

اثر ورمی کمپوست، بیوچار و همزیستی میکوریزی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی کدوی تخم‌کاغذی (*Cucurbita pepo* L.)

مجتبی خواجه‌حقوق‌وردی^{۱*}، محمدرضا اردکانی^۲، بهلول عباس‌زاده^۳ و پریسا نجات‌خواه معنوی^۴

۱- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

پست الکترونیک: mehr.mahya@yahoo.com

۲- استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- دانشیار، گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۶

تاریخ اصلاح نهایی: دی ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۶

چکیده

به منظور بررسی اثر ورمی‌کمپوست، بیوچار و همزیستی میکوریزی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی کدوی تخم‌کاغذی، آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه آموزشی-پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج در ماه‌دشت در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. در این پژوهش ورمی‌کمپوست در سه سطح (صفر، ۶ و ۱۲ تن در هکتار) به عنوان عامل اصلی، بیوچار در سه سطح (صفر، ۶ و ۱۲ تن در هکتار) و میکوریزا در دو سطح (عدم مصرف و مصرف) به عنوان عامل‌های فرعی بودند. نتایج نشان دادند که اثر اصلی عامل‌ها بر درصد همزیستی میکوریزی و میزان فسفر دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. تجزیه واریانس اثر متقابل ورمی‌کمپوست در بیوچار بر شاخص سطح برگ، عملکرد میوه خشک، عملکرد دانه و نسبت وزن خشک دانه به میوه در سطح ۱٪ معنی‌دار و بر تعداد ساقه فرعی در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست در بیوچار نشان داد که کدوی تخم‌کاغذی با مصرف ۱۲ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به همراه ۱۲ تن در هکتار بیوچار بیشترین میزان شاخص سطح برگ (۱۲/۲۸)، تعداد ساقه فرعی (۱۳/۳۳) عدد بر بوته، عملکرد میوه خشک (۶۱۹/۵۱ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد دانه (۴۱۰/۰۲ کیلوگرم در هکتار) و نسبت وزن خشک دانه به میوه (۶۶/۱۷٪) را داشت. بنابراین با توجه به نتایج بدست‌آمده، استفاده از ورمی‌کمپوست همراه با بیوچار در تولید کدوی تخم‌کاغذی قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: کدوی تخم‌کاغذی (*Cucurbita pepo* L.)، گیاهان دارویی، ورمی‌کمپوست، بیوچار، کشاورزی پایدار، میکوریزا.

مقدمه

(Cucurbitaceae) است (Ghaderi-Far et al., 2011). این

گیاه از دو هزار سال قبل از میلاد مسیح در کشور پرو زراعت می‌شده و به طور قطع موطن اصلی آن آمریکای

کدوی تخم‌کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) گیاه دارویی، یک‌ساله، علفی و متعلق به خانواده کدوییان

خاک، میزان ماده آلی آن باید در سطح مناسبی حفظ شود (Lionello & Francesco, 1992). استفاده از کودهای آلی از قبیل ورمی کمپوست یک راه حل برای افزایش مقدار مواد آلی خاک است. ورمی کمپوست منبع غنی از عناصر پرمصرف، عناصر کم مصرف، ویتامین‌ها، آنزیم‌ها و هورمون‌های محرک رشد گیاه است (Prabha et al., 2007). ورمی کمپوست به دلیل تخلخل زیاد، تهویه و زهکشی مناسب دارای قدرت بالای جذب و نگهداری آب و عناصر غذایی است و استفاده از آن علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک مانند قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های حل‌کننده فسفات، در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (Arancon et al., 2004). ورمی کمپوست دارای آنزیم‌هایی مانند پروتاز، آمیلاز، لیپاز، سلولاز و کیتیناز است که در تجزیه مواد آلی خاک و در نتیجه در دسترس قرار دادن مواد غذایی مورد نیاز گیاهان نقش مؤثری دارد (Sajadi Nik et al., 2011). چون آزادسازی عناصر غذایی از این منبع کودی به صورت تدریجی انجام می‌شود و هدر رفتن عناصر کاهش می‌یابد. ورمی کمپوست با بهبود شرایط فیزیکی خاک، بستر مناسب را برای رشد ریشه فراهم می‌کند (Sajadi Nik et al., 2011). در مطالعه‌ای که توسط Pandey (۲۰۰۵) روی گیاه دارویی درمنه (*Artemisia pallens*) انجام شد، مصرف ورمی کمپوست موجب بهبود قابل ملاحظه عملکرد اسانس در مقایسه با تیمار شاهد شد که بهبود عملکرد اسانس در این گیاه ناشی از افزایش ماده خشک حاصل از مصرف ورمی کمپوست بود. Darzi و همکاران (۲۰۱۵)، در بررسی اثر سطوح ورمی کمپوست بر عملکرد گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) مشاهده کردند که کاربرد ورمی کمپوست بر میزان عملکرد بیوماس و عملکرد دانه این گیاه اثر معنی‌دار داشت. در مطالعه دیگر Yang و همکاران (۲۰۱۵) با مقایسه اثر انواع کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و کیفیت گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) گزارش کردند که کود ورمی کمپوست با

جنوبی است (Wagner, 2000). میوه‌های کدوی تخم‌کاغذی به رنگ زرد و متمایل به نارنجی بوده و دانه‌های این میوه به رنگ سبز زیتونی است. از مهمترین ویژگی‌های این گیاه، دانه‌های فاقد پوست آن است (Mitra, 2001). روغن بدست آمده از دانه‌های این گیاه دارای مواد مؤثره بسیار ارزشمندی است که اسیدهای چرب غیراشباع، ویتامین A، ویتامین E، مواد معدنی، فیتواسترول‌ها و کاروتنوئیدها بوده و نیز روغن شامل اسیدهای چرب لینولئیک، اولئیک و پالمیتیک است (Fruhwirth & Hermetter, 2008). در بذره‌های این کدو میزان قابل توجهی روی، بُر، منیزیم، کلسیم، آهن و فسفر به عنوان مکمل‌های سلامتی وجود دارد (Glew et al., 2006; Krinsky, 1998; Russell, 1998). روغن دانه برای درمان کرم‌های روده، هیپرتروفی پروستات، التهابات معده و روده، تصلب شرائین، کاهش سطح LDL (کلسترول با چگالی پایین) و لخته‌های متداول خون، جلوگیری از انقباضات نامنظم قلب و کاهش خطر تشکیل سنگ‌های مثانه و کلیه بکار می‌رود (Paksoy & Aydin, 2004). از داروهای معروف تولیدشده از این گیاه می‌توان به گرونفینگ، پروستاتینگ‌فورت، اورجنین، سیستواورجین، کوکوربیتا اولئوم، یوسترین، پروستاهرب کوکوربیتا، پروستالوگ و کوریسکرن اشاره کرد (Gholipouri et al., 2006).

