نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال یازدهم، شماره ۴۴، زمستان ۱۳۹۵ / صفحات: ۱۹-۱۰

تأثیر ورمی کمپوست و چای کمپوست بر عملکرد و جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم نعنای آبی (*Mentha aquatica* L.) تحت تلقیح با قارچ میکوریزا *Glomus moseae*

مصطفی کوزه گر کالجی، محمدرضا اردکانی*

گروه زراعت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۹/۱۸ تاریخ پذیرش:۹۵/۱۲/۱۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر چای کمپوست، ورمی کمپوست (به‌عنوان کوهای آلی) و همزیستی میکوریزایی بر اجزای عملکرد و عملکرد نعنای آبی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با ٤ تکرار در سال ۱۳۹۳ در ساری اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل میکوریزا گونه *Glomus moseae* (صفر و ۱۰ درصد حجم گلدان)، ورمی کمپوست (صفر و ۱۰ درصد حجم گلدان) و چای کمپوست (صفر و ۱/۵ لیتر) بود. صفاتی از قبیل شاخص‌های رشد و میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام‌های هوایی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان داد تیمارهای کود آلی و میکوریزا تاثیر معنی‌دار بر وزن خشک و تر و قطر گل داشتند و کلیه صفات مورد بررسی را در مقایسه با شاهد افزایش دادند. به‌طوری که بیشترین قطر گل،میزان نیتروژن و فسفر از تیمار میکوریزا + چای کمپوست + ورمی کمپوست به‌دست آمد. اثرات متقابل سه گانه نشان داد عدم کاربرد چای کمپوست × کاربرد ورمی کمپوست × همزیستی میکوریزایی سطح برگ را نسبت به شاهد افزایش داد. نتایجتحقیق حاضر نشان داد کاربرد ورمی کمپوست، چای کمپوست و همزیستی میکوریزایی از طریق در دسترس قرار دادن عناصر غذایی باعث افزایش اجزای عملکرد و بهبود صفات کمی و کیفی گیاه نعنای آبی گردید.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، غذای محلی، کود زیستی، گیاه دارویی، محلول پاشی

مقدمه

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). نعنای آبی معروف به اوجی متعلق به خانواده *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 به عنوان سبزی خوراکی و طعم دهنده مواد غذایی در شمال کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد (Sajadi et al., 2004; Kamkar et al., 2010). زراعت گیاهان دارویی با کاربرد کودهای آلی و بیولوژیک، اثرات منفی روی کیفیت دارویی و عملکرد آنها را کاهش می‌دهد، لذا بسیاری از شرکت‌های تولید کننده داروهای گیاهی، ترکیبات گیاهی را که از طریق کشت آلی یا بیودینامیک تولید شده باشند، ترجیح می‌دهند (Griffe et al., 2003). در این راستا کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با اهدافی از جمله حذف یا تقلیل چشمگیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه

*نویسنده مسئول: mohammadreza.ardakani@kiau.ac.ir

حل مطلوب برای غلبه بر این مشکلات به‌شمار می‌آید. کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده‌ای با تجمیع متراکم 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 به‌کار می‌روند (Saleh Rastin, 2001). 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 بوجود می‌آید. استفاده از آن در کشاورزی پایدار، علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیزم‌های مفید خاک (نظیر قارچ‌های میکوریزا و میکروارگانیزم‌های 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). در مطالعه‌ای مشاهده شد که کاربرد ورمی کمپوست 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 به طرز بارزی افزایش دهد (Azizi et al., 2008). میکوریزا نیز در افزایش توانایی گیاه میزبان برای جذب عناصر غذایی غیر متحرک، خصوصاً فسفر و چندین ریز مغذی دیگر تاثیر مفیدی دارد. نتایج بررسی تأثیر میکوریزا بر گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) نشان داد که کاربرد دو گونه از قارچ میکوریزا (*Glomus.mosseae*, *Glomus. caledonium*) سبب افزایش معنی‌دار غلظت فسفر و عملکرد گیاه شد (Toussaint et al., 2007). نتایج تحقیق دیگری نشان داد که افزایش رشد و عملکرد گندم با کاربرد قارچ‌های میکوریزایی حاصل شده است (Daei et al., 2009). ورمی واش نیز 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 به صورت اسپری برگی بکار می‌رود (Nemati Darbandi et al., 2014). نتیجه به‌دست آمده از محلول پاشی چای کمپوست روی گیاه بادرنجبویه نشان داد محلول پاشی با عصارهٔ ورمی کمپوست روی صفات کمی و عملکرد اسانس اثر معنی‌دار داشت (Nemati-Darbandi et al., 2012). این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کودهای آلی و زیستی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های ریخت شناختی (مورفولوژیکی) گیاه نعنای آبی در مقایسه با تیمار شاهد و تیمارهای تلفیقی انجام شد.

