



دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره پنجم / شماره سوم / پاییز ۱۳۹۴ (۳۰۰-۲۸۹)

تأثیر اندازه و مقادیر مختلف ورمی کمپوست بر ویژگی‌های گیاهچه‌های ذرت دانه‌ای (سینگل کراس ۷۰۴)

مریم تاج‌الدینی^۱، وحیدرضا جلالی^{۲*} و مهدی سرچشمه‌پور^۲

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه مهندسی علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر

(تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۴ - تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۱۰)

چکیده

در سال‌های اخیر استفاده از کودهای آلی همانند ورمی کمپوست در کشاورزی مورد توجه بوده است. به منظور بررسی تأثیر اندازه و مقادیر مختلف ورمی کمپوست بر ویژگی‌های گیاهچه‌های ذرت دانه‌ای، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار تحت شرایط کنترل شده گلخانه‌ای به مدت ۹۰ روز در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. در این تحقیق، مقادیر ورمی کمپوست در چهار سطح ۰، ۱، ۲ و ۴ درصد جرمی و در سه اندازه مختلف ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌متر مورد استفاده قرار گرفت و صفات وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک ساقه، ارتفاع ساقه، تعداد برگ، حجم ریشه، تنفس میکروبی و درصد کلونیزاسیون ریشه اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل نشان داد که کاربرد مقادیر مختلف ورمی کمپوست موجب افزایش معنی‌دار صفات وزن تر و خشک ساقه، ارتفاع ساقه، حجم ریشه، تعداد برگ و وزن تر و خشک ریشه گیاه ذرت نسبت به شاهد شد. اندازه‌های متفاوت ورمی کمپوست نیز تأثیر معنی‌داری بر صفات ارتفاع ساقه، درصد کلونیزاسیون ریشه و تعداد برگ داشتند، به طوری که اندازه ۰/۵ میلی‌متر تفاوت معنی‌داری با ۲ میلی‌متر در سطح احتمال یک درصد داشت، اما تفاوت آن با اندازه یک میلی‌متر معنی‌دار نبود. به طور کلی، بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که علاوه بر بهبود ویژگی‌های مرفولوژیک و بیولوژیک گیاه ذرت در اثر کاربرد مقادیر مختلف ورمی کمپوست، اندازه ذرات ورمی کمپوست نیز احتمالاً از طریق بهبود ویژگی‌های کیفی خاک، می‌تواند بر ویژگی‌های مرفولوژیک و در نهایت عملکردی گیاه ذرت موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: تنفس میکروبی، کلونیزه شدن ریشه، ماده آلی، ویژگی‌های مرفولوژیک

* نویسنده مسئول: v.jalali@uk.ac.ir

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) گیاهی یک‌ساله از خانواده گندمیان است که به دلیل قدرت سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون، بسیار سریع در تمام نقاط دنیا گسترش یافت و جایگاه سوم را بعد از گندم و برنج از نظر سطح زیر کشت به خود اختصاص داد (Nourmohamadi *et al.*, 2007). ذرت یکی از بهترین محصولات جهت تولید علوفه، سیلو و تولید دانه نیز محسوب می‌شود (Karimi, 2008).

استفاده دراز مدت از کودهای شیمیایی به سبب تخریب ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک می‌تواند منجر به کاهش عملکرد محصولات زراعی شود (Liu *et al.*, 2010). کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا کاهش چشمگیر مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه حل مطلوب برای غلبه بر این مشکلات به شمار می‌آید. ورمی‌کمپوست نوعی کمپوست تولید شده به وسیله کرم‌های خاکی است که در نتیجه تغییر، تبدیل و هضم نسبی ضایعات آلی، کود دامی و بقایای گیاهی در ضمن عبور از دستگاه گوارش این جانوران به وجود می‌آید (Darzi *et al.*, 2009). ورمی‌کمپوست غنی از هورمون‌های رشد و ویتامین‌ها است و باعث افزایش جمعیت میکروبی خاک و نگهداری طولانی مدت عناصر غذایی بدون اثر منفی بر محیط می‌شود (Padmaathiamma *et al.*, 2008).

ابوحسین و همکاران (Abou-Hussein *et al.*, 2003) در تحقیقات خود مشاهده کردند که کودهای آلی با کاهش خاصیت قلیایی خاک و کمک به حفظ رطوبت خاک، موجب افزایش توسعه ریشه و در نتیجه افزایش جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه می‌شوند. انوار و همکاران (Anwar *et al.*, 2005) دریافتند که مصرف پنج تن ورمی‌کمپوست در هکتار باعث افزایش عملکرد بیولوژیک ریحان شد. آنها اظهار داشتند که افزودن ورمی‌کمپوست به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش می‌دهد، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و بیولوژیک خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجب افزایش رشد اندام‌های هوایی و تولید ماده خشک و در نتیجه بهبود عملکرد اسانس نیز می‌شود. نتایج تحقیقات رسول و همکاران (Rasool *et al.*, 2007) نشان داد که اضافه کردن مواد ارگانیک به خاک، باعث افزایش حفره‌های موجود در خاک و افزایش

گردش هوای مورد نیاز برای رشد گیاهان و میکروارگانیسم می‌شود. در آزمایشی که توسط گوتیرز میسیلی و همکاران (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2008) به منظور بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست روی ذرت انجام شد، مشخص شد که کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش تعداد برگ، وزن خشک ساقه و ارتفاع گیاه در مقایسه با شاهد شد. گزارش شده است که ورمی‌کمپوست به عنوان اصلاح کننده آلی خاک، در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان موثر است (Sekar and Karmegam, 2010). ورمی‌کمپوست می‌تواند به علت فراهمی متعادل عناصر غذایی در ناحیه ریزوسفر، یک منبع انرژی برای فعالیت هر چه بیشتر باکتری‌های مفید خاک باشد (Mohammady Aria *et al.*, 2010). در پژوهشی که توسط قوچی و همکاران (Ghoochi *et al.*, 2013) روی ذرت علوفه‌ای انجام شد، مشخص شد که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی، زیستی و دامی می‌تواند بدون کاهش قابل ملاحظه در عملکرد کمی و کیفی، باعث کاهش هزینه‌های تولید و رفع مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی شود.