در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب بروز معضلات زیست‌محیطی عدیده‌ای از جمله آلودگی منابع آب، کاهش کیفیت محصولات کشاورزی و همچنین میزان حاصلخیزی خاک‌ها شده است (Sharma, 2002). برای کاهش این مخاطرات باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر تأمین نیازهای فعلی گیاه منجر به پایداری سیستم‌های کشاورزی در درازمدت نیز بشوند (Murty & Ladha, 1988)؛ بنابراین استفاده از کودهای آلی و زیستی به‌عنوان روش‌هایی در جهت نیل به سوی کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته‌اند (Wu et al., 2005). ماده آلی کلید حاصلخیزی و باروری خاک است که برای حفظ سطح حاصلخیزی و قدرت تولید یک

عملکرد گیاه میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (Sharma, 2002; Zaefarian et al., 2013; Marschner & Dell, 1994). Toussaint و همکاران (۲۰۰۷) مشاهده کردند که دو گونه قارچ میکوریزی *Glomus mosseae* و *G. caledonium* غلظت فسفر و عملکرد محصول را در گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) افزایش دادند. Li و همکاران (۲۰۰۵) نیز در شیدر (*Trifolium subterraneum* L.) مشاهده کردند که تلقیح میکوریزا *Glomus intraradices* وزن خشک بوته را به‌طور معنی‌دار نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین Abak و همکاران (۲۰۱۰) چندین گونه میکوریزی *G. etunicatum*، *G. fasciculatum*، *G. caledonium* را بر روی گیاه خربزه (*Cucumis melo* L.) آزمایش نموده و بیان کردند که تمام گونه‌ها رشد گیاه را در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزی افزایش دادند. این آزمایش با هدف بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست، بیوپچار و همزیستی میکوریزی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه کدوی تخم‌کاغذی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۵ در مزرعه آموزشی-پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج واقع در ماهدشت با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا به‌صورت آزمایش اسپلینت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل‌ها شامل ورمی‌کمپوست در سه سطح (صفر، ۶ و ۱۲ تن در هکتار) به‌عنوان عامل اصلی، بیوپچار در سه سطح (صفر، ۶ و ۱۲ تن در هکتار) و میکوریزا (ترکیبی از سه گونه *Glomus etunicatum*، *G. intraradices* و *G. mosseae*) در دو سطح (عدم مصرف و مصرف) به‌عنوان عامل‌های فرعی بودند. قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری و ویژگی‌های فیزیکی-

افزایش فعالیت آنزیم‌های خاک از جمله اسید فسفاتاز و اوره‌آز باعث افزایش فراهمی عناصر غذایی و به‌دنبال آن بهبود عملکرد و کیفیت میوه شده است.

بیوپچار که امروزه به‌عنوان یک اصلاح‌کننده خاک برای تهیه بستر کاشت بسیاری از گیاهان بکاربرده می‌شود، یک نوع زغال تولید شده از زیست‌توده طی فرایند Pyrolysis (عدم حضور اکسیژن) است و ترکیبی پایدار و غنی از کربن می‌باشد که بسیار آهسته تجزیه شده و موجب بهبود کیفیت خاک می‌شود (Kameyama et al., 2010). بیوپچار دارای جرم مخصوص کم، تخلخل زیاد، ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و ظرفیت نگهداری رطوبت قابل‌ملاحظه بوده و بسیار پایدار است و این پایداری، آن را از سایر اصلاح‌کننده‌های خاک مانند کمپوست، کودهای سبز و حیوانی متمایز می‌کند (Fathi Gerdelidani & Mirseyed, 2015). فواید بیوپچار شامل: افزایش‌دهنده CEC خاک، افزایش حاصلخیزی، یک نوع حمایتگر در برابر بیماری‌های خاک و گیاه، افزایش رشد گیاه و توسعه ریشه، افزایش قدرت نگهداری مواد مغذی گیاه، بهبود بخشیدن به ساختار و پایداری خاک، بهبود بخشیدن به ظرفیت نگه‌داشت و نفوذپذیری خاک و تعدیل pH خاک است (Ardakani & Sharifi, 2017). بیوپچار به علت داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، توانایی جذب آمونیوم و نترات را دارد (Mishra & Patel, 2009). در پژوهش Zhang و همکاران (۲۰۱۰) در خاک‌های غرقاب تحت کشت برنج (*Oryza sativa* L.) در چین، مشاهده شد که بیوپچار عملکرد را تا ۱۴٪ بهبود داد. همچنین Matsubara و همکاران (۲۰۰۲) مشاهده کردند که با اضافه کردن بیوپچار به خاک، شدت پوسیدگی فوزاریومی ریشه در گیاه دارویی مارچوبه (*Asparagus officinalis* L.) تلقیح شده با قارچ میکوریز آربوسکولار (AMF) کاهش یافت.

قارچ‌های میکوریزی دارای رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی هستند و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر و برخی عناصر کم‌مصرف، افزایش جذب آب، کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا، سبب بهبود در رشد و

برگ و تعداد ساقه فرعی اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ از رابطه "زمین / سطح برگ = LAI" استفاده شد که بر مبنای نمونه‌برداری از مساحت ۷۵ سانتی‌متر مربع در هریک از کرت‌های آزمایشی و به روش وزنی انجام شد (McCree & Troughton, 1966). پس از برداشت صفات کمی مانند عملکرد دانه، عملکرد میوه خشک و نسبت وزن خشک دانه به میوه اندازه‌گیری و تعیین گردید. مقدار ۲۰ گرم از دانه هر کرت آزمایشی با رطوبت نهایی ۱۲٪ توزین و در آزمایشگاه بخش دانه‌های روغنی مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرچ با استفاده از حلال هگزان نرمال و دستگاه سوکسله، درصد روغن آنها تعیین شد (ISIRI 7593, 2003). به‌منظور تعیین میزان فسفر دانه، نمونه‌ها به تفکیک هر کرت آسیاب و به‌شکل پودر همگن درآمدند. پس از هضم نمونه‌ها و عصاره‌گیری، مقدار فسفر عصاره‌ها به کمک رنگ‌سنجی و با دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد (Olsen & Sommers, 1982). در پایان فصل رشد، نمونه ریشه‌ها از عمق پنج تا ۱۰ سانتی‌متری هر کرت آزمایشی برداشته شد. سپس ریشه‌های نازک و موئین (نازک‌تر از میلی‌متر قطر) از ریشه‌های اصلی جدا و به درون ظرف مربوطه حاوی ۵۰٪ آب + ۵۰٪ الکل اتانول منتقل و در آزمایشگاه بخش بیولوژی خاک مؤسسه خاک و آب، پس از رنگ‌آمیزی ریشه‌ها به روش McGonigle و همکاران (۱۹۹۰)، در نهایت از روش تقاطع خطوط شبکه Dalpe (۱۹۹۳) برای تعیین درصد همزیستی میکوریزی نمونه‌ها استفاده شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش از نرم‌افزار SAS Ver.9.1 استفاده شد. مقایسه کلیه میانگین‌ها با استفاده از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