مواد روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۳ در شهرستان ساری با موقعیت جغرافیایی۵۳ درجه و ٦٣ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی٣٦ درجه و ٨٢ دقیقه شمالی و ارتفاع ٤٣/٣ متر از سطح دریا با آب و هوای معتدل به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار اجرا شد، فاکتورهای آزمایش شامل میکوریزا گونه *Glomus moseae* در ٢ سطح (صفر و ١٠درصد حجم گلدان)، ورمی کمپوست در ٢ سطح (صفر و ١٠درصد حجم گلدان) و چای کمپوست در ٢ سطح (صفر و ١/٥ لیتر) به کاربرده شد. برای انجام آزمایش از گلدان‌هایی با قطر دهانه ١٥ سانتی‌متر و ارتفاع ١٨ سانتی‌متر استفاده شد. ٢٠٠ گرم اسپور قارچ میکوریزا گونه *Glomus moseae* و ورمی کمپوست وزن و به گلدان‌ها اضافه شد. چای کمپوست نیزدر مرحله ٤-٥ برگی روی گیاهان

مشخص شده اسپری گردید. عملیات کاشت در آبان ۱۳۹۳ در شرایط مزرعه‌ای و باز صورت گرفت. ابتدا در هر گلدان ده بذر *Mentha aquatic* به‌صورت سطحی در خاک قرار گرفت و برای حصول تراکم مناسب، در مرحله ٤-٥ 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 طور مساوی هر ۲ روز یک بار انجام شد. عملیات داشت شامل آبیاری، تنک و وجین بود و در آذر ۱۳۹٤ گیاه برداشت شد. ورمی کمپوست و چای کمپوست با پایه کود دامی از شرکت شکوفا سازان خاک شمال تهیه شد. اندازه گیری‌ها پارامترهای مورد نظر در دو مرحله رویشی (قبل از گلدهی) و زایشی(بعداز گلدهی) انجام شد.

برداشت نمونه: به منظور اندازه‌گیری برخی صفات مورفولوژیک برداشت اندام‌های مربوطه صورت گرفت. بدین‌منظور، از هر گلدان دو بوته به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد انشعابات فرعی، طول و عرض برگ، قطر گل اندازه‌گیری و به صورت جداگانه ثبت گردید. سطح برگ به وسیله نرم‌افزار Image J اندازه‌گیری شد.

وزن خشک و تر بوته: در زمان رسیدگی عملکرد وزن خشک و تر بوته 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.

سنجش میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام‌های هوایی: جهت تعیین غلظت عناصر غذایی، برگ‌های جمع‌آوری شده، خشک شده (به وسیله آسیاب برقی پودر کرده) در نهایت به روش هضم توسط اسید سولفوریک، اسید سالیسیک، آب اکسیژنه و سلنیم، عصاره آنها تهیه شد. میزان درصد نیتروژن با استفاده از روش تیتراسیون بعد از تقطیر و به کمک دستگاه کجل تک اتو آنالیزر (Bremner and Mulvaney, 1982)، مقدار فسفر با استفاده از روش رنگ سنجی (رنگ زرد مولیبدات - وانادات) و به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر و میزان پتاسیم از روش هضم، سوزاندن نمونه خشک گیاه در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ ساعت و برای واکنش از اسید کلریدریک ۲ مولار استفاده شد و سپس به کمک دستگاه فلیم‌فتومتر میزان آن محاسبه شد (Emami, 1996). تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماریSAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج

سطح برگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهم-کنش کمپوست‌ها و میکوریزا بر سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۳) ($P<0.01$). مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه نشان داد تیمار عدم کاربرد چای کمپوست × کاربرد ورمی کمپوست × همزیستی میکوریزایی نسبت به شاهد ۱۰۹ درصد سطح برگ را افزایش داد (جدول ۵).

