نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 7، شماره 4، زمستان 1394، ص. 577-563

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 4, Winter 2016, p. 563-577

اثر کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی کمپوست، ورمی‌کمپوست و گرانوله گوگردی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.) در یک نظام زراعی کم‌نهاده

پرویز رضوانی‌مقدم[1*]، محمد بهزاد امیری[2] و حمید رضا احیایی[3]

تاریخ دریافت: 1390/11/05
تاریخ پذیرش: 1391/08/10

رضوانی‌مقدم، پ.، امیری، م.ب.، و احیایی، ح.ر. 1394. اثر کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی کمپوست، ورمی‌کمپوست و گرانوله گوگردی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.) در یک نظام زراعی کم‌نهاده. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 7(4): 577-563.

چکیده

در سال‌های اخیر، با افزایش دانش بشری توجه به سلامت فرآورده‌های غذایی و به ویژه محصولات دارویی افزایش یافته است، از این‌رو، استفاده از نهاده‌های اکولوژیک برای تولید این محصولات بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. به منظور بررسی اثر کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی بر برخی خصوصیات کمی و کیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.) آزمایشی در مزرعه دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 89-1388 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل میکوریزا (*Glomus mosseae*)، میکوریزا به علاوه کمپوست، میکوریزا به علاوه ورمی‌کمپوست، میکوریزا به علاوه گرانوله گوگردی، کمپوست، ورمی‌کمپوست، گرانوله گوگردی و شاهد (بدون کود) بودند. نتایج نشان داد که اثر کودهای بیولوژیک و آلی بر عملکرد دانه معنی‌دار بود، به طوری‌که میکوریزا چه به تنهایی و چه در ترکیب با کودهای آلی گرانوله گوگردی و ورمی‌کمپوست باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. عملکرد بیولوژیک، در اثر تیمارهای ورمی‌کمپوست و گرانوله گوگردی همراه با میکوریزا نسبت به زمانی که این کودها به تنهایی به کار رفتند به طور معنی‌داری افزایش یافت. استفاده از کودهای آلی همراه با میکوریزا باعث افزایش درصد روغن کنجد شد، به طوری‌که در کاربرد همزمان میکوریزا و هر یک از کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گرانوله گوگردی روغن دانه به ترتیب 12، 13 و 10 درصد نسبت به کاربرد جداگانه میکوریزا افزایش یافت. به طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده همزمان از نهاده‌های بوم‌سازگار می‌تواند خصوصیات کمی و کیفی کنجد را بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: سلامت غذا، محصولات دارویی، نهاده‌های اکولوژیک، *Glomus mosseae*

مقدمه

از دیدگاه کشاورزی پایدار، خاک نه تنها یک بستر فیزیکی و شیمیایی است، بلکه به منزله یک پیکره زنده است که با مدیریت موجودات زنده آن، می‌توان تنوع‌زیستی، سلامت و به دنبال آن کارکرد آن را حفظ کرده و افزایش داد، لذا به منظور رسیدن به یک سیستم کشاورزی پایدار، استفاده از نهاده‌هایی که علاوه بر تأمین نیازهای گیاه، جنبه‌های اکولوژیکی سیستم را بهبود بخشند و مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از آن را کاهش دهند ضروری به نظر می‌رسد (Kizilkaya, 2008). از جمله این نهاده‌های سازگار با محیط زیست می‌توان به کودهای آلی اشاره کرد.

ورمی‌کمپوست نوعی کود آلی است که در نتیجه فعالیت گونه‌ای از کرم‌های خاکی[4] بر روی ضایعات شهری، صنعتی و کشاورزی تولید می‌شوند (Sangwan et al., 2008). ورمی‌کمپوست غنی از مواد شبه هورمونی و ویتامین‌ها بوده و عصاره آن به عنوان یک آفت‌کش قوی زیستی مطرح است که باعث افزایش جامعه میکروبی خاک و

1، 2 و 3- به ترتیب استاد دانشگاه فردوسی مشهد، استادیار مجتمع آموزش عالی گناباد، بورسیه دانشگاه شاهد و دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: rezvani@um.ac.ir

4- *Eisenia fetida*

نگهداری عناصر غذایی برای دوره‌ای طولانی‌تر بدون اثرات منفی بر محیط می‌گردد (Padmavathiamma et al., 2008). گزارش شده است که ورمی‌کمپوست به عنوان اصلاح‌کننده آلی خاک، در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان مؤثر است (Raja Sekar & Karmegam, 2010). گوتیرز و همکاران (Gutierrez et al., 2007) در بررسی اثر ورمی‌کمپوست بر خصوصیات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) گزارش کردند که ارتفاع گیاه 85 روز پس از نشاکاری در نتیجه کاربرد ورمی‌کمپوست به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود.

کمپوست‌ها موادی هستند که طی فرآیند تجزیه مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌ها در حضور اکسیژن ساخته می‌شوند (Rantala et al., 1999). این کود دارای اغلب عناصر غذایی اصلی مورد نیاز گیاه بوده و در ضمن باعث کاهش سطوح آلاینده‌ها، بهبود ساختار خاک و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و ترکیبات هیومیک خاک می‌شود (Gutierrez et al., 2007). افزون بر این، استفاده از این کودها در کنترل فرسایش خاک و جلوگیری از آلودگی منابع آبی مؤثر است (Remus et al., 2000). دلات (Delate, 2000) پس از بررسی اثر کودهای آلی مختلف بر خصوصیات کمی و کیفی چندین گیاه دارویی گزارش کرد که ورمی‌کمپوست باعث افزایش ارتفاع در بوته سرخارگل (*Echinaceae purpurea* L.) و افزایش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی در گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) شد.

گوگرد یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان است که در سال‌های اخیر استفاده از آن کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Scherer, 2001). کاهش استفاده از نهاده‌های گوگردی از یک سو و افزایش روزافزون استفاده از کودهای NPK از سوی دیگر باعث بر هم خوردن تعادل گوگردی خاک‌های کشاورزی شده است، به طوری‌که برخی محققین (Kertesz & Mirleau, 2004; Anandham et al., 2007) گزارش کردند که به دلیل کمبود گوگرد، سنتز برخی پروتئین‌ها و ویتامین‌های ضروری گیاهان با مشکل مواجه می‌شود، از این‌رو استفاده از نهاده‌های گوگردی بوم‌سازگار نظیر گرانوله گوگردی برای بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان ضروری به نظر می‌رسد. جهان و همکاران (Jahan et al., 2011) اثر گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک مختلف را بر خصوصیات کمی و کیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.) بررسی و گزارش کردند که بیشترین میزان روغن دانه در تیمار بیوسولفور (39/4 درصد) به دست آمد.

در حال حاضر، به دلیل توجه افکار عمومی به اثرات جانبی مواد شیمیایی کشاورزی، پژوهش‌ها در مورد ریزموجودات همزیست با گیاهان به عنوان سیستمی کم‌نهاده توسعه یافته است (Founoune et al., 2002). میکوریزا از مهمترین موجودات همزیست با گیاهان هستند که به یک راسته مونوفیلتیک[1] به نام گلومرومیکوتا[2] تعلق دارند (Schussler et al., 2001) و تقریباً در تمام اکوسیستم‌های خشکی حضور دارند (Zhu et al., 2010). میکوریزاها همزیست‌های اجباری هستند و با 70 تا 90 درصد گونه‌های گیاهی کره زمین همزیستی نشان می‌دهند و کربن مورد نیاز برای تکمیل چرخه زندگی‌شان را از گیاه میزبان به دست می‌آورند (Zhu et al., 2010; Bago et al., 2000). میکوریزا ضمن بهبود جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر (Roesti et al., 2006)، باعث بهبود ساختار خاک (Rillig & Mummey, 2006) و افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی (Marulanda et al., 2007) می‌شود. برخی محققین (Azcon-Aguilar & Barea, 1996) به اثرات مثبت میکوریزا بر کنترل عوامل بیماری‌زا اشاره کرده‌اند. وو و زو (Wu & Zou, 2010) گزارش کردند که *Glomus mosseae* باعث بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه نارنگی (*Citrus tangerine* Tanaka.) شد. جهان و همکاران (Jahan et al., 2007) اثر کاربرد همزمان میکوریزا (*Glomus intraradices*) و باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (*Azospirillum brasilense* و *Azotobacter paspali*) را در نظام‌های زراعی رایج و اکولوژیک بررسی و گزارش کردند که بیشترین سرعت فتوسنتز و عدد کلروفیل‌متر ذرت (*Zea mays* L.) در تلقیح همزمان میکوریزا و باکتری به دست آمد.