شیمیایی آن تعیین شد (جدول ۱). با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، عملیات آماده‌سازی زمین از اواسط بهار و با مساعد شدن شرایط انجام شد. به دلیل ماهیت کودی تیمارها و جلوگیری از اختلاط آب آبیاری تیمارها باهم، برای هر بلوک آزمایشی یک جوی آب و پساب جداگانه در نظر گرفته شد. ابعاد هر واحد آزمایشی ۳/۲ × ۴ متر، فاصله بین آنها در هر تکرار یک متر و فاصله بین بلوک‌ها از یکدیگر سه متر بود. پس از مشخص شدن کرت‌ها، ورمی‌کمپوست و بیوجار به کرت‌های مورد نظر اضافه و تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شدند. در کرت‌هایی که باید میکوریزا اعمال می‌شد، ابتدا حفره‌هایی به عمق ۷ سانتی‌متر در ناحیه داغاب بر روی خطوط کشت ایجاد شد و ۶/۵ گرم از مایه تلقیح میکوریزایی در هر حفره با خاک مخلوط شد و با یک لایه خاک روی آنها پوشانده شد و در نهایت چهار عدد بذر در هر کپه کشت شد. در تاریخ ۲۷ اردیبهشت‌ماه اقدام به کشت به‌صورت هیرم‌کاری شد. تعداد خطوط در هر کرت سه ردیف به طول چهار متر، فاصله بین هر ردیف ۱۰۷ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها بر روی ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود. در هر گرم از مایه تلقیح میکوریزایی به شکل پودر، حداقل ۱۰۰ اندام فعال (شامل اسپور، هیف و ریشه) از گونه‌های ذکرشده قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار وجود داشت. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یک‌بار تا انتهای فصل رشد گیاه به روش نشتی انجام شد. برای حصول تراکم مناسب (۱۸۶۹۱ بوته در هکتار)، پس از رسیدن گیاه به مرحله چهار برگگی، عملیات تنک انجام شد. وجین دستی در طول دوره رشد سه نوبت انجام شد. در زمان برداشت (۱۵ شهریور) صفات مورفولوژیک شامل شاخص سطح

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mg* (mg/l)	Ca* (mg/l)	K (ppm)	P (ppm)	N (%)	EC (ds/m)	pH 1:25	Depth (cm)
۵۲	۲۴	۲۴	۲/۸	۶/۸	۱/۲۴	۰/۸۲	۲۱/۹۶	۲۷۰/۶	۱۳۴/۳	۳/۶۶	۰/۱۵	۲/۸۵	۸/۳۷	۰-۳۰

*: در عصاره اشباع

نتایج

اثر اصلی عامل‌های استفاده شده بر صفات شاخص سطح برگ، تعداد ساقه فرعی، عملکرد میوه خشک، عملکرد دانه، درصد همزیستی میکوریزی و میزان فسفر دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار بودند (جدول ۲). اثر اصلی عامل‌های ورمی‌کمپوست و بیوجار بر نسبت وزن خشک دانه به میوه، به ترتیب در سطح ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار بودند (جدول ۲). اثر متقابل ورمی‌کمپوست در بیوجار بر صفات شاخص سطح برگ، عملکرد میوه خشک، عملکرد دانه و نسبت وزن خشک دانه به میوه در سطح ۱٪ و بر تعداد ساقه فرعی در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین اثر متقابل ورمی‌کمپوست در میکوریزا بر عملکرد میوه خشک در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان دادند که بیشترین شاخص سطح برگ، از مصرف ۱۲ تن در هکتار ورمی‌کمپوست با میانگین ۱۰/۳۶ (جدول ۳) و نیز مصرف ۱۲ تن در هکتار بیوجار با میانگین ۱۰/۰۵ حاصل شد (جدول ۴). بالاترین شاخص سطح برگ از مصرف میکوریزا با میانگین ۹/۰۴ بدست آمد (جدول ۵). همچنین بیشترین آن در تیمار ۱۲ تن در هکتار ورمی‌کمپوست در ۱۲ تن در هکتار بیوجار با میانگین ۱۲/۲۸ بود (جدول ۶).

بیشترین ساقه فرعی را مصرف ۱۲ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و بیوجار به ترتیب با ۱۱/۰۵ و ۱۰/۶۱ عدد بر بوته داشتند (جدول‌های ۳ و ۴). این صفت در مصرف میکوریزا با میانگین ۹/۸۱ عدد بر بوته نسبت به شاهد بیشترین بود (جدول ۵). به طوری که بالاترین تعداد ساقه فرعی در تیمار ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در ۱۲ تن بیوجار با میانگین ۱۳/۳۳ عدد بر بوته مشاهده شد (جدول ۶).

بیشترین عملکرد میوه خشک با ۵۷۵/۸۴ کیلوگرم در هکتار (جدول ۳) از مصرف ۱۲ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و نیز ۵۲۲/۱۶ کیلوگرم در هکتار از مصرف ۱۲ تن بیوجار در هکتار حاصل شد (جدول ۴). مصرف میکوریزا نیز عملکرد میوه خشک را نسبت به

شاهد افزایش داد (جدول ۵). بیشترین عملکرد میوه خشک در مصرف ۱۲ تن در هکتار ورمی‌کمپوست در ۱۲ تن در هکتار بیوجار با میانگین ۶۱۹/۵۱ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۶). در مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها بر عملکرد میوه خشک، تیمار ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در مصرف میکوریزا بیشترین عملکرد را با میانگین ۵۷۸/۰۷ کیلوگرم در هکتار نشان داد (جدول ۷).