قطر گل: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرمتقابل سه گانه بر قطر گل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه نشان داد تیمار کاربرد چای کمپوست × ورمی کمپوست × همزیستی میکوریزایی سبب افزایش ۷۵/۵۷ درصد قطر گل نسبت به شاهد شد (جدول ۵).

طول و عرض برگ: با توجه به نتایج تجزیه واریانس مشاهد می‌گردد که کاربرد توام و به تنهایی کودهای آلی و بیولوژیک بر طول و عرض برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد کاربرد توام کودهای آلی و بیولوژیک باعث افزایش طول و عرض برگ نسبت به

شاهد شد به‌ترتیب تیمار همزیستی میکوریزایی × کاربرد ورمی کمپوست × عدم کاربرد چای کمپوست باعث افزایش ٦٢ درصد در طول برگ و ٤٣ درصد در عرض برگ نسبت به شاهد شد (جدول ۵).

تعداد ساقه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهم‌کنش کمپوست‌ها و میکوریزا بر تعداد ساقه معنی‌دار بود ($P<0.01$) (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات سه گانه نشان داد که کاربرد کودهای آلی و بیولوژیک باعث افزایش تعداد ساقه نسبت به شاهد شد. تعداد ساقه در تیمار کاربرد چای کمپوست × ورمی کمپوست × همزیستی میکوریزایی ۱۳۰٪ نسبت به شاهد افزایش داشت.

جدول ۱: خصوصیات فیزیک و شیمیایی خاک

هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته کل اشباع	درصد مواد خنثی شونده (%)	ماده آلی (%)	فسفر (mg/kg)	نیتروژن کل (%)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	کربن آلی (%)	بافت
۰/۵٤	۷/٦۳	۲۷	۳/۲۷	۵/۳	۰/۲۰	۲۹٦	۲/۹	L

جدول ۲: نتایج تجزیه کود ورمی کمپوست و چای کمپوست

pH	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	درصد کربن آلی (%)	ماده آلی (%)	نیتروژن (%)	پتاسیم (%)	فسفر (%)	کلسیم (%)	منیزیم (%)	آهن ppm	روی ppm	منگنز ppm	مس (ppm)
٦/۳۵	۱/۲	۱۱/۷	۲۰/۱۷	۱/۵۵	۳/۹	۲/۲	٤/۰۹	۰/۱۵	۱۹۸۱	۲٦٦	۷۹/۳	۲۲

تعداد برگچه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد کودهای آلی و زیستی به تنهایی و اثرات متقابل آنها بر تعداد برگچه تاثیر معنی‌دار داشتند ($P<0.01$) (جدول۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه نشان داد تعداد برگچه در تیمار عدم کاربرد چای کمپوست × کاربرد ورمی کمپوست × همزیستی میکوریزایی ۱٦۹ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت.

پارامترهای ساقه رونده: با توجه به نتایج تجزیه واریانس مشاهد می‌گردد که کاربرد توام و به تنهایی کودهای آلی و بیولوژیک بر تعداد ساقه رونده، طول ساقه رونده، قطر ساقه رونده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل دوگانه و سه گانه نشان داد تیمار همزیستی میکوریزایی × کاربرد ورمی کمپوست × عدم کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش ۱۲۰ درصد قطر ساقه رونده و ۸۷ درصد طول ساقه رونده (جدول ۵) و همزیستی میکوریزایی × عدم کاربرد چای کمپوست ٥٦ درصد تعداد ساقه رونده نسبت به شاهد شد (جدول ٤).

عملکرد کل وزن خشک و تر بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد میکوریزا و چای کمپوست، ورمی کمپوست و اثرات متقابل آنها سبب افزایش عملکرد تر و خشک نسبت به شاهد شد و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه نشان داد که کاربرد چای کمپوست × ورمی‌کمپوست × عدم همزیستی میکوریزایی ۱۸۷٪ و همزیستی میکوریزایی× کاربرد چای کمپوست × عدم کاربرد ورمی کمپوست و ۱٤۸ درصد وزن تر و خشک بوته را نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۵).