دوان و همکاران (Doan *et al.*, 2015) به بررسی اثر کمپوست، ورمی‌کمپوست و بیوجار بر عملکرد خاک تحت کشت ذرت پرداختند. آنها در پژوهش خود به نقش مثبت ورمی‌کمپوست بر افزایش عملکرد به ویژه در شرایط کمبود رطوبت و تنش آبی اشاره کردند. سونگ و همکاران (Song *et al.*, 2015) نیز به بررسی نحوه پاسخ عملکرد گیاه گوجه فرنگی به کاربرد همزمان باکتری‌های محرک رشد (PGPR) در حضور ورمی‌کمپوست پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد به تنهایی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد ندارد، بلکه کاربرد همزمان این باکتری‌ها در حضور تیمارهای مختلف ورمی‌کمپوست (۱۵ و ۳۰ تن در هکتار)، باعث هم‌افزایی اثر مثبت این عوامل بر کیفیت خاک و در نتیجه عملکرد گوجه فرنگی می‌شود. خان و همکاران (Khan *et al.*, 2015) نیز در پژوهشی مشابه، به نقش مثبت و سازنده ازتوباکتر (*Azotobacter chroococcum*) در حضور ورمی‌کمپوست بر افزایش نسبت برگ به ساقه، وزن تر اندام‌های هوایی و افزایش ماده موثره آندروگرافولید در گیاه صنعتی *Andrographis paniculata* اشاره داشتند. یانگ و همکاران (Yang *et al.*

ورمی کمپوست استفاده شده در این پژوهش از تلفیق مواد اولیه برگ چنار، ساقه و برگ یونجه و ذرت (به میزان ۴۰ درصد حجمی) و نیز کود گاوی (به میزان ۶۰ درصد حجمی) به دست آمد. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ورمی کمپوست در جدول ۲ ارایه شده است. تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش شامل مقدار ورمی کمپوست در چهار سطح ۰، ۱، ۲ و ۴ درصد جرمی و اندازه ذرات آن در سه سطح ۰/۵، ۱ و ۲ میلی متر بود. برای انجام آزمایش، ابتدا مقادیر معین ورمی کمپوست مطابق با سطوح مورد نظر (۰، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ گرم) با سه کیلوگرم خاک مخلوط و به داخل گلدان‌های بدون زهکش منتقل شدند. ظرفیت زراعی خاک نیز به روش حجمی اندازه‌گیری شد. سپس، شش عدد بذر ذرت دانه‌ای در اوایل مهر ماه سال ۱۳۹۳ در هر گلدان کشت و پس از گذشت ده روز از استقرار گیاهان، بوته‌های اضافی حذف و تنها چهار بوته سالم و یکنواخت در هر گلدان نگهداری شد. گیاهان به مدت ۹۰ روز در شرایط گلخانه رشد یافتند. روش آبیاری گلدان‌ها به این صورت بود که بعد از مشخص شدن ظرفیت زراعی خاک، رطوبت گلدان‌ها در حد ظرفیت زراعی نگهداری شد. برای این منظور، دور آبیاری سه روزه انتخاب و هر گلدان به میزان کمبود رطوبت تا حد ظرفیت زراعی آبیاری شد.

ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در این آزمایش، شامل وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه، ارتفاع ساقه، حجم ریشه، تنفس میکروبی و درصد کلونیزاسیون ریشه بود. گیاهان پس از جدا شدن از ناحیه طوقه، به دو قسمت ریشه و اندام هوایی تفکیک و به طور جداگانه در پاکت قرار داده شدند. ریشه‌ها پس از شستشو با آب به همراه اندام‌های هوایی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در آون قرار گرفتند و هر ۱۲ ساعت یک بار وزن شدند تا به وزن ثابتی رسیدند و سپس با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. برای اندازه‌گیری تنفس میکروبی خاک، از خاک ریزوسفری هر گلدان نمونه‌برداری و در داخل انکوباتور در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس CO₂ ناشی از تنفس میکروبی در سود (NaOH) ۰/۰۵ مولار جمع‌آوری و تنفس میکروبی خاک از طریق تیتراسیون با HCl ۰/۰۵ مولار محاسبه شد (Anderson, 1982). جهت تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه نیز ابتدا ریشه‌ها با

به بررسی تاثیر ورمی کمپوست بر افزایش عملکرد و نیز بهبود کیفیت و سطح حاصلخیزی خاک‌های تحت کشت گوجه فرنگی در رژیم‌های مختلف آبیاری پرداختند. نتایج آنها نشان داد که در سطوح کم‌آبیاری (۷۰ تا ۸۰ درصد ظرفیت زراعی خاک)، ورمی کمپوست باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، اسید فسفاتاز و اوره‌آز و سرانجام باعث افزایش عملکرد و در عین حال صرفه‌جویی در مصرف آب شد.

همان طور که مشاهده می‌شود، تاثیر مختلف سطوح ورمی کمپوست بر جنبه‌های گوناگون فیزیکی، تغذیه‌ای و بیولوژیک خاک در تمامی پژوهش‌های قبلی به اثبات رسیده است. به عبارت دیگر، استفاده از ورمی کمپوست و آثار مثبت آن از جنبه‌های مختلف، سال‌ها تحت بررسی و مطالعه بوده است و هم اکنون نیز مقالات مختلف و جدیدی در این زمینه ارایه و چاپ می‌شوند، اما در مورد تاثیر اندازه ذرات ورمی کمپوست (و نه مقدار آن) تا کنون هیچ تحقیق قابل استنادی مشاهده نشده است. از آنجا که اندازه‌های مختلف ذرات ورمی کمپوست می‌تواند احتمالاً تاثیرات مختلفی بر خواص وابسته به اندازه (همانند قدرت نگه‌داشت آب خاک، CEC، پایداری خاکدانه‌ها، هدایت هیدرولیکی و...) و سرانجام عملکرد محصول داشته باشد، از این‌رو هدف عمده این پژوهش بررسی نقش همزمان تاثیر اندازه، مقدار و نیز برهمکنش این دو عامل بر ویژگی‌های عملکردی و بیولوژیک گیاهچه‌های ذرت بود.