مقایسه میانگین اثر ورمی‌کمپوست بر عملکرد دانه نشان داد که مصرف ۱۲ تن در هکتار دارای بیشترین عملکرد با میانگین ۳۳۲/۶۲ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). در نتایج مقایسه میانگین اثر بیوجار بر عملکرد دانه، بیشترین عملکرد را استفاده از ۱۲ تن در هکتار با میانگین ۳۲۴/۱۴ کیلوگرم در هکتار نشان داد (جدول ۴). در مقایسه میانگین اثر میکوریزا بر عملکرد دانه، بیشترین عملکرد در تیمار مصرف میکوریزا با میانگین ۲۷۷/۷۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۵). بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۱۲ تن در هکتار ورمی‌کمپوست در ۱۲ تن در هکتار بیوجار با میانگین ۴۱۰/۰۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۶).

نتایج مقایسه میانگین اثر ورمی‌کمپوست بر نسبت وزن خشک دانه به میوه نشان داد که بیشترین مقدار این صفت در مصرف ۱۲ تن در هکتار ورمی‌کمپوست با میانگین ۵۹/۸۶٪ بدست آمد (جدول ۳). در نتایج مقایسه میانگین اثر بیوجار بر نسبت وزن خشک دانه به میوه، بیشترین مقدار را استفاده از ۱۲ تن در هکتار با میانگین ۶۱/۶۹٪ نشان داد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه تیمارها نشان داد که بیشترین مقدار نسبت وزن خشک دانه به میوه ۶۶/۱۷٪ متعلق به تیمار ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در ۱۲ تن بیوجار بود (جدول ۶).

بیشترین همزیستی میکوریزی از مصرف ۱۲ تن در هکتار ورمی‌کمپوست با میانگین ۱۱/۳۹٪ بود (جدول ۳). در نتایج مقایسه میانگین اثر بیوجار بر همزیستی میکوریزی، بیشترین همزیستی را استفاده از ۱۲ تن در

در تولید کدوی تخم‌کاغذی مفید بوده است. ماده آلی کلید حاصلخیزی و باروری خاک است (Lionello & Francesco, 1992)؛ بنابراین استفاده از مواد آلی از قبیل ورمی کمپوست یک راه حل برای افزایش مقدار مواد آلی خاک گزارش شده است (Prabha *et al.*, 2007)؛ که علت آن تأثیر مثبت ورمی کمپوست به قدرت بالای جذب و نگهداری آب، عناصر غذایی ماکرو و میکرو، افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک (Arancon *et al.*, 2004) و فعالیت آنزیم‌هایی مانند پروتئاز، آمیلاز، لیپاز، سلولاز و کیتیناز نسبت داده می‌شود (Sajadi Nik *et al.*, 2011). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان دادند که بیشترین شاخص سطح برگ، ساقه فرعی، عملکرد میوه خشک، عملکرد دانه، نسبت وزن خشک دانه به میوه و فسفر دانه (جدول ۳) از مصرف ۱۲ تن در هکتار ورمی کمپوست حاصل شد. ورمی کمپوست با بهبود شرایط فیزیکی خاک، بستر مناسب را برای رشد ریشه فراهم می‌کند، در نتیجه مصرف آن موجب بهبود قابل‌ملاحظه عملکرد اسانس گیاه دارویی درمنه (*Artemisia pallens*) شد که بهبود عملکرد اسانس در این گیاه ناشی از افزایش ماده خشک حاصل از مصرف ورمی کمپوست بود (Pandey, 2005). Darzi و همکاران (۲۰۱۵) نیز افزایش عملکرد دانه و بیوماس گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) را با کاربرد ورمی کمپوست گزارش کردند. Yang و همکاران (۲۰۱۵) در گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) گزارش کردند که کود ورمی کمپوست با افزایش فعالیت آنزیم‌های خاک از جمله اسیدفسفاتاز و اوره‌آز، باعث افزایش فراهمی عناصر غذایی و به دنبال آن بهبود عملکرد و کیفیت میوه شده‌است.

هکتار با میانگین ۷/۵۰٪ نشان داد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر میکوریزا بر همزیستی میکوریزی نشان داد که تیمار مصرف میکوریزا دارای بیشترین مقدار با میانگین ۷/۴۶٪ بود (جدول ۵).

بیشترین فسفر دانه از کاربرد ۱۲ تن در هکتار ورمی کمپوست با میانگین ۸/۱۵ میلی‌گرم بر گرم بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر بیوجار بر فسفر دانه نشان داد که بیشترین میزان فسفر در مصرف ۱۲ تن در هکتار بیوجار با میانگین ۶/۵۲ میلی‌گرم بر گرم حاصل گردید (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر میکوریزا بر فسفر دانه نشان داد که بیشترین مقدار، از کاربرد میکوریزا با میانگین ۶/۶۷ میلی‌گرم بر گرم بدست آمد (جدول ۵).

نتایج بررسی همبستگی ساده صفات (جدول ۸) نشان داد که عملکرد میوه خشک با تعداد ساقه فرعی، شاخص سطح برگ و درصد همزیستی میکوریزی همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح ۱٪ داشت. عملکرد دانه نیز با تعداد ساقه فرعی، شاخص سطح برگ و درصد همزیستی میکوریزی همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح ۱٪ نشان داد. بین میزان فسفر دانه با صفات مورفولوژیک و درصد همزیستی میکوریزی همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح ۱٪ مشاهده شد. البته بین درصد روغن دانه با کلیه صفات مورفولوژیک، عملکرد میوه خشک، عملکرد دانه و میزان فسفر دانه همبستگی معنی‌دار مشاهده نشد.

بحث

همان‌طوری که نتایج نشان دادند استفاده از ورمی کمپوست، بیوجار و میکوریزا باعث بهبود شاخص سطح برگ، تعداد ساقه فرعی، عملکرد میوه خشک، عملکرد دانه و میزان فسفر دانه شد (جدول‌های ۲ تا ۵). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از عوامل مذکور

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات کمی و کیفی کدوی تخم کاغذی