یکی از مشکلات اساسی در کاربرد کودهای آلی، کندی سرعت آزاد شدن عناصر غذایی در آن‌هاست که در نتیجه ممکن است زمان رهاسازی عناصر غذایی آن‌ها با نیاز گیاه منطبق نباشد. در این شرایط استفاده از نهاده‌های بیولوژیک نظیر میکوریزا می‌تواند راهکاری مناسب برای افزایش کارایی این کودها باشد (Perner et al., 2007). از آن‌جایی که میکوریزا همزیست اجباری گیاه است، ارتباط میکوریزا و مواد آلی خاک رابطه‌ای غیرمستقیم است، با این حال ثابت شده است که میکوریزاها به طور محسوسی به حضور مواد آلی در محیط

1- *Monophyletic phylum*
2- *Glomero mycota*

رشدشان پاسخ مثبت مـی‌دهنـد (Gryndler et al., 2005; Joner, 2000). به نظر می‌رسد که توانایی میکوریزا برای اسـتفاده از اشـکال آلی نیتروژن و فسفر، عامل تعیین‌کننده کلیدی در تأثیر کودهای آلی بر بهره‌وری گیاه زراعی باشـد (Jahan, 2011). عملیـات کشـاورزی پرنهاده نظیر استفاده از نهاده‌های شیمیایی، آفت‌کش‌ها و تک‌کشتی باعث کاهش تأثیرگذاری میکوریزا می‌شود (Oehl et al., 2004). در منابع متعدد به اثر مثبت کودهای آلی بر گسترش قارچ‌های میکوریزا، ترکیب جوامع میکروبی، فون و فلور خاک و نیـز تشـدید فرآینـدهای متابولیکی در داخل خاک و اندام‌های مختلف گیاهان تأکید شده است (Morone et al., 2005; Gryndler et al., 2006). لی و همکاران (Lee et al., 2008) گـزارش کردنـد کـه فراوانـی اسـپورها و تنـوع گونه‌های میکوریزا در مزارع ارگانیک بیشتر از مزارع رایج بود.

کنجد یکی از مهمترین گیاهان دانـه روغنـی در دنیـا بـه شـمار می‌رود که به خانواده پدالیاسه[1] تعلق دارد (Debnath et al., 2007). دانه، روغن و کنجاله کنجد کاربردهای متعدد تغذیه‌ای و صنعتی دارند که از آن جمله می‌توان به کاربرد آن‌ها در صنایع دارویـی، آرایشـی، عطاری و صابون‌سازی اشاره کرد (Uzun et al., 2008). دانه کنجد دارای 25 درصد پروتئین و 50 درصد روغن است و از این‌رو از ارزش غذایی بالایی برخوردار است (Rajeswari et al., 2010). کنجـد در عین حال که محصول مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیر اسـت، ولـی اصلاح واریته‌های مناسب موجب گسترش آن به مناطق معتدل‌تر شده است (Hasanpour et al., 2011).

با توجه به اهمیت و نقش کنجد به عنوان یـک گیـاه دارویـی و روغنی، نکته حائز اهمیت در تولید این گیاه، بهبـود خـواص کمـی و کیفی آن بدون کاربرد نهاده‌های مضر شیمیایی می‌باشد و از آن‌جایی که تحقیقات در زمینه اثرات همزمان میکوریزا و کودهای آلی بر رشد و عملکرد گیاهان مختلف اندک است، این پژوهش با هدف بررسی اثر کاربرد همزمان این نهاده‌های اکولوژیک بر خصوصیات کمی و کیفی کنجد انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

ایـن پـژوهش مزرعـه تحقیقـاتی دانشـکده کشـاورزی دانشـگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 89-1388 در قالب طرح بلـوک‌هـای کامل تصادفی با سه تکرار در واقع در 10 کیلومتری شرق مشـهد بـا عرض جغرافیایی 36 درجه و 16 درجه شمالی و طول جغرافیـایی 59 درجه و 36 دقیقه شرقی و ارتفاع 985 متری از سطح دریا اجـرا شـد. تیمارهای آزمایش شامل میکوریزا (*Glomus mosseae*)، میکوریزا به علاوه کمپوست، میکوریزا به علاوه ورمی‌کمپوست، میکوریزا به علاوه گرانوله گوگردی، کمپوست، ورمی‌کمپوست، گرانوله گوگردی و شاهد (بدون اعمال کود) بودند.

زمین محل اجرای آزمایش در سال زراعی قبل زیر کشـت زیـره سیاه (*Carum carvi* L.) بود. قبل از انجام آزمایشات مزرعه‌ای، بـه منظور تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، از عمق صـفر تـا 30 سـانتی‌متـری خـاک محـل پـژوهش نمونـه‌بـرداری انجـام گرفـت. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جـدول 1 نشـان داده شده است.

به منظور اعمال کودهای آلی، میزان عناصر غـذایی هـر یـک از کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گرانوله گوگردی تعیین (جـدول 2) و سپس بر حسب نیاز غذایی کنجد به ترتیب بر مبنای 10، 7/5 و 7/5 تن در هکتار، قبل از کاشت به طور یکنواخت در سطح کرت‌های مورد نظر پخش و بلافاصله توسط بیل‌دستی وارد خاک شدند.

به منظور آماده‌سازی زمین تنها عملیات دیسک‌زنی با تأکیـد بـر خاکورزی حداقل در نظر گرفته شد و کلیه مراحل بعدی توسط کارگر و به کمک بیل دستی انجام شد. به منظور اعمال میکوریزا، بر اساس توصیه شرکت تولیدکننده، این قارچ‌ها (به صورت مخلوط با خاک) در هر ردیف کشت به طور نواری بر روی خطوط کاشت پخـش شـدند. بذور کنجد (توده اسفراین) تهیه شـده از مزرعـه تحقیقـاتی دانشـگاه فردوسی مشهد در تاریخ هفت خرداد ماه 1389 در کرت‌هایی به ابعاد 4×5 متر کشـت شـدند. اولـین آبیـاری بلافاصـله پـس از کاشـت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یک‌بار تا آخر فصل رشد به روش کرتی انجام شدند. به منظور جلوگیری از نشت آب تیمارهـا بـا یکدیگر، برای هر بلوک یک جوی آب جداگانه در نظـر گرفتـه شـد. برای حصول تراکم مناسـب (50 بوتـه در مترمربـع)، در مرحلـه 6-4 برگی عملیات تنک انجام شد. کنترل علف‌های هرز، در دو نوبـت بـا وجین‌دستی به ترتیب 30 و 45 روز پس از کاشت انجام شد. در زمان آماده‌سازی زمین و در طول دوره رشد، با تأکیـد بـر عمیـات زراعـی اکولوژیک از هیچ علف‌کش، آفت‌کش و قارچ‌کش شـیمیایی اسـتفاده نشد.

