup>ns</sup>	0.01*	0.012**	2.43**
V.T.M	1	9.32**	3.31**	0.001 <sup>ns</sup>	0.015**	0.61**
Error	21	0.01	0.01	0.001	0.0004	0.006
C.V (%)		1.69	2.62	3.34	2.93	2.66

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

(T) چای کمپوست، (V) ورمی کمپوست، (M) همزیستی میکوریزایی، (T.V) چای کمپوست، ورمی کمپوست، (T.M) چای کمپوست، همزیستی میکوریزایی (V.M) ورمی کمپوست، همزیستی میکوریزایی، (V.T.M) همزیستی میکوریزایی، چای کمپوست، ورمی کمپوست (T): compost tea, (V): vermi compost, (M): mycorrhizal symbiosis, (V.M): vermi compost and mycorrhizal symbiosis, (T.M): compost tea and mycorrhizal symbiosis, (T.V): compost tea and vermi compost, (V.T.M): compost tea and vermi compost and mycorrhizal symbiosis.

## جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل دو گانه بر صفات مورد آزمون نعنای آبی

Table 5- Comparison interaction of dual on evaluated traits *Mentha aquatica*

تیمار Treatment	وزن هزار دانه	وزن خشک ریشه	تیمار Treatment	وزن هزار دانه	وزن خشک ریشه	تیمار Treatment	وزن هزار دانه	وزن خشک ریشه
	1000 seed weight (g)	Root dry weight (g)		1000 seed weight (g)	Root dry weight (g)		1000 seed weight (g)	Root dry weight (g)
T <sub>0</sub> V <sub>0</sub>	0.400c	-	T <sub>0</sub> M <sub>0</sub>	0.398c	-	V <sub>0</sub> M <sub>0</sub>	0.39c	1.08b
T <sub>0</sub> V <sub>1</sub>	0.412a	-	T <sub>0</sub> M <sub>1</sub>	0.413a	-	V <sub>0</sub> M <sub>1</sub>	0.41a	1.18a
T <sub>1</sub> V <sub>0</sub>	0.406b	-	T <sub>1</sub> M <sub>0</sub>	0.402c	-	V <sub>1</sub> M <sub>0</sub>	0.40b	1.17a
T <sub>1</sub> V <sub>1</sub>	0.405b	-	T <sub>1</sub> M <sub>1</sub>	0.408b	-	V <sub>1</sub> M <sub>1</sub>	0.41a	1.20a

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون توکی، در سطح احتمال 5% اختلاف معنی‌داری ندارند. Means in each column, followed by similar letters are not significantly different at the 5% probability level using Tukey test

(T<sub>0</sub>V<sub>0</sub>): شاهد، (T<sub>0</sub>V<sub>1</sub>): کاربرد ورمی کمپوست، (A<sub>1</sub>V<sub>0</sub>): کاربرد ورمی کمپوست، (T<sub>1</sub>V<sub>1</sub>): کاربرد ورمی کمپوست و چای کمپوست، (T<sub>0</sub>M<sub>0</sub>): شاهد، (T<sub>0</sub>M<sub>1</sub>): همزیستی میکوریزا، (T<sub>1</sub>M<sub>0</sub>): کاربرد چای کمپوست، (T<sub>1</sub>M<sub>1</sub>): کاربرد چای کمپوست و همزیستی میکوریزا، (V<sub>0</sub>M<sub>0</sub>): شاهد، (V<sub>0</sub>M<sub>1</sub>): همزیستی میکوریزا، (V<sub>1</sub>M<sub>0</sub>): کاربرد ورمی کمپوست، (V<sub>1</sub>M<sub>1</sub>): کاربرد ورمی کمپوست و همزیستی میکوریزا (V<sub>0</sub>M<sub>0</sub>): Control, (V<sub>0</sub>M<sub>1</sub>): mycorrhizal symbiosis, (V<sub>1</sub>M<sub>0</sub>): use vermi compost, (V<sub>1</sub>M<sub>1</sub>): use vermi compost and mycorrhizal symbiosis, (T<sub>0</sub>M<sub>0</sub>): Control, (T<sub>0</sub>M<sub>1</sub>): mycorrhizal symbiosis, (T<sub>1</sub>M<sub>0</sub>): use compost tea, (T<sub>1</sub>M<sub>1</sub>): use compost tea and mycorrhizal symbiosis, (T<sub>0</sub>V<sub>0</sub>): Control, (T<sub>0</sub>V<sub>1</sub>): use vermi compost, (T<sub>1</sub>V<sub>0</sub>): use compost tea, (T<sub>1</sub>V<sub>1</sub>): use compost tea and vermi compost.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه کاربرد جای کمپوست، ورمی کمپوست و همزیستی میکوریزا بر صفات مورد آزمون نعنای آبی