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییرات
درصد روغن دانه	میزان فسفر دانه	درصد همزیستی میکوریزی	نسبت وزن خشک دانه به میوه	عملکرد دانه	عملکرد میوه خشک	تعداد ساقه فرعی	شاخص سطح برگ		
۲۷/۰۸ ns	۸/۰۸ **	۶/۲۶ ns	۴۲/۳۷ ns	۹۶۰/۴ ns	۹۳/۳ ns	۲/۶۷ ns	۲/۷۵ ns	۲	بلوک
۱۱/۸۳ ns	۸۳/۴۲ **	۴۵۶/۴۱ **	۷۵۷/۲۷ *	۹۴۱۰۶/۴ **	۱۵۴۹۰۵/۲ **	۱۳۵/۷۲ **	۱۱۰/۳۳ **	۲	ورمی کمپوست
۱۱/۷۳	۰/۴۲	۳/۸۹	۵۳/۸۴	۴۶۳/۳	۸۹۴/۶	۱/۸۹	۰/۵۱	۴	خطای اصلی
۴/۵۳ ns	۴/۹۱ **	۲۹/۱۶ **	۱۳۳۳/۴۲ **	۶۷۰۲۴/۷ **	۳۳۸۶۵/۹ **	۱۰۶/۱۷ **	۸۸/۷۱ **	۲	بیوچار
۵۹/۳۴ ns	۲۴/۴۰ **	۹۴/۹۹ **	۰/۸۰ ns	۴۳۹۳/۵ **	۱۸۱۴۴/۴ **	۷۱/۱۹ **	۴۴/۴۳ **	۱	میکوریزا
۰/۱۱ ns	۰/۵۳ ns	۲/۵۵ ns	۱۵۳/۴۰ **	۳۶۹۲/۵ **	۲۱۷۳/۰ **	۳/۰۶ *	۴/۲۵ **	۴	ورمی کمپوست × بیوچار
۲/۴۳ ns	۱/۴۸ ns	۸/۸۴ ns	۵۱/۸۰ ns	۱۰۵۲/۶ ns	۴۳۵۹/۷ **	۱/۱۳ ns	۰/۲۵ ns	۲	ورمی کمپوست × میکوریزا
۱/۷۳ ns	۰/۸۰ ns	۰/۷۳ ns	۵۳/۳۰ ns	۹۲۶/۹ ns	۱۱۰/۲ ns	۱/۳۵ ns	۰/۰۳ ns	۲	بیوچار × میکوریزا
۲/۹۲ ns	۰/۳۷ ns	۰/۴۶ ns	۳۴/۳۳ ns	۴۲۷/۹ ns	۲۱/۵ ns	۰/۸۰ ns	۰/۹۴ ns	۴	اثر متقابل سه گانه
۲۱/۷۱	۰/۵۸	۳/۲۵	۲۵/۹۲	۵۳۲/۲	۵۰۷/۶	۰/۹۹	۰/۴۷	۳۰	خطای فرعی
۱۱/۳۰	۱۲/۷۲	۲۹/۴۰	۹/۲۶۶۲۹۵	۸/۶	۴/۷	۱۱/۵۰	۸/۴۲		ضریب تغییرات (%)

ns, * و **: به ترتیب نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ هستند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح ورمی کمپوست بر صفات کمی و کیفی کدوی تخم کاغذی

تیما	شاخص	ساقه فرعی	عملکرد میوه خشک	عملکرد دانه	نسبت وزن خشک	همزیستی	فسفر دانه	روغن
	سطح برگ	(number / plant)	(kg/ha)	(kg/ha)	دانه به میوه (%)	میکوریزی (%)	(mg/g)	دانه (%)
شاهد	۵/۴۷ c	۵/۶۶ c	۳۹۰/۶۴ c	۱۹۰/۲۳ c	۴۷/۵۹ b	۱/۳۵ c	۳/۸۵ c	۴۰/۳ a
۶ تن	۸/۵۹ b	۹/۲۷ b	۴۷۳/۶۰ b	۲۸۳/۳۰ b	۵۷/۳۸ a	۵/۶۵ b	۶/۰۱ b	۴۱/۵۲ a
۱۲ تن	۱۰/۳۶ a	۱۱/۰۵ a	۵۷۵/۸۴ a	۳۳۲/۶۲ a	۵۹/۸۶ a	۱۱/۳۹ a	۸/۱۵ a	۴۱/۸۳ a

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در بین میانگین‌هاست.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سطوح بیوچار بر صفات کمی و کیفی کدوی تخم کاغذی

تیما	شاخص	ساقه فرعی	عملکرد میوه خشک	عملکرد دانه	نسبت وزن خشک	همزیستی	فسفر دانه	روغن
	سطح برگ	(number / plant)	(kg/ha)	(kg/ha)	دانه به میوه (%)	میکوریزی (%)	(mg/g)	دانه (%)
شاهد	۵/۷۰ c	۵/۹۴ c	۴۳۵/۵۱ c	۲۰۳/۳۳ c	۴۵/۲۵ c	۴/۹۹ b	۵/۴۷ b	۴۰/۸۵ a
۶ تن	۸/۶۶ b	۹/۴۴ b	۴۸۲/۴۲ b	۲۷۸/۶۸ b	۵۷/۸۸ b	۵/۸۹ b	۶/۰۱ a	۴۱/۰۰ a
۱۲ تن	۱۰/۰۵ a	۱۰/۶۱ a	۵۲۲/۱۶ a	۳۲۴/۱۴ a	۶۱/۶۹ a	۷/۵۰ a	۶/۵۲ a	۴۱/۷۹ a

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در بین میانگین‌هاست.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر سطوح میکوریزا بر صفات کمی و کیفی کدوی تخم کاغذی

تیما	شاخص	ساقه فرعی	عملکرد میوه خشک	عملکرد دانه	نسبت وزن خشک	همزیستی	فسفر دانه	روغن
	سطح برگ	(number/plant)	(kg/ha)	(kg/ha)	دانه به میوه (%)	میکوریزی (%)	(mg/g)	دانه (%)
عدم مصرف	۷/۲۳ b	۷/۵۱ b	۴۶۱/۷۰ b	۲۵۹/۷ b	۵۵/۰۶ a	۴/۸۰ b	۵/۳۳ b	۴۰/۱۷ a
مصرف	۹/۰۴ a	۹/۸۱ a	۴۹۸/۳۶ a	۲۷۷/۷۴ a	۵۴/۸۲ a	۷/۴۶ a	۶/۶۷ a	۴۲/۲۶ a

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در بین میانگین‌هاست.