مواد و روش‌ها

به منظور مقایسه تاثیر مقادیر و اندازه‌های مختلف ورمی کمپوست بر اجزای عملکرد ذرت، پژوهشی در سال ۱۳۹۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان (با شرایط کنترل شده دمایی و رطوبتی به ترتیب ۲۰ درجه سلسیوس و ۵۵ درصد رطوبت) اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. ابتدا یک نمونه خاک از مزرعه دانشگاه تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه از الک دو میلی متری عبور داده شد. قبل از کشت برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

سپس وجود یا عدم وجود قارچ میکوریز با استفاده از بزرگنمایی ۴۰ برابر میکروسکپ نوری مورد مطالعه قرار گرفت (Givannetti and Mosse, 1980). داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شدند و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

آب مقطر شسته شدند و برای رنگ‌بری به مدت ۲۴ ساعت در محلول هیدروکسید پتاسیم (KOH) ۱۰٪ قرار گرفتند. سپس ریشه‌ها از این محلول خارج و مجدداً با آب مقطر شسته شدند و به منظور رنگ‌پذیری به مدت ۱۰ دقیقه در محلول رنگی تریپان‌بلو ۱٪ قرار گرفتند. آنگاه ریشه‌ها از این محلول رنگی خارج شدند و به قطعات یک سانتی‌متری تقسیم و در سطح یک پتری دیش مشبک پخش شدند.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Physicochemical properties of the soil used in this experiment

کربن آلی Organic carbon (%)	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	فسفر قابل دسترس P (ppm)	آهک Chalk (%)	نیتروژن کل Total N (%)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	بافت خاک Soil texture
0.35	2.9	7.1	7	20	0.04	69.4	22	6.8	Sandy loam

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش

Table 2. Physicochemical properties of the Vermicompost used in this experiment

کربن آلی Organic carbon (%)	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	pH	فسفر کل Total P (%)	چگالی ρ_b (g.cm ⁻³)	نیتروژن کل Total N (%)	منیزیم Mg (%)	پتاسیم K (%)	کلسیم Ca (%)	جرم خاکستر Ash weight (mg.g ⁻¹)
22.6	2.8	7.2	0.62	0.43	0.87	1.6	0.73	2.66	456

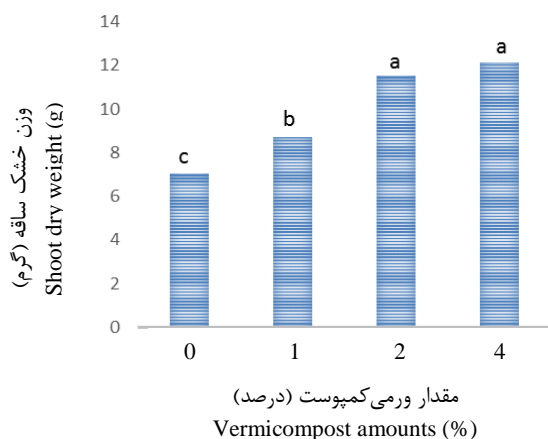
نتایج و بحث

وزن تر و خشک ساقه

معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد، اما تفاوت بین سایر مقادیر از نظر وزن خشک ساقه معنی‌دار بود. با توجه به فقر غذایی خاک مورد استفاده در این تحقیق، افزایش وزن خشک اندام هوایی ممکن است به دلیل افزایش فراهمی عناصر غذایی در تیمارهای ورمی‌کمپوست باشد. همچنین برخی از ویژگی‌های مثبت ورمی‌کمپوست که موجب افزایش رشد گیاه می‌شود، مربوط به اثر آن بر بهبود خواص فیزیکی و زیستی خاک است. ورمی‌کمپوست سرشار از جمعیت میکروبی به ویژه قارچ‌ها، باکتری‌ها و اکتینومیسیت‌ها است که نقش مهمی در ساخت مواد مغذی دارند. علاوه بر آن، در اثر عبور مواد آلی از دستگاه گوارش کرم‌ها، مقادیر زیادی از مواد مغذی در دسترس گیاه قرار می‌گیرند (Hamidpour *et al.*, 2012). نتایج مطالعات آرانکون و همکاران (Arancon *et al.*, 2004) که در شرایط مزرعه‌ای روی گیاه فلفل طی دو سال (مقادیر ۱۰ و ۲۰ تن ورمی‌کمپوست حاصل از کود دامی و ضایعات کاغذ و غذا در سال اول و

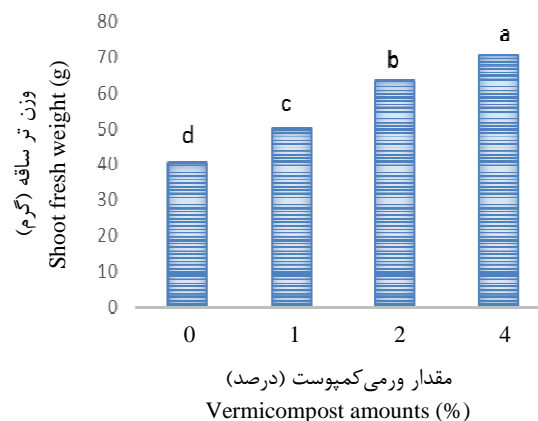
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست بر صفات وزن تر و خشک گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر اندازه‌های مختلف ورمی‌کمپوست و نیز برهمکنش مقدار × اندازه ذرات بر وزن تر و خشک ساقه معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین بین مقادیر ورمی‌کمپوست از نظر تاثیر بر وزن تر ساقه ذرت در شکل ۱ ارایه شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، ضمن وجود اختلاف معنی‌دار بین تمامی مقادیر، نتایج موید آن بود که با افزایش مقادیر ورمی‌کمپوست، وزن تر ساقه گیاه ذرت افزایش یافت. مقایسه میانگین بین مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست از نظر تاثیر بر وزن خشک ساقه ذرت (شکل ۲) نیز نشان داد که بین مقادیر ۲ و ۴ درصد حجمی ورمی‌کمپوست، اختلاف

میکروبی و عرضه پایدار عناصر غذایی پرمصرف نظیر فسفر و نیز وجود تنظیم کننده‌های رشد گیاهی مانند هورمون‌های رشد گیاه می‌تواند موجب بهبود رشد، نمو و عملکرد گیاه فلفل شود.