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر اصلی، ورمی کمپوست، میکوریزا، چای کمپوست و اثر متقابل آنها بر خصوصیات نعنای آبی

منابع تغیرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		سطح برگ	عرض برگ	طول برگ	قطر گل	تعداد برگچه	وزن تر	وزن خشک
تکرار	۳	۳/۸۸	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰٤	۰/۲۱	۰/۰۹
T	۱	۸٤/۰۷**	۰/۰۱ns	۰/۰۱ns	۰/۰۰۱ns	۱۱٤/۷٦**	۹۰/۹۲**	۹/۱٦**
V	۱	٥٤۲۲/۳**	۰/۷۲**	۳/۱۲**	٦/٤۸**	۳۹٦/۲۱**	۱٦/۱٥**	٤/۳۲**
M	۱	۱۰٥٤٥/٥**	۱/۸۰**	۱/۳٦**	۲٤/۸٥**	۹۹۲/۳٥**	۰/٤۳**	۸/۳۷**
T.V	۱	٥۳۸/۹۸**	۰/۰۰۰۱ns	٤/۰٦**	۰/۰۱ns	۷/٦۰**	۰/۰۳ns	۰/۰٥*
T.M	۱	٦٤۰/۱۰**	۰/۳۲**	۱/۲۸**	۰/۰۸ns	٦٤/۹۸**	۳٤/۳۲**	۰/۲۰**
V.M	۱	٤/٤۷**	۰/۰۱ns	٦/٦٦**	۰/۱٥ns	۷/٦۰**	۸/۳٤**	۳/٦۲**
V.T.M	۱	۹٦۸/۱۱**	۰/۱۰**	۰/۷۲**	۰/٥۰*	۱۸۳/۳٦**	۰/۲۷**	۳/۸۲**
خطا	۲۱	۰/۰٦	۰/۰۰٦	۰/۰۳	۰/٦۷	۰/۹۰	۰/۰۲	۰/۰۰۹
ضریب تغییرات		۰/۷٤	۲/۷٥	۳/۷۷	٤/٥۹	۳/۹۷	۲/۰۳	۳/۰۲

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

(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

جدول ٤: نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر اصلی، ورمی کمپوست، میکوریزا، چای کمپوست و اثر متقابل آنها بر خصوصیات نعنای آبی

منابع تغیرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد ساقه	قطر ساقه رونده	تعداد ساقه رونده	طول ساقه رونده	غلظت فسفر	غلظت پتاسیم	غلظت نیتروژن
تکرار	۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۹٦	۰/٦۷	۰/۰۰۰۲	۰/۲۲	۰/۰۲
T	۱	۱/٦۰**	۰/۱٥**	۳۰/۲۰**	۲۳/۸۷**	۰/۰۰۲**	۸/۸۹**	٤/۲۹**
V	۱	۱۱/۹٥**	٦/٤۸**	۷٤/٦۹**	۲۰٦/۰٤**	۰/۰۰۰۰۷*	٥/۳۳**	٤/۲٤**
M	۱	۳٥/٦۱**	۱۸/۹۱**	۲٦۹/٦٤**	۳۷۳/۳۲**	۰/۰۱۳**	۱/۸۳**	۰/۰۲ns
T.V	۱	۱/٤۲**	۰/۰۰۱ns	٦۸/۷٦**	۱۰/۱۷**	۰/۰۰۰۱**	۱/٦٥**	٤/٤۹**
T.M	۱	۰/۰۰۹ns	۰/٥۰**	۲۸/۳۳**	۹/۷٤**	۰/۰۰۱**	۰/۸۰**	۱/۸۳**
V.M	۱	۰/۸۹**	۰/۱۰*	۸۸/۷٤**	۳/٤۹*	۰/۰۰۰٥**	۱/۳۰**	۰/۲۸*
V.T.M	۱	۲٤/۹۲**	۰/٦۰**	۰/۰۰۸ns	٤٥/۲٦**	۰/۰۰۱**	۰/٤٦**	۰/۰۳ns
خطا	۲۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/٤٥	۰/٥۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰٦
ضریب تغییرات		۲/٥۱	۳/٤٥	٤/۱۱	٤/۲۷	۲/۱۳	٤/۲۱	۱٤/٤۰