جدول ۶- اثر متقابل سطوح ورمی کمپوست × بیوچار بر صفات کمی و کیفی کدوی تخم کاغذی

نسبت وزن خشک دانه به میوه (%)	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد میوه خشک (kg/ha)	ساقه فرعی (number/plant)	شاخص سطح برگ	تیمار
۳۲/۸۹ c	۱۱۰/۵۹ f	۳۳۴/۰۲ g	۳/۸۳ f	۴/۰۹ g	صفر تن ورمی کمپوست × صفر تن بیوچار
۵۵/۰۶ b	۲۱۱/۰۸ e	۳۸۴/۱۰ f	۶/۱۶ e	۵/۵۲ f	صفر تن ورمی کمپوست × ۶ تن بیوچار
۵۴/۸۲ b	۲۴۹/۰۳ cd	۴۵۳/۸۲ e	۷ de	۶/۷۹ e	صفر تن ورمی کمپوست × ۱۲ تن بیوچار
۵۱/۶۹ b	۲۲۸/۴۴ de	۴۴۲/۶۶ e	۶/۳۳ e	۵/۳۵ f	۶ تن ورمی کمپوست × صفر تن بیوچار
۶۳/۷۹ a	۳۰۸/۰۷ b	۴۸۵ d	۱۰ c	۹/۳۴ c	۶ تن ورمی کمپوست × ۶ تن بیوچار
۶۴/۰۹ a	۳۱۳/۴۰ b	۴۹۳/۱۶ d	۱۱/۵۰ b	۱۱/۰۷ b	۶ تن ورمی کمپوست × ۱۲ تن بیوچار
۵۱/۱۷ b	۲۷۰/۹۶ c	۵۲۹/۸۶ c	۷/۶۶ d	۷/۶۷ d	۱۲ تن ورمی کمپوست × صفر تن بیوچار
۵۴/۷۹ b	۳۱۶/۸۹ b	۵۷۸/۱۸ b	۱۲/۱۶ ab	۱۱/۱۳ b	۱۲ تن ورمی کمپوست × ۶ تن بیوچار
۶۶/۱۷ a	۴۱۰/۰۲ a	۶۱۹/۵۱ a	۱۳/۳۳ a	۱۲/۲۸ a	۱۲ تن ورمی کمپوست × ۱۲ تن بیوچار

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در بین میانگین‌هاست.

جدول ۷- اثر متقابل سطوح ورمی کمپوست × میکوریزا بر صفات کمی و کیفی کدوی تخم کاغذی

نسبت وزن خشک دانه به میوه (%)	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد میوه خشک (kg/ha)	ساقه فرعی (number / plant)	شاخص سطح برگ	تیمار
۴۶/۰۰ b	۱۷۴/۷۴ d	۳۷۱/۱۶ e	۴/۷۷ e	۴/۴۴ e	صفر تن ورمی کمپوست × عدم مصرف
۴۹/۱۸ b	۲۰۵/۷۳ c	۴۱۰/۱۴ d	۶/۵۵ d	۶/۴۹ d	صفر تن ورمی کمپوست × مصرف
۶۱/۶۶ a	۲۷۲/۳۲ b	۴۴۰/۳۲ c	۷/۸۸ c	۷/۶۸ c	۶ تن ورمی کمپوست × عدم مصرف
۵۸/۰۵ a	۲۹۴/۲۹ b	۵۰۶/۸۹ b	۱۰/۶۶ b	۹/۵۰ b	۶ تن ورمی کمپوست × مصرف
۵۷/۵۳ a	۳۳۲/۰۴ a	۵۷۳/۶۳ a	۹/۸۸ b	۹/۵۷ b	۱۲ تن ورمی کمپوست × عدم مصرف
۵۷/۲۲ a	۳۳۳/۲۰ a	۵۷۸/۰۷ a	۱۲/۲۲ a	۱۱/۱۴ a	۱۲ تن ورمی کمپوست × مصرف

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در بین میانگین‌هاست.

جدول ۸- همبستگی ساده صفات اندازه گیری شده در گیاه کدوی تخم کاغذی

شاخص	تعداد ساقه	عملکرد	عملکرد	نسبت وزن خشک	درصد همزیستی	میزان	درصد
سطح برگ	فرعی	میوه خشک	دانه	دانه به میوه	میکوریزی	فسفر دانه	روغن دانه
شاخص سطح برگ	۱/۰۰۰						
تعداد ساقه فرعی	۰/۹۲۲ **						
عملکرد میوه خشک	۰/۷۰۳ **	۱/۰۰۰					
عملکرد دانه	۰/۹۰۵ **	۰/۸۲۷ **	۱/۰۰۰				
نسبت وزن خشک دانه به میوه	۰/۵۹۷ **	۰/۷۸۶ **	۰/۸۵۷ **	۱/۰۰۰			
درصد همزیستی میکوریزی	۰/۸۴۴ **	۰/۸۱۳ **	۰/۷۵۲ **	۰/۸۰۰ **	۱/۰۰۰		
میزان فسفر دانه	۰/۷۹۰ **	۰/۸۸۷ **	۰/۹۴۱ **	۰/۷۳۰ **	۰/۸۹۱ **	۱/۰۰۰	
درصد روغن دانه	۰/۲۶۳ ns	۰/۲۱۵ ns	۰/۲۲۶ ns	۰/۱۷۹ ns	۰/۲۱۳ ns	۰/۲۰۳ ns	۱/۰۰۰

ns, * و **: به ترتیب نشان دهنده عدم وجود همبستگی، همبستگی در سطح ۵٪ و ۱٪ هستند.

بیشترین شاخص سطح برگ، ساقه فرعی، عملکرد میوه خشک، عملکرد دانه، نسبت وزن خشک دانه به میوه و فسفر دانه از مصرف ۱۲ تن در هکتار بیوجار بدست آمد (جدول ۴). با توجه به جرم مخصوص کم، تخلخل زیاد، ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و ظرفیت نگهداری رطوبت قابل ملاحظه‌ی بیوجار (Fathi Gerdelidani & Mirseyed, 2015)، افزایش CEC خاک، افزایش حاصلخیزی، افزایش رشد گیاه و توسعه ریشه را به همراه دارد. همچنین به دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، موجب جذب آمونیوم و نترات، آزادسازی تدریجی و در اختیار گذاشتن آنها برای گیاه می‌شود (Mishra & Patel, 2009). در پژوهش Zhang و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده شد که بیوجار عملکرد برنج را تا ۱۴٪ بهبود داد. همچنین Matsubara و همکاران (۲۰۰۲) مشاهده کردند که بیوجار شدت پوسیدگی فوزاریومی ریشه را در گیاه دارویی مارچوبه (*Asparagus officinalis* L.) تلقیح شده با قارچ میکوریز آربوسکولار (AMF) کاهش داد.