**Table 6-** Mean comparison of triple interaction effect mycorrhizal symbiosis and use compost tea and vermi compost on evaluated traits *Mentha aquatica*

تیمار Treatment	تعداد شاخص برگ Leaf number LAI	وزن خشک بوته Plant dry weight (g)	ارتفاع بوته Plant high (cm)	تعداد گل Flower number	تعداد دانه در بوته Seed number per plant		درصد اسانس Essence present (%)	طول ریشه Root length (cm)	عمکرد اسانس Essence yield (g at pot)	
					قطر ریشه Root diameter (Mm)	طول ریشه Root length (cm)				
T <sub>0</sub> V <sub>0</sub> M <sub>0</sub>	11.66f	1.22h	0.89d	21.76g	3.40f	251.87g	0.56d	3.75e	5.37e	1.50f
T <sub>0</sub> V <sub>0</sub> M <sub>1</sub>	20.35c	1.62e	1.24cd	26.72de	8.25a	680.40c	0.82a	6.30b	7.67b	3.47c
T <sub>0</sub> V <sub>1</sub> M <sub>0</sub>	15.00e	1.49f	1.27cd	26.17ef	6.05c	613.87e	0.75b	5.17c	6.72c	2.15e
T <sub>0</sub> V <sub>1</sub> M <sub>1</sub>	15.45e	2.57a	1.77bc	25.87f	6.60b	733.22b	0.84a	6.62a	7.80b	2.45d
T <sub>1</sub> V <sub>0</sub> M <sub>0</sub>	20.17c	1.35g	1.28d	32.05a	4.27e	654.23d	0.65c	4.30d	5.77d	2.17e
T <sub>1</sub> V <sub>0</sub> M <sub>1</sub>	16.60d	1.90c	2.25ab	27.67c	5.45d	649.70d	0.73b	5.15c	5.85d	3.78b
T <sub>1</sub> V <sub>1</sub> M <sub>0</sub>	21.82b	1.75d	2.17ab	29.27b	4.60e	570.55f	0.62c	4.35d	5.45e	3.76b
T <sub>1</sub> V <sub>1</sub> M <sub>1</sub>	24.80a	2.15b	2.45a	27.35cd	6.52b	758.37a	0.71b	6.67a	8.62a	4.82a

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

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

(T<sub>0</sub>V<sub>0</sub>M<sub>0</sub>): شاهد، (T<sub>0</sub>V<sub>0</sub>M<sub>1</sub>)، همزیستی میکوریزا، (T<sub>0</sub>V<sub>1</sub>M<sub>0</sub>): کاربرد ورمی کمپوست، (T<sub>0</sub>V<sub>1</sub>M<sub>1</sub>): کاربرد ورمی کمپوست و همزیستی میکوریزا، (T<sub>1</sub>V<sub>0</sub>M<sub>0</sub>): کاربرد چای کمپوست، (T<sub>1</sub>V<sub>0</sub>M<sub>1</sub>): کاربرد چای کمپوست و همزیستی میکوریزا، (T<sub>1</sub>V<sub>1</sub>M<sub>0</sub>): کاربرد چای کمپوست و ورمی کمپوست، (T<sub>1</sub>V<sub>1</sub>M<sub>1</sub>): کاربرد چای کمپوست، ورمی کمپوست و همزیستی میکوریزا

(T<sub>0</sub>V<sub>0</sub>M<sub>0</sub>): Control, (T<sub>0</sub>V<sub>0</sub>M<sub>1</sub>): mycorrhizal symbiosis, (T<sub>0</sub>V<sub>1</sub>M<sub>0</sub>): use vermi compost, (T<sub>0</sub>V<sub>1</sub>M<sub>1</sub>): use vermi compost and mycorrhizal symbiosis, (T<sub>1</sub>V<sub>0</sub>M<sub>0</sub>): use compost tea, (T<sub>1</sub>V<sub>0</sub>M<sub>1</sub>): use compost tea and mycorrhizal symbiosis, (T<sub>1</sub>V<sub>1</sub>M<sub>0</sub>): use compost tea and vermi compost, (T<sub>1</sub>V<sub>1</sub>M<sub>1</sub>): use compost tea and vermi compost and mycorrhizal symbiosis.