1- Pedaliaceae

جدول 1- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Physico-chemical characteristics of studied experimental soil site

بافت Texture	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Potassium available (ppm)	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available phosphorus (ppm)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
سیلت-لومی Silt-loam	475	11	0.079	1.1	7.6

جدول 2- نتایج تجزیه شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده در آزمایش
Table 2- Chemical characteristics of organic fertilizers used in experiment

کود آلی Organic fertilizer	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	گوگرد (درصد) Sulphur (%)
کمپوست Compost	1.45	1.06	1.05	-
ورمی‌کمپوست Vermicompost	1.43	1.22	1.03	-
گرانوله گوگردی Sulfural geranole	1.39	1	0.9	10

در انتهای فصل رشد، همزمان با زرد شدن بوته‌ها و خشک شدن غلاف‌ها، برای تعیین عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص برداشت، بوته‌های دو مترمربع از هر کرت آزمایشی برداشت شدند. همچنین سه بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و وزن هزار دانه، وزن دانه در بوته و تعداد دانه در بوته آن‌ها تعیین شدند. عملکرد دانه و بیولوژیک با ترازوی دیجیتالی با دقت یک صدم گرم و وزن هزار دانه و وزن دانه در بوته با ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم اندازه‌گیری شدند. به منظور تعیین میزان روغن دانه از روش استخراج گرم AOAC Official Method 972.28 (41.1.22) استفاده شد (Horwitz & Latimer, 2005).

جهت تجزیه واریانس و تحلیل آماری داده‌های آزمایش و رسم نمودارها، از نرم‌افزارهای SAS Ver. 9.1 و MS Excel Ver. 11 استفاده شد. مقایسه کلیه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

وزن دانه در بوته

کودهای بیولوژیک و آلی از نظر وزن دانه در بوته، تفاوت معنی‌دار داشتند ($p\leq 0/01$) (جدول 3)، به طوری‌که وزن دانه در بوته در اثر تیمارهای میکوریزا به علاوه گرانوله گوگردی و میکوریزا به علاوه ورمی‌کمپوست به ترتیب 29 و 23 درصد بیشتر از شاهد بود (شکل 1).

میکوریزا بر کارایی تمامی کودهای آلی مورد مطالعه تأثیر داشت، به طوری‌که وزن دانه در بوته در هر یک از کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گرانوله گوگردی به ترتیب 14، 25 و 68 درصد بیشتر از کاربرد جداگانه این کودها بود (شکل 1). عموماً، بین وزن و تعداد دانه تولید شده توسط گیاهان زراعی همبستگی مثبت وجود دارد. به عبارت دیگر، ممکن است عملکرد بالای دانه در تعداد بیشتر دانه نمود پیدا کند (Evans, 1993). با توجه به جدول 4، بین تعداد دانه در بوته و وزن دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (R^2 =0/82)، لذا با توجه به این‌که کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی گرانوله گوگردی و ورمی‌کمپوست تعداد دانه در بوته را افزایش داد (شکل 1)، افزایش وزن دانه در بوته در شرایط استفاده از این کودها منطقی به نظر می‌رسد. به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای آلی احتمالاً از طریق افزایش فتوسنتز گیاه باعث شدند که کربن بیشتری در اختیار میکوریزا قرار گیرد (Gavito & Olsson, 2003) و در نتیجه کارایی میکوریزا در شرایط استفاده از این کودها افزایش یافت. لی و همکاران (Lee et al., 2008) گزارش کردند که در مزارع ارگانیک که تکیه آن‌ها بر استفاده از کودهای آلی است، کارایی میکوریزا بیشتر از مزارع رایج بود.

تعداد دانه در بوته

در بررسی اثر کودهای بیولوژیک و آلی بـر تعـداد دانـه در بوتـه مشاهده شد که هر یـک از تیمارهـای میکـوریزا بـه عـلاوه گرانولـه گوگردی، میکوریزا به علاوه ورمی‌کمپوسـت، کمپوسـت، میکـوریزا و ورمـی‌کمپوسـت بـه ترتیـب باعـث افـزایش 54، 17، 12، 11 و 10 درصدی تعداد دانه در بوته نسبت به شاهد شدند (شکل 1). میکـوریزا کارایی کود آلی گرانوله گوگردی را بیشتر از سایر کودهای آلی مـورد مطالعه تحت تأثیر قرار داد، به طوری‌که بیشترین تعداد دانه در بوته در تیمار میکوریزا به علاوه گرانوله گـوگردی (20028 دانـه در بوتـه) و کمترین مقدار آن در کاربرد جداگانه گرانوله گوگردی (4296 دانـه در بوته) حاصل شد (شکل 1).

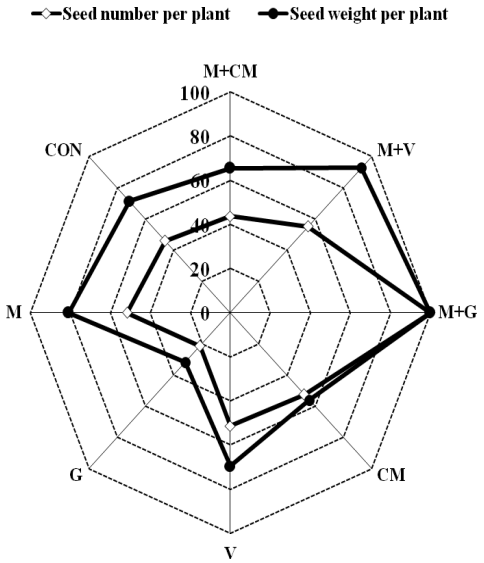
جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات کمی و کیفی کنجد تحت تأثیر کاربرد کودهای بیولوژیک و آلی مختلف

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for some quantitative and qualitative characteristics of sesame as affected by different organic and biological fertilizer application

منابع تغییر S.O.V	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000- Seed weight	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	روغن دانه Seed oil
کودهای بیولوژیک و آلی Organic and biological fertilizer	52739^{ns}	480717^{ns}	0.85^{ns}	0.0002^{ns}	0.55*	394340*	3.29^{ns}
بلوک Block	903541**	14265298**	31.99**	0.0117**	3.72**	57571330**	19.82**
خطا Error	32846	1162789	1.96	0.0018	0.15	641994	1.70

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

*, ** and ns: Are significant at 5 and 1 percent probability levels, and non-significant, respectively.



شکل 1- تغییرات وزن و تعداد دانه در بوته کنجد در اثر کاربرد کودهای بیولوژیک و آلی مختلف

Fig. 1- Variation of seed weight and number of seed per sesame plant as affected by organic and biofertilizers

مبنای مقایسه تیمارها میکوریزا به علاوه گرانوله گوگردی است.

(M: میکوریزا، CM: کمپوست، V: ورمی‌کمپوست، G: گرانوله گوگردی و CON: شاهد)

Mycorrhiza+sulfural geranole was the base for comparisons.

(M: Mycorrhiza, CM: Compost, V: Vermicompost, G: Sulfural geranole and CON: Control)

جدول 4- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در شرایط استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک در کنجد

Table 4– Correlation coefficients between studied characteristics as affected by different organic and biological fertilizer application in sesame

ردیف Row	متغیر Variable	1	2	3	4	5	6	7
1	عملکرد دانه Seed yield							
2	عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.45*						
3	شاخص برداشت Harvest index	-0.23	-0.38					
4	وزن هزار دانه 1000- Seed weight	-0.26	-0.15	0.77**				
5	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	0.99**	0.44*	-0.22	-0.26			
6	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	0.82**	0.23	-0.39	-0.52	0.82**		
7	روغن دانه Seed oil	-0.53*	-0.10	0.03	0.04	-0.53*	-0.45*	

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

* and **: Are significant at 5 and 1 percent probability levels, respectively.