نتایج همبستگی ساده صفات (جدول ۸) نشان دادند که عملکرد میوه خشک، عملکرد دانه و میزان فسفر دانه با تعداد ساقه فرعی، شاخص سطح برگ و درصد همزیستی میکوریزی همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح ۱٪ داشتند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، هر عاملی که میزان رشد گیاه را تحت تأثیر مثبت قرار دهد می‌تواند بر تولید بذر گیاه اثر مثبت داشته باشد. از نکات قابل توجه در کدوی تخم کاغذی، رابطه مثبت شاخص سطح برگ به عنوان موتور محرک رشد گیاه با عملکرد میوه خشک بود که رابطه مثبت معنی‌دار داشتند، بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از کودهای محرک رشد برگ می‌تواند در افزایش عملکرد این گیاه مؤثر باشد. درصد روغن دانه با کلیه صفات مورفولوژیک، عملکرد میوه خشک، عملکرد دانه و میزان فسفر دانه همبستگی معنی‌دار نشان نداد که به نظر می‌رسد بین کمیت و کیفیت در گیاه کدوی تخم کاغذی رابطه همبستگی وجود ندارد و این موضوع باید با دقت بیشتری مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از تعیین سازوکار تولید روغن در دانه، نسبت به مشخص

بیشترین شاخص سطح برگ، ساقه فرعی، عملکرد میوه خشک، عملکرد دانه، نسبت وزن خشک دانه به میوه و فسفر دانه از مصرف ۱۲ تن در هکتار بیوجار بدست آمد (جدول ۴). با توجه به جرم مخصوص کم، تخلخل زیاد، ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و ظرفیت نگهداری رطوبت قابل ملاحظه‌ی بیوجار (Fathi Gerdelidani & Mirseyed, 2015)، افزایش CEC خاک، افزایش حاصلخیزی، افزایش رشد گیاه و توسعه ریشه را به همراه دارد. همچنین به دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، موجب جذب آمونیوم و نترات، آزادسازی تدریجی و در اختیار گذاشتن آنها برای گیاه می‌شود (Mishra & Patel, 2009). در پژوهش Zhang و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده شد که بیوجار عملکرد برنج را تا ۱۴٪ بهبود داد. همچنین Matsubara و همکاران (۲۰۰۲) مشاهده کردند که بیوجار شدت پوسیدگی فوزاریومی ریشه را در گیاه دارویی مارچوبه (*Asparagus officinalis* L.) تلقیح شده با قارچ میکوریز آربوسکولار (AMF) کاهش داد.

بیشترین شاخص سطح برگ، تعداد ساقه فرعی، عملکرد میوه خشک، عملکرد دانه و میزان فسفر دانه از مصرف میکوریزا در مقایسه با تیمار عدم مصرف بدست آمد (جدول ۵). قارچ‌های میکوریزایی از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مثل فسفر و برخی عناصر کم‌مصرف، افزایش جذب آب و کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی، سبب بهبود در رشد و عملکرد گیاه میزبان می‌شوند (Sharma, 2002; Marschner & Dell, 1994). Toussaint و همکاران (۲۰۰۷) مشاهده کردند که دو گونه قارچ میکوریزای *Glomus mosseae* و *G. caledonium* غلظت فسفر و عملکرد محصول را در گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) افزایش دادند. Li و همکاران (۲۰۰۵) نیز در شبدر (*Trifolium subterraneum* L.) مشاهده کردند که تلقیح میکوریزا *Glomus intraradices* وزن خشک بوته را به‌طور معنی‌دار نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین Abak و همکاران (۲۰۱۰) چندین گونه میکوریزای *Glomus fasciculatum*، *Glomus caledonium*

- Fathi Gerdelidani, A. and Mirseyed, H., 2015. Different aspects of biocurrent effects in improving soil quality. International Conference on Applied Research in Agriculture, Tehran, 22 May: 1-12.
- Fruhwirth, G.O. and Hermetter, A., 2008. Production technology and characteristics of styrian pumpkin seed oil. European Journal of Lipid Science and Technology, 110(7): 637-644.
- Ghaderi-Far, F., Soltani, A. and Sadeghipour, H.R., 2011. Changes in seed quality during seed development and maturation in medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* subsp. *pepo* Convar, *Pepo* var. *styriaca* Greb). Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants, 17(3): 249-257.
- Gholipouri, A.A.Gh., Javanshir, A., Rahimzadeh Khouei, F., Mohammadi, S.A.A.Gh. and Bayat, H., 2006. The effect of pruning of head and different levels of nitrogen on seed oil and fatty acids content of pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* L.). Journal of Agricultural Science, 16(2): 149-157.
- Glew, R.H., Glew, R.S., Chuang, L.T., Huang, Y.S., Millson, M., Constans, D. and Vanderjaqt, D.J., 2006. Amino acid, mineral and fatty acid content of pumpkin seeds (*Cucurbita* spp) and *Cyperus esculentus* nuts in the republic of Niger. Plant Foods for Human Nutrition, 61(2): 51-56.
- ISIRI 7593., 2003. Oilseeds- determination of oil content (Reference method). Institute of Standards and Industrial Research of Iran, 19p.
- Kameyama, K., Shinogi, Y., Miyamoto, T. and Agarie, K., 2010. Estimation of net carbon sequestration potential with farmland application of bagasse charcoal: life cycle inventory analysis through a pilot sugarcane bagasse carbonisation plant. Australian Journal of Soil Research, 48(7): 586-592.
- Krinsky, N.I., 1998. The antioxidant and biological properties of the carotenoids. Annals of the New York Academy of Sciences, 854: 443-447.
- Li, H.Y., Zhu, Y.G., Marschner, P., Smith, F.A. and Smith, S.E., 2005. Wheat responses to arbuscular mycorrhizal fungi in a highly calcareous soil differ from those of clover, and change with plant development and P supply. Plant and Soil, 277(1-2): 221-232.
- Lionello, B. and Francesco, D., 1992. Soil fertility improvement and pollution risks from the use of composts referred to N, P, K and C balance. ISHS International Symposium on Compost Recycling of Wastes, Athens, Greece, 4 October: 51-62.
- Marschner, H. and Dell, B., 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant and Soil, 159(1): 89-102.

کردن تیمارهای مؤثر بر کمیت و کیفیت اقدام کرد. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از کودهای ترکیبی ورمی کمپوست و بیوجار در تولید کمی گیاه مؤثر بوده و برای افزایش کیفیت گیاه به ویژه درصد روغن دانه آن نیاز به تحقیقات بیشتری است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولان محترم دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، بخش گیاهان دارویی مجتمع تحقیقاتی البرز وابسته به مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج و همچنین بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب وزارت جهاد کشاورزی که ما را در اجرای هرچه بهتر این پژوهش یاری دادند، سپاسگزاری می‌نماییم.