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

(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

غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اندام‌های هوایی نعنای آبی: با توجه به نتایج تجزیه واریانس مشاهد می‌گردد که کاربرد توام و به تنهایی کودهای آلی و بیولوژیک بر غلظت نیتروژن، غلظت فسفر، غلظت پتاسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد کاربرد توام کودهای آلی و بیولوژیک باعث افزایش غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم نسبت به شاهد شد کاربرد چای کمپوست × ورمی کمپوست× همزیستی میکوریزایی به‌ترتیب ۷۰ درصد فسفر و ۳۱۲ درصد پتاسیم و کاربرد چای کمپوست × ورمی کمپوست ۱۰۱ درصد نیتروژن را نسبت به شاهد افزایش داد.

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل دو گانه بر صفات مورد مطالعه نعنای آبی

تیمار	تعداد ساقه رونده	غلظت نیتروژن(٪)	تیمار	تعداد ساقه رونده	غلظت نیتروژن(٪)	تیمار	تعداد ساقه رونده	غلظت نیتروژن(٪)
V_0M_0	۱۰/۳۷c	۱/۲۸b	T_0M_0	۱۳/۶۰c	۱/۱۹c	T_0V_0	۱٤/٤٥c	۰/٦٦b
V_0M_1	۱۹/۵۱a	۱/۵۲b	T_0M_1	۲۱/۲۸a	۱/٦۱ b	T_0V_1	۲۰/٤۳a	۲/۱٤a
V_1M_0	۱٦/۷٦b	۲/۱۹a	T_1M_0	۱۳/۵۳c	۱/۸٦b	T_1V_0	۱۵/٤۳b	۲/۱٤a
V_1M_1	۱۹/۲۳a	۲/۰٦a	T_1M_1	۱۷/٤٦ b	۲/٤۰a	T_1V_1	۱۵/۵٦b	۲/۱۲a

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

(T_0V_0): شاهد، (T_0V_1): ورمی کمپوست، (T_1V_0): چای کمپوست، (T_1V_1): ورمی کمپوست × چای کمپوست

(T_0M_0): شاهد، (T_0M_1): همزیستی میکوریزا، (T_1M_0): کاربرد چای کمپوست، (T_1M_1): چای کمپوست × همزیستی میکوریزا

(V_0M_0): شاهد، (V_0M_1): همزیستی میکوریزا، (V_1M_0): ورمی کمپوست، (V_1M_1): ورمی کمپوست × همزیستی میکوریزا

جدول ٦: مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه کاربردجای کمپوست، ورمی‌کمپوست و همزیستی میکوریزا بر صفات مورد مطالعه نعنای آبی