شکل ۲- اثر مقادیر ورمی کمپوست بر وزن خشک ساقه
Figure 2. The effect of vermicompost amounts on shoot dry weight

مقادیر ۵ و ۱۰ تن ورمی کمپوست در سال دوم) انجام شد، مشاهده شد که وزن اندام‌های هوایی، سطح برگ و عملکرد میوه گیاهان فلفل تیمار شده با ورمی کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر شد. این محققین در تفسیر نتایج به دست آمده، عنوان کردند که ورمی کمپوست از طریق بهبود خواص بیولوژیک خاک مانند افزایش بیوماس



شکل ۱- اثر مقادیر ورمی کمپوست بر وزن تر ساقه
Figure 1. The effect of vermicompost amounts on shoot fresh weight

درصد و نیز بین مقادیر ۲ و ۴ درصد ورمی کمپوست اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد، اما همه مقادیر وزن خشک ریشه بیشتری از تیمار شاهد داشتند و به نظر می‌رسد که افزودن ورمی کمپوست، می‌تواند وزن تر و خشک ریشه را همانند ساقه افزایش دهد.

ادواردز و باروز (Edwards and Burrows, 1998) افزایش رشد ریشه و رشد کلی گیاه در تیمارهای حاوی ورمی کمپوست را به علت افزایش فعالیت مواد شبه هورمونی از جمله اکسین، سیتوکینین و جیبرلین و نیز ویتامین B₁₂ عنوان کردند. بکمن و متزگر (Bachman and Metzger, 2008) نیز گزارش کردند که اضافه کردن ورمی کمپوست به خاک باعث افزایش مساحت برگ و وزن ریشه و ساقه در گل همیشه بهار فرانسوی شد. این محققین، بهبود رشد گیاه را به فراهمی بیشتر عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و نیز عناصر کم‌مصرف در تیمارهای حاوی ورمی کمپوست نسبت دادند.

وزن تر و خشک ریشه

نتایج تجزیه واریانس اثر مقادیر و اندازه‌های مختلف ورمی کمپوست بر وزن تر و خشک ریشه در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس داده‌های این جدول مشاهده می‌شود که اثر مقادیر مختلف ورمی کمپوست بر وزن تر و خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما اندازه‌های مختلف و برهمکنش مقدار × اندازه ورمی کمپوست بر وزن تر و خشک ریشه تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین بین مقادیر مختلف ورمی کمپوست بر وزن تر ریشه در شکل ۳ نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود، بین دو مقدار ۱ و ۲ درصد ورمی کمپوست اختلاف آماری معنی‌داری از نظر وزن تر ریشه ذرت مشاهده نشد، اما تفاوت بین سایر مقادیر معنی‌دار بود و مقدار ۴ درصد ورمی کمپوست وزن تر ریشه بالاتری نسبت به سایر مقادیر داشت. مقایسه میانگین بین مقادیر ورمی کمپوست از نظر وزن خشک ریشه نیز در شکل ۴ ارائه شده است. همان طور که این شکل نیز نشان می‌دهد، بین مقادیر ۱ و ۲

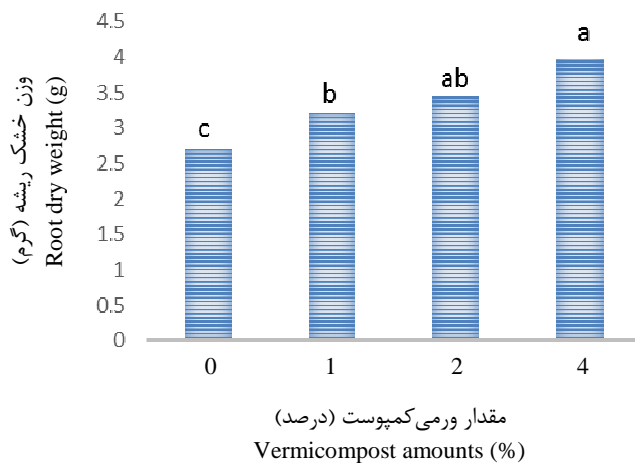
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر مقدار و اندازه ورمی کمپوست بر خصوصیات گیاهچه ذرت دانهای

Table 3. Analysis of variance for the effect of size and amount of vermicompost on seedling characteristics of grain maize

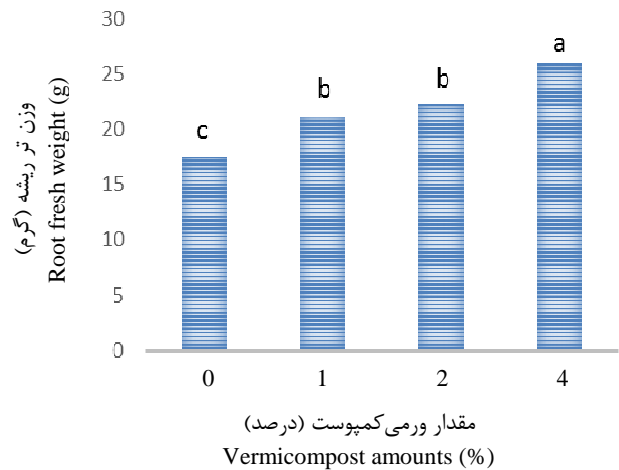
منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean squares)									
		وزن تر ساقه Shoot fresh weight	وزن خشک ساقه Shoot dry weight	وزن تر ریشه Roots fresh weight	وزن خشک ریشه Roots dry weight	تعداد برگ Leaf number	ارتفاع ساقه Stem height	حجم ریشه Root volume	تنفس میکروبی Microbial respiration	کلونیزاسیون ریشه Root colonization	
Amount مقدار	4	2184.64**	64.19**	239.93**	3.072**	0.7938**	84.45**	468.75**	0.000002 ^{ns}	209.19 ^{ns}	
Size اندازه	3	41.60 ^{ns}	1.11 ^{ns}	16.998 ^{ns}	0.0087 ^{ns}	0.5839**	196.49**	77.083 ^{ns}	0.000019 ^{ns}	529.97**	
مقدار×اندازه Amount×Size	6	45.421 ^{ns}	3.20 ^{ns}	4.63 ^{ns}	0.1280 ^{ns}	0.1211 ^{ns}	8.058 ^{ns}	43.75 ^{ns}	0.000007 ^{ns}	194.11 ^{ns}	
Error خطای آزمایش		39.57	1.76	13.89	0.34	0.11	6.19	53.47	0.000011	104.92	
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	10.92	13.66	16.29	17.43	7.724	10.696	20.28	20.51	14.63	