به نظر می‌رسد که ترکیب کودهای آلی و میکوریزا از طریق افزایش فعالیت‌های آنزیمی در خاک (Fliessbach & Mader, 2000) و کاربرد جداگانه میکوریزا و کودهای آلی به ترتیب از طریق بهبود فراهمی عناصرغذایی (Roesti et al., 2006) و افزایش ثبات خاکدانه‌های خاک (Mader et al., 2002) باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه نظیر تعداد دانه در بوته شدند. ریان و همکاران (Ryan et al., 2000) گزارش کردند که کاربرد کودهای آلی در مزارع ارگانیک باعث افزایش کلونی شدن میکوریزا و افزایش تنوع گونه‌ای آن نسبت به مزارع رایج شد. درزی و همکاران (Dorzi et al., 2007) و کیوک و پانک (Liuc & Pank, 2005) به ترتیب گزارش کردند که کاربرد میکوریزا و ورمی‌کمپوست، عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) و بابونه رومی (*Anthemis nobilis* L.) را افزایش داد.

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر کودهای بیولوژیک و آلی مختلف قرار گرفت ($p\leq0/01$) (جدول 3) و بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب در تیمارهای میکوریزا (0/43 گرم) و میکوریزا به علاوه گرانوله گوگردی (0/23 گرم) مشاهده شد (جدول 4). به نظر می‌رسد که احتمالاً میکوریزا از طریق تولید هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین (Marulanda et al., 2009) باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه و افزایش وزن هزار دانه آن شد. ارمان و همکاران (Erman et al., 2011) گزارش کردند که کاربرد جداگانه میکوریزا باعث افزایش وزن دانه و به تبع آن عملکرد دانه نخود (*Cicer arietinum* L.) شد.

اثر میکوریزا بر کارایی کودهای آلی مورد مطالعه بر وزن هزار دانه متفاوت بود، به طوری‌که باعث افزایش کارایی کمپوست و کاهش کارایی ورمی‌کمپوست و گرانوله گوگردی در مقایسه با کاربرد جداگانه هر یک از این کودها بر این ویژگی شد (جدول 5)، در حالی‌که تمامی کودهای آلی مورد مطالعه کارایی میکوریزا را کاهش دادند، به طوری‌که وزن هزار دانه در کاربرد همزمان میکوریزا با هر یک از کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گرانوله گوگردی به ترتیب 9، 28 و 47 درصد نسبت به کاربرد جداگانه میکوریزا کمتر بود (جدول 5). به نظر می‌رسد که کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی بیشتر صرف افزایش تعداد دانه شده و در نتیجه وزن هزار دانه کاهش یافته است. ثابت شده است که با قابل دسترس شدن عناصرغذایی خاک به ویژه فسفر، کارایی میکوریزا به منظور بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه کاهش می‌یابد (Joner, 1999)، لذا احتمالاً رهاسازی عناصرغذایی کودهای آلی باعث کاهش کارایی میکوریزا شد.

سانیز و همکاران (Saniz et al., 1998) نیز کاهش فعالیت میکوریزا را توأم با مصرف کمپوست گزارش کرده است.

جدول 5- مقایسه میانگین اثر کودهای آلی و بیولوژیک مختلف بر برخی خصوصیات کمی و کیفی کنجد

Table 5- Means comparison for some quantitative and qualitative characteristics of sesame as affected by biological and organic fertilizer

تیمارها Treatments	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-Seed weight (g)	روغن دانه (درصد) Seed oil (%)
M+CM	27.47[a*]	0.39[ab]	38.01[bc]
M+V	20.05[bc]	0.31[bcd]	38.68[bc]
M+G	19.59[c]	0.23[d]	37.09[c]
CM	19.52[c]	0.27[cd]	41.85[a]
V	26.37[a]	0.34[bc]	40.36[ab]
G	22.35[b]	0.32[bc]	40.00[ab]
M	25.52[a]	0.43[a]	33.55[d]
CON	25.16[a]	0.33[bc]	40.21[ab]

(M: میکوریزا، CM: کمپوست، V: ورمی‌کمپوست، G: گرانوله گوگردی و CON: شاهد)

(M: Mycorrhiza, CM: Compost, V: Vermicompost, G: Sulfural geranole and CON: Control).

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند.

* In each column, means followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test ($p\leq0.05$).

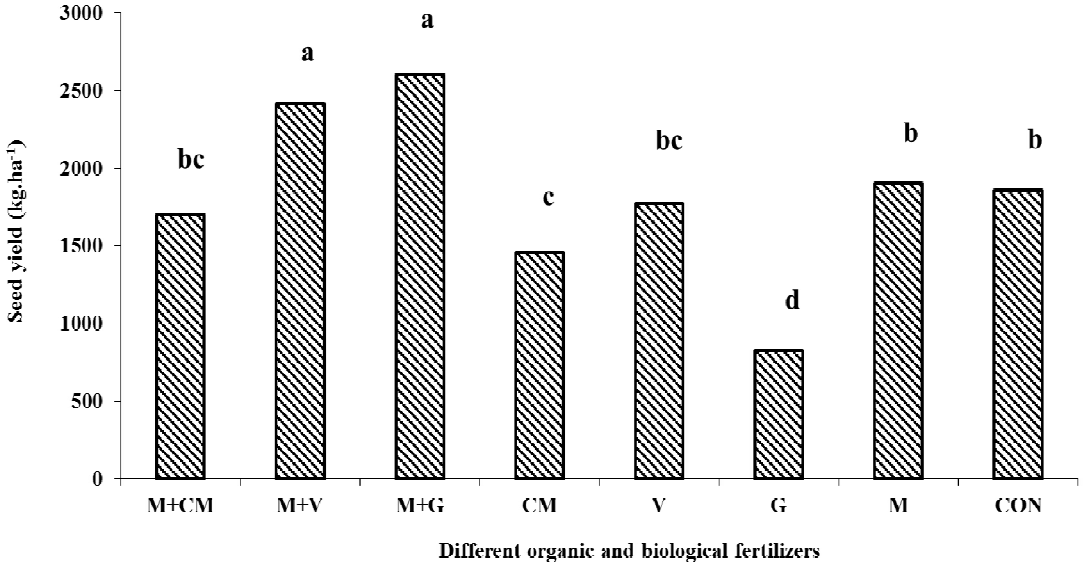
عملکرد دانه

همان‌طور که در شکل 1 مشاهده می‌شود، اثر کودهای آلی و بیولوژیک بر عملکرد دانه معنی‌دار بود ($p\leq0/01$)، به طوری‌که میکوریزا چه به تنهایی و چه در ترکیب با کودهای آلی گرانوله گوگردی و ورمی‌کمپوست باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد شد، گرچه تفاوت کاربرد جداگانه میکوریزا با شاهد معنی‌دار نبود. کاربرد همزمان میکوریزا اثر تمامی کودهای آلی را تشدید کرد، به طوری‌که همراه با کمپوست، ورمی‌کمپوست و گرانوله گوگردی به ترتیب باعث افزایش 14، 27 و 68 درصدی عملکرد دانه در مقایسه با کاربرد جداگانه این کودها شد (شکل 2).

با توجه به ضرایب همبستگی بین صفات مختلف (جدول 4)، بین تعداد و وزن دانه در بوته و عملکرد دانه همبستگی مثبت (به ترتیب R^2=0/82 و R^2=0/99) وجود داشت، لذا با توجه به این‌که کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی گرانوله گوگردی و ورمی‌کمپوست باعث افزایش تعداد و وزن دانه در بوته شد (جدول 5)، افزایش عملکرد دانه در شرایط استفاده همزمان این تیمارها منطقی به نظر می‌رسد. ثابت شده است که بین گسترش و فعالیت میکوریزا و مواد آلی خاک همبستگی مثبت وجود دارد (Gryndler et al., 2001)، بدین ترتیب که استفاده از کودهای آلی باعث استقرار بهتر میکوریزا بر روی گیاه میزبان می‌شود (Oehl et al., 2004)، بنابراین به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد دانه در کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی با استقرار مناسب‌تر این قارچ‌ها در شرایط استفاده از کودهای آلی مرتبط باشد. نتایج این آزمایش با نتایج گالوز و همکاران (Galvez et al., 2001) و جونر (Joner, 2000) همخوانی دارد.