تیمار	عرض برگ (سانتی متر)	طول برگ (سانتی متر)	تعداد برگچه	قطر گل (میلیمتر)	تعداد ساقه	قطر ساقه رونده (میلیمتر)	طول ساقه رونده (سانتی متر)	عملکرد وزن تر (گرم در گلدان)	عملکرد وزن خشک (گرم در گلدان)	سطح برگ (سانتی متر)	غلظت فسفر(٪)	غلظت پتاسیم(٪)
$T_0V_0M_0$	۲/۲۷d	۳/۴۲d	۱۲/۹۵f	۴/۲۲e	۳/۵۷f	۲/۲۵f	۸/۹۲f	۴/۲۰f	۱/۸۱f	۷۲/۳۴h	۰/۱۰۷e	۰/۸۳d
$T_0V_0M_1$	۳/۱۰a	٤/۸۵b	۳۰/۷۵b	٦/۲۰b	۷/۷۵b	٤/۲۰b	۱۹/۹۷b	٦/۸۷e	۲/۹۷d	۹۸/۹۲e	۰/۱۸۵a	۲/۲۷c
$T_0V_1M_0$	۲/۷۲bc	۵/۳۷a	۲٤/۷۷c	۵/۲۰c	٦/٤۷c	۳/۳۲cd	۱۸/۲۷c	٦/۵۲e	۲/٤۵e	۸۷/۹۱f	۰/۱۳d	۲/۷۵b
$T_0V_1M_1$	۳/۲۵a	۵/۵۷a	۳٤/۹۵a	٦/۹۵a	٦/٤۵c	٤/۹۵a	۲۲/٦۰a	۷/۵۲d	۳/٦۵c	۱۵۱/۸٤a	۰/۱۷b	۲/۹۰b
$T_1V_0M_0$	۲/۵۵c	٤/۲۷c	۱۷/۷۷e	٤/۵۵de	٤/٤۳e	۲/٦۵e	۱۱/۸۲e	۹/۵۲b	۲/۲۷e	۸۱/۷٤g	۰/۱۵c	۲/۹۰b
$T_1V_0M_1$	۲/۷۵bc	۵/۵۰a	۲۰/۳۰d	۵/۸۲b	۵/۱۵d	۳/۵۵c	۱۹/۰۵bc	۸/٤۲c	٤/۵۰a	۱۱۲/٤۲c	۰/۱۷۷ab	۳/۲۵a
$T_1V_1M_0$	۲/۷۷b	۵/٤۰a	۱۸/۰۷de	۵/۱۰cd	٤/٦۵e	۳/۱۵d	۱۵/۲۵d	۱۲/۰۸a	٤/٤۵a	۱۰۲/۸۹d	۰/۱۵c	۳/٤۲a
$T_1V_1M_1$	۳/۱۲a	٤/۲۰c	۳۲/۱۲b	۷/۱۵a	۸/۲۲a	٤/۸۲a	۱۵/۸۷d	۸/۵۷c	۳/۹۵b	۱۲٦/۹۲b	۰/۱۸۲a	۳/٤۲a

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

($T_0V_0M_0$): شاهد، ($T_0V_0M_1$)، همزیستی میکوریزا، ($T_0V_1M_0$): ورمی کمپوست، ($T_0V_1M_1$): ورمی کمپوست × همزیستی میکوریزا،

($T_1V_0M_0$): چای کمپوست، ($T_1V_0M_1$): چای کمپوست × همزیستی میکوریزا، ($T_1V_1M_0$): چای کمپوست × ورمی کمپوست،