منابع مورد استفاده

- Abak, K., Dasgan, H.Y., Rehber, Y. and Ortash, I., 2010. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizas on plant growth of soilless grown muskmelon. Proceedings of the 4th ISHS International Symposium on Cucurbits. Changsha Hunan China, 21 September: 301-306.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J.D., 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology, 93(2): 145-153.
- Ardakani, M.R. and Sharifi, M., 2017. Worm castings-based growing media with biochar and arbuscular mycorrhizal fungi for producing organic tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in greenhouse. Iranian Journal of Plant Physiology, 7(3): 2083-2093.
- Dalpe, Y., 1993. Vesicular-arbuscular mycorrhiza: 287-301. In: Carter, M.R., (Ed.). Soil Sampling and Methods of Analysis. Lewis Publishers CRC Press, USA, 823p.
- Darzi, M.T., Shirkhodaei, M. and Haj Seyed Hadi, M.R., 2015. Effect of vermicompost and nitrogen fixing bacteria on seed yield, yield components of seed and essential oil content of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Medicinal Plants and By-products, 1: 103-109.

- Biotechnology and Environmental Sciences, 9(2): 321-326.
- Russell, R.M., 1998. Physiological and clinical significance of carotenoids. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 68(6): 349-353.
 - Sajadi Nik, R., Yadavi, A., Balouchi, H.R. and Farajee, H., 2011. Effect of chemical (urea), organic (vermicompost) and biological (nitroxin) fertilizers on quantity and quality yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 21(2): 87-101.
 - Sharma, A.K., 2002. *Biofertilizers for Sustainable Agriculture*. Agro-Bios, Jodhpur India, 300p.
 - 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.
 - Wagner, F.S., 2000. The health value of styrian pumpkin-seed oil-science and fiction. *Proceedings of the 1st International Oil Pumpkin Conference*. Styria and Lower Austria, 9-13 August: 122-123.
 - Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C. and Wong, M. H., 2005. Effects of biofertilizers containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*, 125: 155-166.
 - Yang, L., Zhao, F., Chang, Q., Li, T. and Li, F., 2015. Effects of vermicomposts on tomato yield and quality and soil fertility in greenhouse under different soil water regimes. *Agricultural Water Management*, 160: 98-105.
 - Zaefarian, F., Rezvani, M., Ardakani, M.R., Rejali, F. and Miransari, M., 2013. Impact of mycorrhizae formation on the phosphorus and heavy-metal uptake of Alfalfa. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44(8): 1340-1352.
 - Zhang, A., Cui, L., Pan, G., Li, L., Hussain, Q., Zhang, X., Zheng, J. and Crowley, D., 2010. Effect of biochar amendment on yield and methane and nitrous oxide emissions from a rice paddy from Tai Lake plain, China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 139(4): 469-475.
 - Matsubara, Y., Hasegawa, N. and Fukui, H., 2002. Incidence of *Fusarium* root rot in *Asparagus* seedlings infected with arbuscular mycorrhizal fungus as affected by several soil amendments. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 71(3): 370-374.
 - McCree, K.J. and Troughton, J.H., 1966. Non-existence of an optimum leaf area index for the production rate of white clover grown under constant conditions. *Plant Physiology*, 41: 1615-1622.
 - McGonigle, T.P., Miller, M.H., Evans, D.G., Fairchild, G.L. and Swan, J.A., 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 115: 495-501.
 - Mishra, P.C. and Patel, R.K., 2009. Use of agricultural waste for the removal of nitrate-nitrogen from aqueous medium. *Journal of Environmental Management*, 90(1): 519-522.
 - Mitra, J., 2001. Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plant. *Current Science*, 80(6): 758-763.
 - Murty, M.G. and Ladha, J.K., 1988. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. *Plant and Soil*, 108(2): 281-285.
 - Olsen, S.R. and Sommers, L.E., 1982. Phosphorus: 403-430. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R., (Eds.). *Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison Wisconsin USA, 1167p.
 - Paksoy, M. and Aydin, C., 2004. Some physical properties of edible squash (*Cucurbita pepo* L.) seeds. *Journal of Food Engineering*, 65: 225-231.
 - Pandey, R., 2005. Management of *Meloidogyne incognita* in *Artemisia pallens* with bio-organics. *Phytoparasitica*, 33(3): 304-308.
 - Prabha, M.L., Jayraaj, I.A., Jayraaj, R. and Rao, D.S., 2007. Effect of vermicompost and compost on growth parameters of selected vegetable and medicinal plants. *Asian Journal of Microbiology*,

Effect of vermicompost, biochar and mycorrhizal symbiosis on some qualitative and quantitative characteristics of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.)

M. Khajeh Haghverdi^{1*}, M.R. Ardakani², B. Abbaszadeh³ and P. Nejatkhah Manavi⁴

1*- Corresponding author, M.Sc. student, Agronomy Department, Faculty of Marine Science & Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, E-mail: mehr.mahya@yahoo.com

2- Agronomy Department, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

3- Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

4- Marine Biology Department, Faculty of Marine Science & Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: August 2017

Revised: January 2018

Accepted: January 2018

Abstract

In order to investigate the effect of vermicompost, biochar and mycorrhizal symbiosis on some qualitative and quantitative traits of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) as a medicinal plant, a split factorial experiment was implemented in the form of randomized complete blocks design with three replications. The study was conducted at the experimental field of Agriculture and Natural Resources Faculty of Islamic Azad University, Karaj Branch, Mahdasht, Iran, in 2016. The factors were characterized as vermicompost in three levels (0, 6 and 12 ton/ha) as the main factor, biochar in three levels (0, 6 and 12 ton/ha) and mycorrhiza in two levels (non inoculation and inoculation) as the sub factors. Results showed that the main effect of factors on the mycorrhizal symbiosis percentage and grain phosphorus content was significant ($P < 0.01$). Analysis of variance between the interaction effects of vermicompost \times biochar were significant on the LAI, dry fruit yield, grain yield and dry weight ratio of grain to fruit ($P < 0.01$) as well as on the number of lateral stem ($P < 0.05$). Mean comparison of the interaction effect of vermicompost \times biochar showed that the application of 12 (ton/ha) vermicompost along with 12 (ton/ha) biochar resulted in the highest amount of LAI (12.28), number of lateral stem (13.33 number/ plant), dry fruit yield (619.51 kg/ha), grain yield (410.02 kg/ha) and dry weight ratio of grain to fruit (66.17%). Therefore, the use of vermicompost along with biochar is recommended in production of pumpkin.

Keywords: Medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.), medicinal plants, vermicompost, biochar, sustainable agriculture, mycorrhiza.