عملکرد بیولوژیک

کودهای آلی و بیولوژیک به طور معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک تأثیر داشتند ($p\leq0/01$) (جدول 3). با توجه به شکل 3، هر یک از تیمارهای میکوریزا+کمپوست، میکوریزا+ورمی‌کمپوست، میکوریزا+گرانوله گوگردی، کمپوست و میکوریزا به ترتیب باعث افزایش 23، 43، 12، 33 و 18 درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شدند که البته از این نظر تفاوت میکوریزا و میکوریزا به علاوه گرانوله گوگردی با شاهد معنی‌دار نبود (جدول 3). میکوریزا کارایی تیمارهای ورمی‌کمپوست و گرانوله گوگردی را نسبت به زمانی که این کودها به تنهایی به کار رفتند، به طور معنی‌دار افزایش داد (شکل 3). به نظر می‌رسد که میکوریزا از طریق بهبود جذب عناصرغذایی (Latef & Chaoxing, 2011) و کودهای آلی از طریق بهبود ساختار خاک (Pavlou et al., 2007) باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شدند، ضمن این‌که احتمالاً میکوریزا از طریق کمک به رهاسازی عناصرغذایی کودهای آلی (Perner et al., 2007) باعث افزایش کارایی آن‌ها شد. رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2011) اثر میکوریزا و کودهای بیولوژیک را بر خصوصیات کمی سیر (*Allium sativum* L.) بررسی و گزارش کردند که *Glomus mosseae* باعث افزایش 50 درصدی عملکرد بیولوژیک شد.



شکل 2- اثر کودهای آلی و بیولوژیک مختلف بر عملکرد دانه کنجد

Fig. 2- Effect of different organic and biological fertilizers on seed yield of sesame

(M: میکوریزا، CM: کمپوست، V: ورمی‌کمپوست، G: گرانوله گوگردی و CON: شاهد)

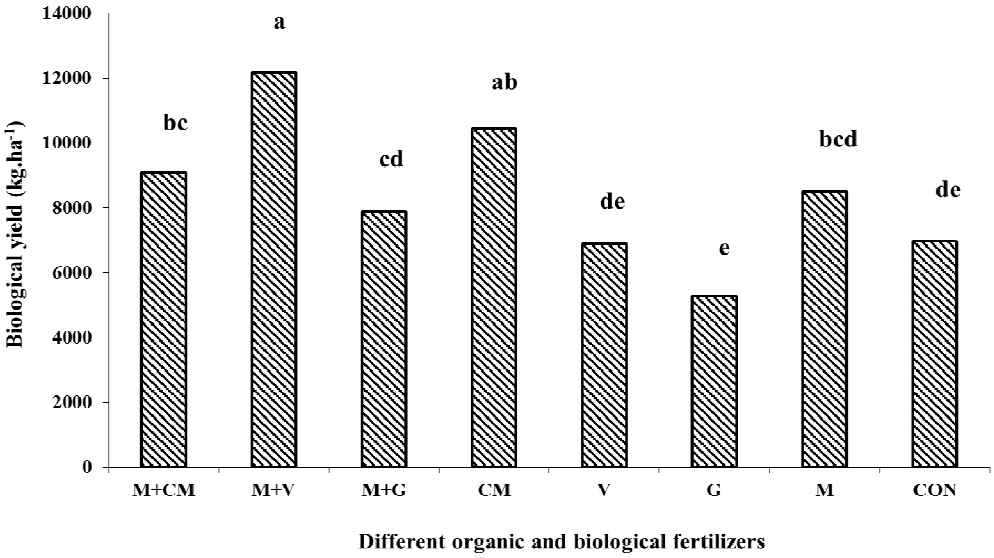
(M: Mycorrhiza, CM: Compost, V: Vermicompost, G: Sulfural geranole and CON: Control)

دلتا (Delate, 2000) گزارش کرد که کمپوست در گیاه سرخارگل از طریق افزایش ارتفاع و در گیاه بادرنجبویه از طریق افزایش وزن خشک اندام هوایی باعث افزایش عملکرد بیولوژیک این گیاهان شد. محمدآبادی و همکاران (Mohammad Abadi et al., 2011) گزارش کردند که کودهای آلی بیشترین قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی برگ شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) را در مقایسه با کودهای شیمیایی دارا بودند. لیندرمن و دیویس (Linderman & Davis, 2001) با بررسی اثر کودهای آلی بر فعالیت میکوریزا گزارش کردند که استفاده از کمپوست باعث افزایش کارایی میکوریزا در جذب عناصرغذایی شد.

شاخص برداشت

بین کودهای آلی و بیولوژیک از نظر شاخص برداشت تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($p\leq0/01$) (جدول 3)، به طوری‌که هر یک از تیمارهای میکوریزا به علاوه کمپوست، ورمی‌کمپوست و میکوریزا به ترتیب باعث افزایش هشت، پنج و یک درصدی شاخص برداشت نسبت به شاهد شدند، که البته از این نظر تفاوتشان با شاهد معنی‌دار نبود (جدول 5).

میکوریزا کارایی کمپوست را بیشتر از سایر کودهای آلی تحت تأثیر قرار داد و بیشترین شاخص برداشت در کاربرد همزمان میکوریزا و کمپوست (27/47) و کمترین مقدار آن در کاربرد جداگانه کمپوست (19/52) به دست آمد (جدول 5). به نظر می‌رسد که میکوریزا و کمپوست از طریق بهبود ساختار خاکدانه‌های خاک (Ortas, 2002; Franzluebbers, 2002; Celik et al., 2004) و در نتیجه باعث بهبود ویژگی‌های کمی گیاه از جمله شاخص برداشت آن شدند. به نظر می‌رسد که ورمی‌کمپوست از طریق افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک (Sangwan et al., 2008) و میکوریزا از طریق بهبود فراهمی عناصر غذایی (Larsen et al., 2009) باعث افزایش شاخص برداشت گیاه شدند. آتیه و همکاران (Atiyeh et al., 2000) اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست را بر خصوصیات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی بررسی و گزارش کردند که حتی در کمترین سطح ورمی‌کمپوست (پنج تن در هکتار) عملکرد گیاه نسبت به شاهد افزایش یافت.



شکل 3- اثر کودهای آلی و بیولوژیک مختلف بر عملکرد بیولوژیک کنجد

Fig. 3- Effect of organic and biological fertilizers on biological yield of sesame

(M: میکوریزا، CM: کمپوست، V: ورمی‌کمپوست، G: گرانوله گوگردی و CON: شاهد)

(M: Mycorrhiza, CM: Compost, V: Vermicompost, G: Sulfural geranole and CON: Control)

گامالرو و همکاران (Gamalero et al., 2004) اثر میکوریزا بر خصوصیات رشدی گوجه‌فرنگی را مثبت گزارش کردند.

روغن دانه

اثر کودهای آلی و بیولوژیک بر میزان روغن دانه معنی‌دار بود ($p\leq0/01$) (جدول 3)، به طوری‌که بیشترین و کمترین روغن دانه به ترتیب در تیمارهای کمپوست (41/85 درصد) و میکوریزا (33/55 درصد) به دست آمد (جدول 5). به نظر می‌رسد که کمپوست از طریق بهبود فراهمی عناصر غذایی و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و ترکیبات هیومیک خاک (Gutierrez et al., 2007) باعث بهبود خصوصیات کیفی گیاه نظیر روغن دانه شد. همسو با نتایج این پژوهش مونا و همکاران (Mona et al., 2008) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. تمامی کودهای آلی باعث تشدید اثر میکوریزا شدند، به طوری‌که در کاربرد همزمان میکوریزا و هر یک از کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گرانوله گوگردی روغن دانه به ترتیب 12، 13 و 10 درصد نسبت به کاربرد جداگانه میکوریزا افزایش یافت (جدول 5). احتمالاً کاربرد کودهای آلی باعث افزایش زیست‌توده میکروبی خاک شده است (Fliessbach & Mader, 2000) و از آن‌جایی که میکوریزا دارای برهمکنش مثبت با سایر میکروارگانیسم‌های خاک است (Artursson et al., 2006)، در نتیجه کارایی میکوریزا در شرایط استفاده از کودهای آلی تشدید شد. گریندلر و همکاران (Gryndler et al., 2001) گزارش کردند که استفاده از کودهای آلی باعث استقرار و رشد بهتر میکوریزا شد.