^{ns} and **: Not-significant and significant at 1% probability level, respectively.

^{ns} و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱.



شکل ۴- اثر مقادیر ورمی کمپوست بر وزن خشک ریشه
Figure 4. The effect of vermicompost amounts on root dry weight



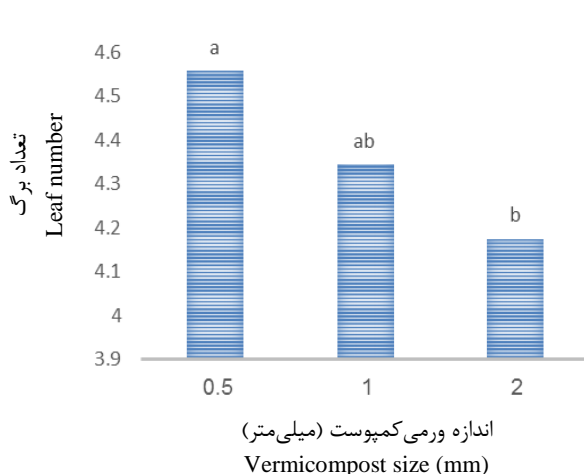
شکل ۳- اثر مقادیر ورمی کمپوست بر وزن تر ریشه
Figure 3. The effect of vermicompost amounts on root fresh weight

افزایش تعداد برگ در گیاه ذرت در این تحقیق شد. این برتری را می‌توان ناشی از آثار مطلوب ورمی کمپوست به دلیل تغییر شرایط فیزیکی، شیمیایی و ویژگی‌های میکروبی و بیولوژیک محیط کشت دانست. پیوست و همکاران (Peyvast *et al.*, 2007) گزارش کردند که کاربرد ورمی کمپوست، ارتفاع و تعداد برگ اسفناج را در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد ورمی کمپوست) به طور معنی‌داری افزایش داد. نتایج مطالعات احمد و همکاران (Ahmed *et al.*, 2010) نیز نشان داد که ویژگی‌های رشدی آفتابگردان مانند تجمع ماده خشک، تعداد برگ و شاخص سطح برگ تحت تأثیر کاربرد کود بیولوژیک، افزایش معنی‌داری یافت. مرادی و همکاران (Moradi *et al.*, 2010) نیز افزایش تعداد دانه در بوته را به دلیل مصرف کودهای ارگانیک گزارش کردند. به نظر می‌رسد که بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه و نیز افزایش آب در دسترس گیاه که ناشی از بهبود خواص فیزیکی خاک در اثر مصرف کودهای آلی و دامی است، باعث افزایش قدرت رشد گیاه، افزایش تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر شده و در نتیجه تعداد دانه در بوته را افزایش داده است. در بررسی کومار و همکاران (Kumar *et al.*, 2010) نیز کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش ارتفاع گیاه، شاخ و برگ و عملکرد روغن نعنای نسبت به تیمار کود دامی و بیولوژیک شد.

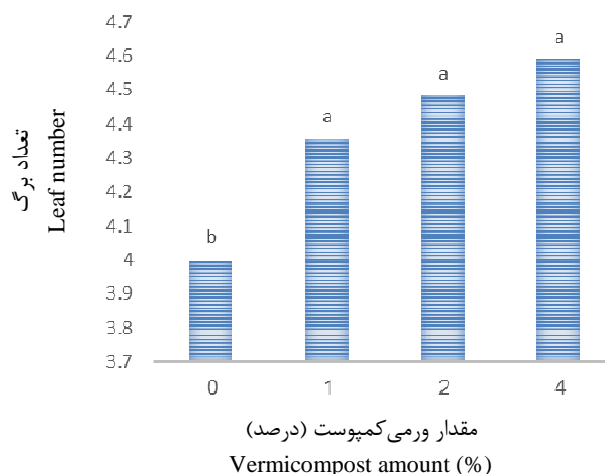
تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس اثر مقدار و اندازه ورمی کمپوست بر تعداد برگ در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که اثر اصلی مقادیر و اندازه‌های مورد مطالعه بر تعداد برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل این دو عامل بر تعداد برگ معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین بین مقادیر مختلف ورمی کمپوست بر تعداد برگ (شکل ۵) نشان داد که اختلاف معنی‌داری از نظر آماری بین سه مقدار ۱، ۲ و ۴ درصد ورمی کمپوست مشاهده نشد، اما هر سه مقدار ضمن تولید تعداد برگ بیشتر، تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد (سطح صفر درصد) داشتند. بررسی اثر اندازه‌های ورمی کمپوست بر این صفت (شکل ۶) نیز نشان داد که بین دو اندازه ۰/۵ و ۱ میلی‌متر و نیز اندازه‌های ۱ و ۲ میلی‌متر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما بین دو اندازه ۰/۵ و ۲ میلی‌متر تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و اندازه ۰/۵ میلی‌متر تعداد برگ بیشتری تولید کرد.