($T_1V_1M_1$): چای کمپوست × ورمی کمپوست × همزیستی میکوریزا

بحث

این تحقیق با نتایج Nemati Drabandi و همکاران (۲۰۱٤) که افزایش سطح برگ بادرنجبویه را در اثر محلول پاشی ورمی‌واش گزارش کردند، مطابقت دارد. همچنین در تحقیقی گزارش شد که کاربرد کودهای بیولوژیک روی میزان سطح برگ گندم اثر مثبت داشت (Amiri et al., 2013). Azizi و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند کاربرد ورمی‌واش باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، فاصله میانگره، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و درصد اسانس نسبت به شاهد در ریحان شد. Taher و همکاران (۲۰۱۳) نیز بیان نمودند باکتری‌های حل کننده فسفات اثر معنی‌دار بر قطر گلچه گل مریم داشت. در تحقیقی دیگر مشاهده شد که کاربرد میکوریزا و ازتوباکتر باعث افزایش قطر گل در گیاه زولنگ (*Eryngium caeruleum*) شد (Koozehgar et al., 2014). همچنین Karimi و همکاران (۲۰۱۳) در یک آزمایش مزرعه‌ای اظهار داشتند که کودهای زیستی حاوی باکتری‌های حل کننده فسفات و تثبیت کننده نیتروژن باعث افزایش تعداد شاخه جانبی و برگ گیاه لوبیا سبز شد. Koozehgar Kaleji and Ardakani (۲۰۱٦) افزایش طول و عرض برگ را در گیاه زولنگ با کاربرد میکوریزا گزارش کردند. Bigonah و همکاران (۲۰۱۵) نیز افزایش وزن خشک گیاه گشنیز را در اثر کاربرد کودهای بیولوژیک و ورمی کمپوست گزارش کردند. Farzaneh و همکاران (۲۰۰۹) نیز بیان داشتند تلقیح بذور نخود با میکوریزا وزن خشک کل را به میزان ٤۳ 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. همچنین Azizi و همکاران (۲۰۰۵) با بررسی تأثیر مثبت سطوح مختلف ورمی کمپوست بر بهبود وضعیت جذب عناصر اصلی نیتروژن، فسفر و پتاسیم اظهار نمودند که کاربرد ورمی کمپوست و ورمی‌واش بر میزان مواد مؤثره ریحان مؤثر است. Atiyeh و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند چای کمپوست حاوی اسید هیومیک می‌باشد که باعث بهبود فراهمی عناصر غذایی خاص ب ویژه روی و آهن می‌شود. در تحقیقی Arguello و همکاران (۲۰۰٦) عنوان نمودند که کاربرد دو گونه قارچ میکوریزا *Glomus mosseae* و *Glomus deserticola*، سبب بهبود معنی‌دار غلظت نیتروژن در گیاه اکالیپتوس به‌ترتیب (۲/۹٦ و ۳/۵۱ درصد) در مقایسه با شاهد (۱/۷٦درصد) شد. پژوهشگران در این آزمایش، افزایش غلظت نیتروژن را به بهبودی که در رشد، نمو و مقدار کلروفیل برگ و متعاقب آن وزن خشک گیاه که در اثر همزیستی میکوریزایی حاصل شده بود، نسبت دادند. در تحقیق Kapoor و همکاران (۲۰۰٤) مشخص گردید که میانگین غلظت فسفر در تلقیح رازیانه با دو گونه میکوریزای (۱/٦۲٪) به نحو بارزی نسبت به تیمار شاهد (۱/۱۵٪) بیشتر شد. Arguello و همکاران (۲۰۰٦) بیان کردند که کشت گیاه اکالیپتوس همراه با سویا و در شرایط همزیستی میکوریزایی قارچ گونه *Glomus deserticola* با ریشه گیاه اکالیپتوس، غلظت پتاسیم در مقایسه با شاهد به نحو بارزی بهبود یافت.

آنها دریافتند که ریشه‌های میکوریزایی سویا به‌عنوان یک منبع تلقیح میکوریزایی اضافی برای ریشه اکالیپتوس عمل نموده و با مشارکت یکدیگر ضمن بهبود جذب عناصری نظیر پتاسیم و افزایش رشد و وزن خشک گیاه اکالیپتوس، سبب بهبود محسوس غلظت پتاسیم آن نیز شد. Zaller (۲۰۰۷) بهبود فعالیت میکربی، وجود تنظیم کننده‌های رشد گیاهی و افزایش جذب عناصر معدنی نظیر پتاسیم در تیمار حاوی ورمی کمپوست را به‌عنوان دلایل عمده افزایش غلظت پتاسیم در مقایسه با تیمار عدم مصرف دانست

همچنین یک اثر مشارکتی و تشدید کننده نیز در مصرف همزمان تلقیح میکوریزایی و ورمی کمپوست مشاهده شد به نحوی که این تأثیر تقویت کننده، در تیمار شامل تلقیح با میکوریزا و مصرف ۱۰ تن ورمی کمپوست به‌طرز محسوسی نمایان گشت.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج به‌دست آمده کاربرد توام میکوریزا، چای کمپوست و ورمی کمپوست در کشت گیاه نعنای آبی موجب افزایش معنی‌دار صفات مورد اندازه‌گیری شد. در واقع این افزایش عملکرد و اجزای آن در زمان استفاده از همزیستی میکوریزایی و کاربرد ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست می‌تواند ناشی از افزایش جذب مواد غذایی نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر غذایی کم مصرف و وجود جمعیت‌های میکروبی در خاک یا ریزوسفر باشد. از آنجا که کودهای زیستی اثرات مثبتی بر گیاه مورد مطالعه داشت، می‌تواند به‌عنوان جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار مطرح شود.

References

Amiri, M.B., Resvani Moghadam, P., Ghorbani, R., Falahi, J., Dihimfard, R. and Flahpor, F.(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.

Arancon, N.C., Edwards, A., Bierman, P., Welch., C. and Metzger., J.D. (2004). Influences of vermi composts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology. 93:145-153.