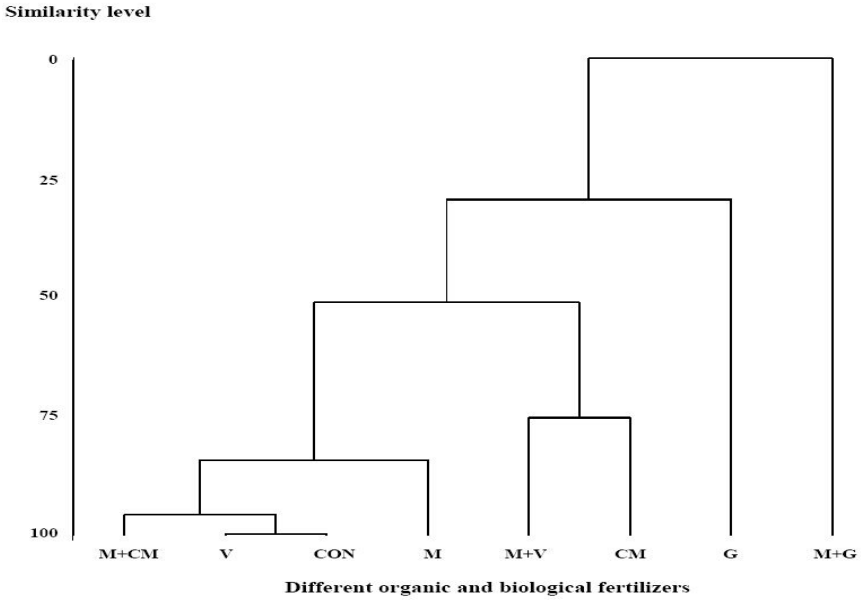
گروه‌بندی تیمارهای آزمایشی

همان‌طور که در شکل 4 مشاهده می‌شود، کودهای آلی و بیولوژیک بر اساس دندوگرام تجزیه خوشه‌ای به دو خوشه تقسیم شدند (سطح تشابه 75 درصد)، بدین ترتیب که تیمارهای ورمی‌کمپوست، میکوریزا، میکوریزا به علاوه کمپوست و شاهد در خوشه اول و تیمارهای کمپوست و میکوریزا به علاوه ورمی‌کمپوست در خوشه دوم قرار گرفتند. به نظر می‌رسد که احتمالاً کاربرد جداگانه میکوریزا به علت عدم حاصلخیزی خاک و نبود شرایط مناسب برای همزیستی آن‌ها با گیاه، کاربرد جداگانه ورمی‌کمپوست به علت قابل دسترس نشدن عناصر غذایی موجود در آن‌ها و کاربرد همزمان میکوریزا و کمپوست به علت عدم برقراری همزیستی مناسب میکوریزا و گیاه، کارایی لازم را در جهت بهبود خصوصیات کمی و

کیفی گیاه نداشتند و در نتیجه با تیمار شاهد در یک گروه قرار گرفتند. با توجه به میزان عناصرغذایی کودهای آلی مورد مطالعه (جدول 2)، دو کود کمپوست و ورمی‌کمپوست از نظر درصد نیتروژن تفاوت چندانی نداشتند، ولی درصد فسفر در ورمی‌کمپوست به میزان قابل توجهی بیشتر از کمپوست بود، بنابراین به نظر می‌رسد که در تیمار میکوریزا+ورمی‌کمپوست، به علت فراوانی فسفر در ورمی‌کمپوست گیاه نیازی به همزیستی با میکوریزا نداشته است، لذا دو تیمار مذبور در یک گروه قرار گرفتند. تیمارهای گرانوله گوگردی و میکوریزا+گرانوله گوگردی تشابه قابل قبولی با سایر تیمارها نشان ندادند و هر یک در خوشه‌های مستقلی قرار گرفتند (سطح تشابه 75 درصد).

نتیجه‌گیری

کارایی کودهای آلی در اکثر صفات مورد مطالعه در حضور میکوریزا تشدید شد. به عنوان مثال، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن و تعداد دانه در بوته در کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی ورمی‌کمپوست و گرانوله گوگردی نسبت به کاربرد جداگانه این کودها افزایش یافت.



شکل 4- تجزیه خوشه‌ای کودهای آلی و بیولوژیک
Fig. 4- Cluster analysis of organic and biological fertilizers
(M: میکوریزا، CM: کمپوست، V: ورمی‌کمپوست، G: گرانوله گوگردی و CON: شاهد)
(M: Mycorrhiza, CM: Compost, V: Vermicompost, G: Sulfural geranole and CON: Control)

مقایسه کاربرد جداگانه کودهای آلی نشان داد که ورمی‌کمپوست از نظر صفاتی چون عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه و وزن دانه در بوته و کمپوست در رابطه با صفاتی همچون عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در بوته و روغن دانه نسبت به سایر کودهای آلی برتر بودند.

نتایج نشان داد که کاربرد جداگانه میکوریزا در تمامی صفات مورد مطالعه نسبت به شاهد برتری داشت. کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای ورمی‌کمپوست و گرانوله گوگردی، عملکرد دانه و میزان روغن دانه را به ترتیب افزایش و کاهش داد. بر اساس نتایج آزمایش، کاربرد جداگانه گرانوله گوگردی اثر چندانی بر صفات مورد مطالعه نداشت، در حالی‌که زمانی که این کود به همراه میکوریزا استفاده شد اکثر صفات مورد مطالعه بهبود یافتند، بنابراین به نظر می‌رسد که استفاده تلفیقی کود آلی گرانوله گوگردی و نهاده‌های بیولوژیک راهکاری مؤثر برای تأثیرگذاری بیشتر کودهای گوگردی باشد. با توجه

به یافته‌های این پژوهش، با مدیریت تلفیقی عناصر غذایی می‌توان ضمن بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان، مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از نهاده‌های شیمیایی در تولید کنجد را کاهش داد.