ارزشمندترین ویژگی ورمی کمپوست در عملکرد آنزیم‌ها، میکروارگانیسیم‌ها و هورمون‌های مختلف موجود در آن است. ورمی کمپوست دارای آنزیم‌هایی مانند پروتئاز، آمیلاز، لیپاز، سلولاز و کتیناز است که در تجزیه مواد آلی خاک و در نتیجه در دسترس قرار دادن مواد مغذی مورد لزوم گیاهان نقش موثری دارد و با فراهم آوردن محیط رشد مناسب، موجب افزایش سرعت رشد می‌شود. کاربرد مقادیر مختلف ورمی کمپوست باعث

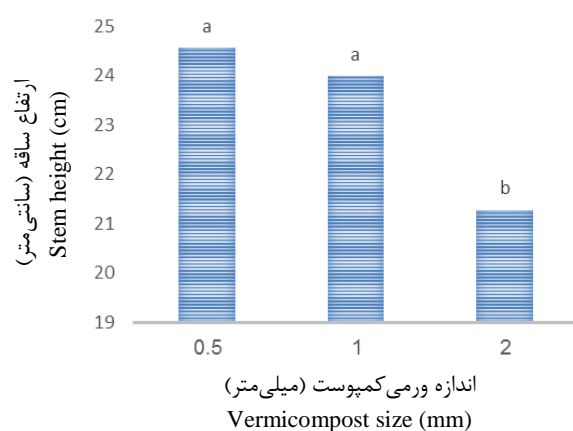


شکل ۶- اثر اندازه ورمی‌کمپوست بر تعداد برگ
Figure 6. The effects of vermicompost sizes on leaf number



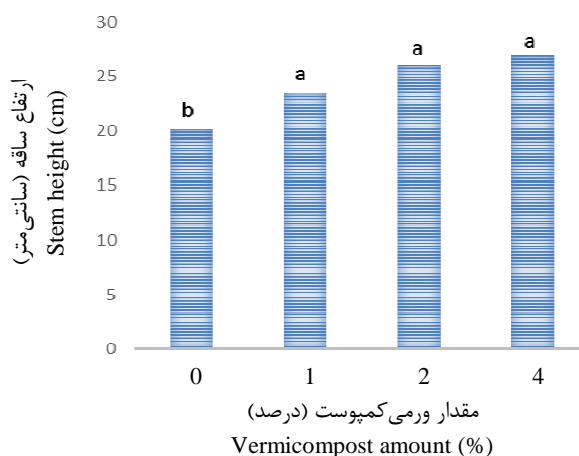
شکل ۵- اثر مقادیر ورمی‌کمپوست بر تعداد برگ
Figure 5. The effects of vermicompost amounts on leaf number

ارتفاع ساقه (Darzi and Haj Seyed Hadi, 2012) با کاربرد مقادیر صفر، ۴، ۸ و ۱۲ تن در هکتار ورمی‌کمپوست در گیاه شوید، گزارش کردند که حداکثر عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته به ترتیب در سطوح ۴ و ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار به دست آمد. خواص شیمیایی و فیزیکی اسید هیومیک موجود در ورمی‌کمپوست از طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و افزایش هورمون‌های تنظیم کننده رشد باعث افزایش تجمع نیتروژن توسط گیاه می‌شود و در نتیجه ارتفاع گیاه و رشد آن افزایش می‌یابد (Arancon et al., 2005). عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2008) نیز به آثار مثبت ورمی‌کمپوست در بهبود ارتفاع گیاه، عملکرد گل و نیز عملکرد اسانس بابونه (*atricaria recutita*) اشاره کردند.



شکل ۸- اثر اندازه ورمی‌کمپوست بر ارتفاع ساقه
Figure 8. The effect of vermicompost sizes on stem height

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر مقادیر و اندازه ورمی‌کمپوست بر ارتفاع ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی برهمکنش آنها بر ارتفاع ساقه ذرت معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۷) نشان داد که بین سه مقدار ۱، ۲ و ۴ درصد اختلاف معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد، ولی تفاوت آنها نسبت به شاهد (سطح صفر درصد) معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین بین اندازه ذرات ورمی‌کمپوست بر ارتفاع ساقه ذرت (شکل ۸) نیز نشان داد که بین دو اندازه ۰/۵ و ۱ میلی‌متر اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد، ولی ضمن داشتن تفاوت معنی‌دار با اندازه ذرات ۲ میلی‌متر، ساقه‌های بلندتری تولید کردند. درزی و حاج‌سیدهدادی

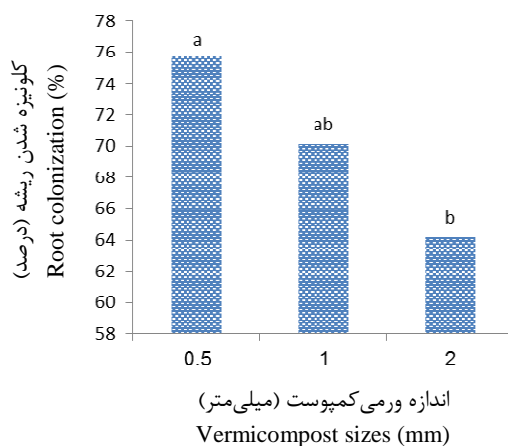


شکل ۷- اثر مقادیر ورمی‌کمپوست بر ارتفاع ساقه
Figure 7. The effects of vermicompost amounts on stem height

تیمارهای مورد مطالعه بر تنفس میکروبی، احتمالاً کوتاه بودن دوره آزمایش و کاربرد سطوح پایین ورمی کمپوست باشد. تژادا و همکاران (Tejada *et al.*, 2009) در تحقیقی به بررسی اثر مقادیر و مدت زمان کاربرد کمپوست حاصل از چغندر و ورمی کمپوست بر میزان تنفس خاک و همچنین بر فعالیت آنزیمی پرداختند. نتایج آنها نیز نشان داد که تنها با گذشت زمان طولانی و نیز افزایش سطوح کوددهی، اختلاف معنی داری در تنفس میکروبی و فعالیت آنزیمی به وجود خواهد آمد.