جدول ۷- تجزیه واریانس محتوای مواد مغذی کود بیولوژیک و منبع آلی در گیاه نعنای آبی

**Table 7-** Analysis of variance of nutrients content of biofertilizers and organic source of *Mentha aquatica*

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	منیزیم Mg	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	منگنز Mn	کلسیم Ca
Replication	3	0.06	0.00006	0.03	0.02	65.59	2.53	3.34	6.25	0.31
T	1	2.04**	0.004**	18.36**	2.45**	66696.7**	152.03**	18.72**	106.92**	0.47*
V	1	5.18**	0.001**	14.97**	0.40**	378809.3**	24.74**	271.83**	2436.01**	0.07 <sup>ns</sup>
M	1	0.022 <sup>ns</sup>	0.009**	7.38**	0.10*	106103**	876.12**	47.52**	113.63**	3.77**
Error	8	0.044	0.000006	0.004	0.01	3.04	0.61	0.11	0.37	0.05
C.V (%)		14.63	1.75	2.34	17.76	0.46	4.74	2.61	1.96	14.69

ns, \*\*, \* : به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

<sup>ns</sup>, \*, and \*\*: non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

(T) چای کمپوست، (V) ورمی کمپوست، (M) همزیستی میکوریزایی، (T.V) چای کمپوست، ورمی کمپوست، (T.M) چای کمپوست، همزیستی میکوریزایی (V.M) ورمی کمپوست، همزیستی میکوریزایی، (V.T.M) همزیستی میکوریزایی، چای کمپوست، ورمی کمپوست (T): compost tea, (V): vermi compost, (M): mycorrhizal symbiosis, (V.M): vermi compost and mycorrhizal symbiosis, (T.M): compost tea and mycorrhizal symbiosis, (T.V): compost tea and vermi compost, (V.T.M): compost tea and vermi compost and mycorrhizal symbiosis.

جدول ۸ - مقایسه میانگین محتوای مواد مغذی کود بیولوژیک و منبع آلی در گیاه نعناع آبی

**Table 8-** Mean comparison of nutrients content of biofertilizers and organic source of *Mentha aquatica*

تیمار Treatments	نیترژن N (%)	فسفر P (%)	پتاسیم K (%)	مس Cu (mgkg <sup>-1</sup> )	روی Zn (mgkg <sup>-1</sup> )	منگنز Mg (mgkg <sup>-1</sup> )	آهن Fe (mgkg <sup>-1</sup> )	منیزیم Mg (%)	کلسیم Ca (%)
V	2.47a	0.13c	3.75b	19.75a	10.52c	55.00a	608.7a	0.72b	1.16c
T	1.81b	0.15b	4.07a	10.25c	16.25b	24.50b	329.5c	1.45a	1.50b
M	0.58d	0.18a	2.85c	12.25b	29.75a	24.75b	382.2b	0.48c	2.47a
Control	0.74c	0.11d	0.76d	7.33d	7.00d	17.00c	129.6d	0.24d	0.93d

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون توکی، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