سپاسگزاری

هزینه های اجرای این تحقیق توسط معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و دانشکده کشاورزی و از محل بودجه طرح مصوب کد 346 پ مورخه 88/8/26 تامین شده است. لذا بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1- Anandham, R., Sridar, R., Nalayini, P., Poonguzhali, S., Madhaiyan, M., and Tongmin, S. 2007. Potential for plant growth promotion in groundnut (*Arachis hypogaea* L. cv. ALR-2) by co-inoculation of sulfur-oxidizing bacteria and *Rhizobium*. Microbiological Research 162: 139-153.
2- Artursson, V., Finlay, R.D., and Jansson, J.K. 2006. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. Environmental Microbiology 8: 1-10.
3- Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S., and Metzger, J. 2000. Earthworm-processed organic waste as components of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedlings. Compost Science and Utilization 8: 215-253.
4- Azcon-Aguilar, C., and Barea, J.M. 1996. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens-an overview of the mechanisms involved. Mycorrhiza 6: 457-464.
5- Bago, B., Pfeffer, P.E., and Shachar-Hill, Y. 2000. Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhizas. Plant Physiology 124: 949-958.
6- Celik, I., Ortas, I., and Kilic, S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. Soil and Tillage Research 78: 59-67.
7- Darzi, M.T., Galavand, A., Rejali, F., and Kon, F.S. 2007. Effect of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare*). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22: 276-292. (In Persian with English Summary)
8- Debnath, R.L., Moharana, R.L., and Basu, A.K. 2007. Evaluation of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes for its seed production potential as influenced by bio-fertilizer. Journal of Crop and Weed 3: 33-36.
9- Delate, K. 2000. Heenah mahyah student from herb trail. Leopold center for sustainable agriculture. Annual Reports, Jowa State University. Ames, IA.
10- Erman, M., Demir, S., Ocak, E., Tufenkci, S., Oguz, F., and Akkopru, A. 2011. Effects of *Rhizobium*, arbuscular mycorrhiza and whey applications on some properties in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under irrigated and rainfed conditions 1-yield, yield components, nodulation an AMF colonization. Field Crops Research 122: 14-24.
11- Evans, L.T. 1993. Crop evolution, adaptation and yield. Cambridge University Press 512 pp. ISBN: 0521295580.
12- Fliessbach, A., and Mader, P. 2000. Microbial biomass and size-density fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems. Soil Biology and Biochemistry 32: 757-768.
13- Founoune, H., Duponnois, R., Meyer, J.M., and Thiolouse, J. 2002. Interactions between ectomycorrhizal symbiosis and fluorescent *Psedomonads* on *Acacia holosericea*: isolation of mycorrhiza helper bacteria (MHB) from a Soudano-Sahelian soil. FEMS Microbiology Ecology 41: 37-46.
14- Franzluebbers, A.J. 2002. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. Soil and Tillage Research 66: 97-205.
15- Galvez, L., Douds, D.D., Drinkwater, L.E., and Wagoner, P. 2001. Effect of tillage and farming system upon VAM fungus populations and mycorrhizas and nutrient uptake of maize. Plant and Soil 228: 299-308.
16- Gamalero, E., Trotta, A., Massa, N., Copetta, A., Martinotti, M.G., and Berta, G. 2004. Impact of two fluorescent *Pseudomonads* and and arbuscular mycorrhizal fungus on tomato plant growth, root architecture and P acquisition. Mycorrhiza 14: 185-192.
17- Gavito, M.E., and Olsson, P.A. 2003. Allocation of plant carbon to foraging and storage in arbuscular mycorrhizal fungi. Federation of European Microbiological Societies Microbiology Ecology 45: 181-187.
18- Gryndler, M., Hrselova, H., Vosatka, M., Votruba, J., and Klir, J. 2001. Organic fertilization changes the response of mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi and their sporulation to mineral NPK supply. Folia Microbiologica

46: 540-542.
19- Gryndler, M., Larsen, J., Hrselova, H., Rezacova, V., Gryndlerova, H., and Kubat, J. 2006. Organic and mineral fertilization, respectively, increase and decrease the development of external mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi in a long-term field experiment. Mycorrhiza 16: 159-166.
20- Gutierrez, F.A., Santiago, J., Molina, J.A.M., Nafate, C.C., Abud, M., Llaven, M.A.O., Rincon, R., and Dendooven, L. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). Bioresource Technology 98: 2781-2786.
21- Hasanpour, R., Pirdashti, H., Esmaeili, M.A., and Abbasian, A. 2011. Response of yield and yield components of three sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars to application of nitrogen and supernitroplus biofertilizer. Iranian Journal of Agroecology 3: 9-16. (In Persian with English Summary)
22- Horwitz W., and Latimer, G.W. 2005. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 18th Edition. Maryland, USA.
23- Jahan, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2007. The effects of arbuscular mycorrhizal fungus and free living nitrogen fixing bacteria on growth, photosynthesis and yield of corn (*Zea mays* L.) in conventional and ecological cropping systems. Iranian Journal of Field Crops Research 5: 53-67. (In Persian with English Summary)
24- Jahan, M. 2011. Mycorrhizal Technology in Agriculture: from Genes to Bioproducts. Vajeganekherad Publication, Mashhad, Iran. (In Persian)
25- Jahan, M., Nassiri Mahallati, M., Amiri, M.B., and Ehyaee, H.R. 2011. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on qualitative and qualitative characteristics of sesame in condition of cover crops application. Agroecology (In press). (In Persian with English Summary)
26- Joner, E.J. 1999. The effect of long-term fertilization with organic or inorganic fertilizers on mycorrhiza-mediated phosphorus uptake in subterranean clover. Biology and Fertility of Soils 32: 435-440.
27- Joner, E.J. 2000. The effect of long-term fertilization with organic and inorganic fertilizers on mycorrhiza-mediated phosphorus uptake in subterranean clover. Biology and Fertility of Soil 32: 435-440.
28- Kertesz, M.A., Mirleau, K. 2004. The role of soil microbes in plant sulfur nutrition. Journal of Experimental Botany 55: 1-7.
29- Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering 33: 150-156.
30- Larsen, J., Cornejo, P., and Barea, J.M. 2009. Interactions between the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and the plant growth promoting rhizobacteria *Paenibacillus polymyxa* and *P. macerans* in the mycorrhizosphere of *Cucumis sativus*. Soil Biology and Biochemistry 41: 286-292.
31- Latef, A.A.H.A., and Chaoxing, H. 2011. Arbuscular mycorrhizal influence on growth, photosynthetic pigments, osmotic adjustment and oxidative stress in tomato plants subjected to low temperature stress. Acta Physiologiae Plantarum 33: 1217-1225.
32- Lee, S.W., Lee, E.H., and Eom, A.H. 2008. Effects of organic farming on communities of arbuscular mycorrhizal fungi. Mycobiology 36: 19-23.
33- Linderman, R.G., and Davis, E.A. 2003. Soil amendment with different peatmosses affects mycorrhizae of onion. Horticulture Technology 13: 285-289.
34- Liuc, J., and Pank, B. 2005. Effect of vermicompost and fertility levels on growth and oil yield of Roman chamomile. Scientia Pharmaceutica 46: 63-69.
35- Mader, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., and Niggli, U. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. Science 296: 1694-1697.
36- Marulanda, A., Porcel, R., Barea, J.M., and Azcon, R. 2007. Drought tolerance and antioxidant activities in laender plants colonized by native drought-tolerant of drought-sensitive *Glomus* species. Microbial Ecology 54: 543-552.
37- Marulanda, A., Barea, J.M., and Azcon, R. 2009. Stimulation of plant growth and drought tolerance by native microorganisms (AM fungi and bacteria) from dry environments. Mechanisms related to bacterial effectiveness. Journal of Plant Growth Regulation 28: 115-124.
38- Mohammad Abadi, A.A., Rezvani Moghaddam, P., Fallahi, J., and Bromand Rezazadeh, Z. 2011. Effect of chemical and organic fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) forage. Journal of Agroecology 3: 491-499. (In Persian with English Summary)
39- Mona, Y., Kandil, A.M., and Swaefy Hend, M.F. 2008. Effect of three different compost levels on fennel and salvia growth character and their essential oils. Biological Sciences 4: 34-39.
40- Morone, I., Ruta, C., Tagarelli, A., and Marzi, V. 2005. The influence of mineral and organic fertilization on the survival of mycorrhiza in artichoke roots. Acta Horticulturae 660: 64-71.