کلونیزه شدن ریشه

نتایج تجزیه داده‌ها نشان داد که اثر اندازه ذرات ورمی کمپوست بر درصد کلونیزه شدن ریشه‌ها معنی دار بود، اما مقدار و اثر متقابل مقدار \times اندازه ورمی کمپوست اثر معنی داری بر کلونیزه شدن ریشه‌ها نداشت. نتایج مقایسه میانگین بین اندازه ذرات مورد مطالعه (شکل ۱۰) نیز نشان داد که بین دو اندازه ۰/۵ و ۱ میلی‌متر و نیز ۱ و ۲ میلی‌متر تفاوت معنی داری وجود نداشت، اما تفاوت دو اندازه ۰/۵ و ۲ میلی‌متر در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. کیل و همکاران (Kale *et al.*, 2002) نیز مشاهده کردند که برخی جمعیت‌های میکروبی خاک‌های شالیزاری مانند تثبیت کننده‌های نیتروژن، اکتینومایست‌ها و هاگ‌های قارچی با به کارگیری ورمی کمپوست افزایش یافتند و جمعیت میکوریزایی همزیست با ریشه گیاهان برنج نسبت به شاهد ۷ درصد افزایش داشت.



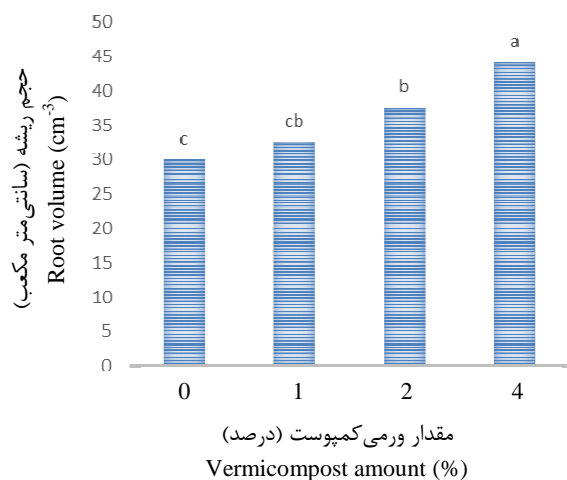
شکل ۱۰- اثر اندازه ورمی کمپوست بر درصد کلونیزه شدن ریشه
Figure 10. The effect of vermicompost sizes on root colonization

حجم ریشه

نتایج تجزیه واریانس صفت حجم ریشه در جدول ۳ ارائه شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، مقادیر ورمی کمپوست بر حجم ریشه دارای اثر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بودند، اما اثر اندازه ذرات و نیز برهمکنش مقدار \times اندازه ذرات ورمی کمپوست بر حجم ریشه معنی دار نبود. به این ترتیب، مقایسه میانگین داده‌ها فقط بین مقادیر ورمی کمپوست انجام (شکل ۹) و مشاهده شده که مقدار ۴ درصد ورمی کمپوست، ضمن داشتن تفاوت آماری معنی دار با همه مقادیر دیگر، بیشترین حجم ریشه را تولید کرد، اما بین مقادیر ۱ و ۲ درصد و نیز ۱ و شاهد تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در مطالعه‌ای که آرانکون و همکاران (Arancon *et al.*, 2004) با استفاده از مقادیر ۵ و ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار روی گیاه توت فرنگی انجام دادند، مشخص شد که ورمی کمپوست به طور معنی داری موجب افزایش سطح برگ، زیست توده اندام هوایی و سرعت رشد گیاه در مقایسه با گیاهان شاهد شد. آنها این برتری را به افزایش جمعیت میکروبی خاک و تولید مواد محرک رشد مانند هورمون‌های گیاهی که ناشی از فعالیت کرم‌های خاکی موجود در ورمی کمپوست بود، نسبت دادند.

تنفس میکروبی

تنفس میکروبی تنها صفتی در این تحقیق بود که تحت تاثیر مقدار و اندازه ذرات ورمی کمپوست و اثر متقابل آنها قرار نگرفت (جدول ۳). علت معنی دار نشدن اثر



شکل ۹- اثر مقادیر ورمی کمپوست بر حجم ریشه
Figure 9. The effect of vermicompost amounts on root volume

گیاهچه‌های ذرت نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف ورمی‌کمپوست) شد. اندازه ذرات ورمی‌کمپوست نیز اثر معنی‌داری بر ارتفاع ساقه، درصد کلونیزاسیون ریشه و تعداد برگ داشت، به طوری که تفاوت اندازه‌های ۰/۵ و ۲ میلی‌متر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاربرد مقادیر مناسب ورمی‌کمپوست می‌تواند باعث بهبود ویژگی‌های زراعی و بیولوژیک گیاه ذرت شود و علاوه بر آن، اندازه ذرات ورمی‌کمپوست نیز احتمالاً از طریق بهبود ویژگی‌های کیفی خاک، می‌تواند ویژگی‌های مرفولوژیک و در نتیجه عملکرد نهایی گیاه ذرت را متأثر سازد که البته لازم است تحقیقات بیشتری در این زمینه انجام شود.