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

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

## References

## منابع مورد استفاده

- Abrishamchi, P., A. Ganjali, A. Bey Khurmyzi, and A. Avan. 2014. The effect of vermicompost on germination and seedling growth of tomato varieties. *Agriculture, Science and Technology Journal*. 27(4): 393-383.
- 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. Rezvani, M. Hasan zadeh, A. Lakzian, and H. Nemati. 2008. Effects of various vermicompost and irrigation levels on morphological and essence yield of *Matricaria recutita* L. *Iranian Medicinal and Aromatic Plant Research*. 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.
- 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*. 12(4): 574-581.
- Bremner, J.M., and C.S. Mulvaney. 1982. Methods of soil analysis, part 2 chemical and microbiological properties, 595-624.
- Cardoso, I.M., and T.E. Kuyper. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 116: 72-84.
- Daei. G., M.R. Ardakani, F. Rejali, S. Teimuri, and M. Miransari. 2009. Alleviation of salinity stress on wheat yield, yield components, and nutrient uptake using *Arbuscular mycorrhizal* fungi under field conditions. *Journal of Plant Physiology*. 166: 617-625. (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 Medicinal and Aromatic Plant Research*. 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, 91-128. (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. *Pflanzenbauwiss Germany Journal of Agronomy*. 13: 15-22.
- Gutierrez-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.
- Kamkar, A., A. Jebelli Javan, F. Asadi, and M. Kamalinejad. 2010. The antioxidative effect of Iranian *Mentha pulegium* extracts and essential oil in sunflower oil. *Food Chemical Toxicology*. 48: 1796-1800.
  - 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 in Iran*. 8(5): 768-770. (In Persian).
  - Koozehgar Kaleji, M., and M. R. Ardakani. 2017. The Application of organic and biological fertilizers on quantitative and qualitative yield of (*Mentha spicata* L.) *Journal Applied Research of plant Ecophysiology*. 4:157- 172.
  - Koozehgar Kaleji, M., and M. R. Ardakani. 2018. 'Quantitative and qualitative performance of *Froriepia subpinnata* as affected by mycorrhizal symbiosis, compost tea, and vermicompost'. *Iranian Journal of Plant Physiology* 8: 2457-2467.
  - 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.
  - Moradi R., P. Rezvani Moghaddam, M. Nasiri Mahallati, and A. Nezhadali. 2011. Effects of organic and biological fertilizers on fruit yield and essential oil of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* var. Duice). *Spanish Journal Agriculture Reserch*. 9(2): 546- 553.
  - Moradi, S., H. Besharati, V. Feizi Asl, H. Nadian, E. Karimi, and A. Golchin. 2009. Effect of different levels of humidity, mycorrhiza and Rhizobium in germination, flowering time and morphological traits in chickpea. In: 11<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress, Gorgan, Iran, 12-15 July. p. 243-244. (In Persian).
  - 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.
  - 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). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 31(2): 357-373. (In Persian).
  - Sajadi, S.E., G. Naderi, and R. Ziaee. 2004. Antioxidant effects of selected medicinal plants of of *Labiatae* family. *Journal of Medicinal Science*. 8(2): 1-12. (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 (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.
- Sharma, A. K. 2002. A handbook of organic farming. Agrobios, India. 627 pp.
- 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. (In Persian).
- Tahami Zarandi, S.M.K., P. Rezvani Moghaddam, and M. Jahan. 2014. Effect of organic and chemical fertilizers on growth indexes basil (*Ocimum basilicum* L.) *Journal of Agroecology*. 5(4): 363-372. (In Persian).
- Telci, I., E. Bayram, G. Yılmaz, and B. Avci. 2006. Variability in essential oil composition of Turkish basils (*Ocimum basilicum* L.). *Biochemical Systematic and Ecology*. 34: 489-497.
- Toussaint, J.P., F.A. Smith, and S.E. Smith. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. *Mycorrhiza*. 17(4): 291-297.

## Effects of Mycorrhizal Symbiosis along with Vermicompost and Tea Compost on Quantity and Quality Yield of *Mentha aquatica* L.

Mostafa Koozehgar Kaleji<sup>1\*</sup>, Mohammad Reza Ardakani<sup>2</sup>, Naser Khodabandeh<sup>2</sup>, Mojtaba Alavi Fazel<sup>3</sup>

Received: November 2016, Revised: 24 December 2016, Accepted: 26 September 2018

### Abstract

To evaluate the effect of organic fertilizers and mycorrhizal symbiosis on yield components and percentage of essence of *Mentha aquatica*, a factorial experiment based on 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 and 10% per pot), vermi-compost with two levels (0 and 10% per pot) and compost of tea with two levels (0 and 1.5 liter per pot). The results showed that use of organic fertilizer and mycorrhizal symbiosis significantly improved the quantity and quality characters *Mentha aquatica*. Use of organic and biological fertilizers had a significant effect on most of the measured traits and increased all of the traits as compared to those of control. Thus, highest plant height, leaf number, seed number per plant, plant dry weight, root length, root diameter, leaf area index, essence present and essence yield were obtained by using mycorrhizal symbiosis and compost tea, vermin-compost as compared to those of control treatment. Generally, the use of organic and biofertilizers, produced optimum quality and quantity of *Mentha aquatica*. In fact, increased performance of organic and biological fertilizers improved the activity of plant growth regulators and reduced elemental leaching and thus resulted in higher absorption of nutrients, increased plant growth, seed yield and essential oil content of *Mentha aquatica*.

**Key words:** Biofertilizer, Essence yield, Leaf area index, Organic fertilizers.

1- Ph.D. Student, 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