Arguello, J.A., Ledesma., A., Nunez, S.B., Rodriguez, C.H. and Goldfarb, M.D.D. (2006). Vermicompost effects on bulbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield, and quality of Rosado paraguayo garlic bulbs. Horticulture Science. 41(3): 589-592.

Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q. and Metzger, J.D. (2002). The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology. 84: 7-14.

Azizi, M., Rezvani, F., Hasan zadeh, M., Lakzian, A. and Nemati., H. (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., Baghani, M., Lakzian, A. and Aroei, H.(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).

Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S. (1982). Nitrogen-Total. In: Page, A.L., Ed., Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison. 595-624.

Bigonah, R., Rezvani Moghadam, P. and Jahan, M.(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.

Daei. G., Ardakani, M.R., Rejali, F., Teimuri, S. and Miransari, M. (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.

Emami, A. (1996). Methods of chemical analysis of plant. Technical publication, No. 982, (Vol.1). Soil and Water Research Institute. Tehran.p.91-128. (In Persian).

Farzaneh, M., Wichmann, S., Vierheilig, H. and Kaul, H.P. (2009). The effects of Arbuscular mycorrhiza and nitrogen nutrition on growth of chickpea and barley. Pflanzenbauwissenschaft-en. 13(1): 15-22.

Griffe, P., Metha, S. and Shankar, D. (2003). Organic production of medicinal, Aromatic and Dye-yielding Plants (MADPs): Forward, Preface and Introduction. FAO.

Jesus, D.L. (2003). Effect of artificial polyploidy in transformed roots of *Artemisia annua* L. A thesis in Biotechnology of Woreester polytechnic Institute, for the Degree of Master of Science in Biotechnology. 111p.

Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G. (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.

Kamkar, A., Jebelli Javan, A., Asadi, F. and Kamalinejad, M .(2010). The antioxidative effect of Iranian *Mentha pulegium* extracts and essential oil in sunflower oil. Food Chemical Toxicology. 48: 1796-1800.

Karimi, K., Boland Nazar, S.A. and Ashori, S. (2013). Effect of biofertilizers and Arbuscular mycorrhizal fungi on yield and quality of green beans. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 23(3):158-166

Koozehgar kaleji, M. and Ardakani, MR. (2016). Evaluation particularity of morphological traits of *Eryngium caeruleum* as effected use biofertilizer and various levels of plant densities . Global conference on new approaches in Agriculture and Environment with the focus on Sustainable Development and Safe Production , Shiraz , 28 January .

Koozehgar Kaleji, M., Ardakani, M.R., Rezvani M. and Zaefarian, F. (2014). Evaluation particularity of morphological traits of *Eryngium caeruleum* Mycorrhizal symbiosis, Azotobacter and various levels of plant densities. The first meeting of the new electronic environment and ecosystems, Agricultural, electronic, Renewable Energy and Environmental Research Institute of Tehran University,http://www.civilica.com/Paper-AGROCONGRESS01- 295.html.

Nemati Darbandi, H., Azizi, M., Mohamadi, S. and Karimpor, S. (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 Darbandi, H., Azizi, M., Mohamadi, S. and Karim Poor, S. (2012). Study effect solution spraying vermicompost with different concentration morphological characteristics, percentage and oil yield of Lemonbalm (*Melissa officinallis).* Journal of Horticultural Science. 411-417. (in Farsi)

Sajadi, S.E., Naderi, G. and Ziaee, R. (2004). Antioxidant effects of selected medicinal plants of of *Labiatae* family. Journal Kermanshah University of Medical Sciences. 8(2): 1-12 [in Persian].

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.

Sanchez, G.E., Carballo, G.C. and Ramos, G.S.R. (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.

Taher, T., Golchin, A., Shafiei, S. and Sayfzadeh, S. (2013). Effect of nitrogen and phosphate solubilizing bacteria on growth and quantitative traits of tuberose (*Polianthes tuberose* L.). Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 4(16) :41-50.

Toussaint, J.P., Smith, F.A. and Smith, S.E. (2007). Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil

irrespective of phosphorus nutrition. Mycorrhiza 17(4): 291-297.

Zaller, J.G. (2007). Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. Scientica Horticulturae. 112: 191-199.