41- Oehl, F., Sieverding, E., Mader, P., Dubois, D., Ineichen, K., Boller, T., and Wiemken, A. 2004. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. Oecologia 138: 574-583.
42- Ortas, I. 2002. Biological, degradation. In: Lal, R. (Eds.), Encyclopedia of Soil Science. Marcel Dekker, USA, p. 264-267.
43- Padmavathiamma, P.K., Li, L.Y., and Kumari, U.R. 2008. An experimental study of vermin-biowaste composting for agriculture soil improvement. Bioresource Technology 99: 1672-1681.
44- Pavlou, G.C., Ehaliotis, C.D., and Kavvadias, V.A. 2007. Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop seasons on growth and nitrate accumulation in lettuce. Scientia Horticulturae 111: 319-325
45- Perner, H., Schwarz, D., Bruns, C., Mader, P., and George, E. 2007. Effect of arbuscular mycorrhizal colonization and two levels of compost supply on nutrient uptake and flowering of pelargonium plants. Mycorrhiza 17: 469-474.
46- Raja Sekar, K., and Karmegan, N. 2010. Earthworm casts as an alternate carrier material for biofertilizers: Assessment of endurance and viability of *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum*. Scientia Horticulturae 124: 286-289.
47- Rajeswari, S., Thiruvengadam, V., and Ramaswamy, N.M. 2010. Production of interspecific hybrids between *Sesamum alatum* Thonn and *Sesamum indicum* L. through ovule culture and screening for phyllody disease resistance. South African Journal of Botany 76: 252-258.
48- Rantala, P.R., Vaajasaari, K., Juvonen, R., Schultz, E., Joutti, A., and Makela-kurtto, R. 1999. Composting of forest industry wastewater sludges for agriculture use. Water Science Technology 40: 187-194.
49- Remus, R., Ruppel, S., Jacob, H.J., Hecht-Buchholz, C., and Merbach, W. 2000. Colonization behavior of two enterobacterial strains on cereals. Biology and Fertility of Soil 30: 550-557.
50- Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M.B., and Ehyaee, H.R. 2011. Effect of two Species of mycorrhiza and Nitroxin biofertilizer on yield and component yield of *Allium sativum* L. under ecological cropping system. Iranian Journal of Field Crops Research (In press). (In Persian with English Summary)
51- Rillig, M.C., and Mummey, D.L. 2006. Mycorrhizas and soil structure. New Phytologist 171: 41-53.
52- Roesti, D., Gaur, R., Johri, B.N., Imfeld, G., Sharma, S., Kawaljeet, K., and Aragno, M. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. Soil Biology and Biochemistry 38: 1111-1120.
53- Ryan, M.H., Small, D.R., and Ash, J.E. 2000. Phosphorus controls the level of colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in conventional and biodynamic irrigated dairy pastures. Australian Journal of Experimental Agriculture 40: 663-670.
54- Sainz, M.J., Taboada-Castro, M.T., and Vilarino, A. 1998. Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. Plant and Soil 205: 85-92.
55- Sangwan, P., Kaushik, C.P., and Garg, V.K. 2008. Feasibility of utilization of horse dung spiked filter cake in vermicomposters using exotic earthworm *Eisenia foetida*. Bioresource Technology 99: 2442-2448.
56- Scherer, H.W. 2001. Sulphur in crop production-invited paper. European Journal of Agronomy 14: 81-111.
57- Schussler, A., Schwarzott, D., and Walker, C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. Mycological Research 105: 1413-1421.
58- Uzun, B., Arslan, C., and Furat, S. 2008. Variation in fatty acid compositions, oil content and oil yield in a germplasm collection of sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of the American Oil Chemists' Society 85: 1135-1142.
59- Wu, Q.S., and Zou, Y.N. 2010. Beneficial roles of arbuscular mycorrhizas in citrus seedlings at temperature stress. Scientia Horticulturae 125: 289-293.
60- Zhu, C.X., Song, B.F., and Xu, W.H. 2010. Arbuscular mycorrhizae improves low temperature stress in maize via alterations in host water status and photosynthesis. Plant and Soil 331: 129-137.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 4, Winter 2016, p. 563-577

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 7، شماره 4، زمستان 1394، ص. 577-563

Effect of simultaneous application of mycorrhiza with compost, vermicompost and sulfural geranole on some quantitative and qualitative characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a low input cropping system

P. Rezvani Moghaddam[1]*, M.B. Amiri[2] and H.R. Ehyaee[3]

Submitted: 25-01-2012
Accepted: 31-10-2012

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

Introduction

In recent years, by increasing human knowledge and using different technology on food production, human concerns have increased on safety of food products especially medicinal crops. In order to achieve healthy food production, application of ecological inputs such as organic and biological fertilizers are inevitable. Organic fertilizers are fertilizer compounds that contain one or more kinds of organic matter. They can improve the soil ability to hold water and nutrients. They create a beneficial environment for earthworms and microbial organisms that break the soil down into rich, fine humus (Motta & Magggiore, 2013).

Compost is organic matter that has been decomposed and recycled as a fertilizer and soil amendment. Compost can greatly enhance the physical structure of soil. The addition of compost may provide greater drought resistance and more efficient water utilization.

Vermicompost is the final product of composting organic material using different types of worms, such as red wigglers or earthworms, to create a homogenized blend of decomposed vegetable and food waste, bedding materials and manure. Vermicompost helps store nutrients and keeps them safe from leaching and irrigation, functioning to balance hormones within plant physiology, and adding beneficial biology to soil (Raja Sekar & Karmegan, 2010).

Mycorrhiza arbuscular fungi are other coexist microorganisms that improves soil fertility, nutrients cycling and agroecosystem health. Mycorrhizal fungi are the most abundant organisms in agricultural soils. Many researchers have pointed to the positive roles of mycorrhizal fungi on plants growth characteristics.

Despite of many researches on the effect of organic and biological fertilizers on different crops, information on the effects of these fertilizers for many medicinal plants is scarce, therefore, in this study the effect of simultaneous application of mycorrhiza with compost, vermicompost and sulfural geranole on some quantitative and qualitative characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a low input cropping system was investigated.

Materials and methods

In order to evaluate the effects of simultaneous application of mycorrhiza and organic fertilizers on some quantitative and qualitative characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.), an experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at Agricultural Research Farm, Ferdowsi University of Mashhad, Iran during growing season 2009-2010 growing season. Treatments were mycorrhiza (*Glomus mosseae*), mycorrhiza+compost, mycorrhiza+vermicompost, mycorrhiza+organic sulfural geranole, compost, vermicompost, Organic sulfural geranole and control (no fertilizer). Finally, data analysis was done using SAS 9.1 and means were compared by duncan's multiple range test at 5% level of probability.

Results and discussion

The results showed that the effect of different organic and biological fertilizers were significant on seed yield. Seed yield significantly increased by using mycorrhiza in both condition of single and mixed with organic

1, 2 and 3- Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Assistant Professor of University of Gonabad and Faculty Member of Research Center of Medicinal Plants, Shahed University, Tehran and PhD student in Crop Ecology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*-Corresponding author Email: rezvani@um.ac.ir)

sulfural geranole and vermicompost compared to control treatment. Biological yield, in simultaneous application of vermicompost and organic sulfural geranole with mycorrhiza increased significantly compared to separate use of these fertilizers. All study organic fertilizers with mycorrhiza had significant effect on increasing oil content of sesame. Seed oil increased in simultaneous application of mycorrhiza and each of compost, vermicompost and organic sulfural geranole compared to separate application of mycorrhiza 12, 13 and 10 percentages, respectively.

It seems that mycorrhiza and organic fertilizers improved quantitative and qualitative characteristics of sesame due to provide better conditions to absorption and transportation of nutrient to the plant (Hawkes et al., 2008).

Conclusion

In general, the results showed that the simultaneous use of ecological inputs can improve quantitative and qualitative characteristics of plant, moreover, decreased environment risks of chemical inputs and ensure sustainability of production in long time by this approach.

Acknowledgments

We wish to thank Vice President for Research and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran for the financial support of the project.

Keywords: Ecological inputs, *Glomus mosseae*, Health of food, Medicinal crops

References

Hawkes, C.V., Hartley, I.P., Ineson, P., and Fitter, A.H. 2008. Soil temperature affects carbon allocation within arbuscular mycorrhizal networks and carbon transport from plant to fungus. Global Change Biology 14: 1181-1190.

Motta, S.R., and Maggiore, T. 2013. Evaluation of nitrogen management in maize cultivation grown on soil amended with sewage sludge and urea. European Journal of Agronomy 45: 59-67.

Raja Sekar, K., and Karmegan, N. 2010. Earthworm casts as an alternate carrier material for biofertilizers: Assessment of endurance and viability of *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum*. Scientia Horticulturae 124: 286-289.