به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که مدیریت حاصل‌خیزی خاک با استفاده از ورمی‌کمپوست، می‌تواند در پیشبرد اهدافی چون دستیابی به حداکثر عملکرد و حاصل‌خیزی پایدار خاک، اهمیت زیادی داشته باشد. ورمی‌کمپوست با فراهم کردن محیطی که در آن مواد غذایی و تنظیم‌کننده‌های رشد و نیز میکروارگانیسم‌ها در حد کافی وجود دارند، می‌تواند رشد و عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. بر اساس نتایج این تحقیق مشخص شد که کاربرد ورمی‌کمپوست آثار مثبتی بر ویژگی‌های زراعی گیاهچه‌های ذرت داشت، به طوری که کاربرد مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست در تمامی سطوح (۱، ۲ و ۴ درصد) باعث افزایش وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک ساقه، حجم ریشه، تعداد برگ و ارتفاع ساقه

References

- Abou-Hussein, S. D., El-Shoragy, T. and Abou-hadid, A. F. 2003.** Effect of cattle and chicken manure with or without mineral fertilizers on tuber quality and yield of potato crop. *Acta Horticulturae* 608: 95-100.
- Ahmed, A. G., Orabi, S. A. and Gaballah, M. S. 2010.** Effect of bio-N-P fertilizer on the growth, yield and some biochemical components of two sunflower cultivars. *International Journal of Academic Research* 2: 271-277.
- Anderson, J. P. E. 1982.** Soil Respiration. In: Page, A. L. (Ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties.* (2nd ed.). American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA. pp.: 831-872.
- Anwar, M., Patra, D. D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A. A. and Khanuja, S. P. S. 2005.** Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation and oil quality of French basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 36 (13-14): 1737-1746.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Atiyeh, R. M. and Metzger, J. D. 2004.** Effects of vermicompost produced from food waste on the growth and yield of greenhouse peppers. *Bioresource Technology* 93 (2): 139-144.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D., Lucht, C. 2005.** Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia* 49: 297-306.
- Azizi, K. and Kahrizi, D. 2008.** Effect of nitrogen levels, plant density and climate on yield quantity and quality in cumin (*Cuminum cyminum* L.) under the conditions of Iran. *Asian Journal of Plant Sciences* 7: 710-716.
- Bachman, C. R. and Metzger, J. D. 2008.** Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology* 99: 3155-3161.
- Darzi, M. T. and Haj Seyed Hadi, M. R. 2012.** Effects of the application of organic manure and biofertilizer on the fruit yield and yield components in Dill (*Anethum graveolens*). *Journal of Medicinal Plants Research* 6: 3266-3271.
- Darzi, M. T., Ghalavand, A., Sefidkon, F. and Rejali, F. 2009.** The effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphatic biofertilizer application on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant* 24: 396-413. (In Persian).
- Doan, T. T., Henry-des-Tureaux, T., Rumpel, C., Janeau, J. L. and Jouquet, P. 2015.** Impact of compost, vermicompost and biochar on soil fertility, maize yield and soil erosion in Northern Vietnam: A three year mesocosm experiment. *Science of The Total Environment* 514: 147-154.

- Ebrahim Ghoochi, Z., Mohsenabadi, G., Ehteshami, S. M. R. and Forghani, A. 2013.** Integrated application of chemical, manure and biological fertilizers on growth characteristics of forage corn in Rasht region. **Cereal Research** 3 (2): 143-154. (In Persian).
- Edwards, C. A. and Burrows, I. 1998.** The potential of earthworm composts as plant growth media. In: Edwards, C. A. and Neuhauser, E. F. (Eds.). *Earthworms in waste and environmental management*. SPB Academic Publication CO., The Hague, The Netherlands. pp: 211-219.
- Giovannetti, M. and Mosse, B. 1980.** An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist** 84: 489-500.
- Gutiérrez-Miceli, F. A., Moguel-Zamudio, M., Archila, A. and Dendooven, L. 2008.** Sheep manure vermin compost supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhiza for maize cultivation. **Bioresource Technology** 99: 7020-7026.
- Hamidpour, M., Shariatmadari, H. and Soleimani, M. 2012.** Zeoponic systems. In: Inglezakis, V. J. and Zorpas, A. A. (Eds.). *Handbook of natural zeolites*. Bentham Science Publishers. pp: 588-600.
- Kale, R. D., Mallesh, B. C., Kubra, B. and Bagyaraj, D. J. 2002.** Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial population in a paddy field. **Soil Biology and Biochemistry** 24: 1317-1320.
- Karimi, H. 2008.** Production and breeding of forage crop. Tehran University Press. (In Persian).
- Khan, K., Pankaj, U., Verma, S. K., Gupta, A. K., Singh, R. P. and Verma, R. K. 2015.** Bio-inoculants and vermicompost influence on yield, quality of *Andrographis paniculata*, and soil properties. **Industrial Crops and Products** 70: 404-409.
- Kumar, V. and Sood, M. 2011.** Effect of transplanting time, spacing and fertilizers on herbage and oil yield of *Mentha piperita*. **International Journal of Farm Sciences** 1: 68-74.
- 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.
- Liu, E., Yan, C., Mei, X., He, W., Bing, S. H., Ding, L., Liu, Q., Liu, S. and Fan, T. 2010.** Long-term effect of chemical fertilizer, straw and manure on soil chemical and biological properties in Northwest China. **Geoderma** 158: 173-180.
- Mohammady Aria, M., Lakzian, A., Haghnia, G. H., Berenji, A. R., Besharati, H. and Fotovat, A. 2010.** Effect of *Thiobacillus*, sulfur and vermicompost on the water-soluble phosphorus of hard rock phosphate. **Bioresource Technology** 101: 551-554.
- Moradi, H., Rezvani Moghaddam, P., Nasiri Mahallati, N. and Kafi, M. 2010.** The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield component and essential oil of *Foeniculum vulgare* L. (Fennel). **Iranian Journal of Field Crops Research** 7: 625-635. (In Persian).
- Nourmohamadi, G., Siadat, A. and Kashani, A. 2007.** Cereal crops. Shahid Chamran University of Ahwaz Publication. (In Persian).
- Padmavathiamma, P. K., Li, L. Y. and Kumari, U. R. 2008.** An experimental study of verminbiowaste composting for agricultural soil improvement. **Bioresource Technology** 99: 1672-1681.
- Peyvast, Gh. A., Olfati, J. A., Madeni, S. and Forghani, A. 2007.** Effect of vermicompost on the growth and yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). **Food, Agriculture and Environment** 6 (1): 43-50.
- 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.
- Rasool, R., Kukal, S. S. and Hira, G. S. 2007.** Soil physical fertility and crop performance as affected by long term application of FYM and inorganic fertilizers in rice-wheat system. **Soil and Tillage Research** 96: 64-72.
- Song, X., Liu, M., Wu, D., Griffiths, B. S., Jiao, J., Li, H. and Hu, F. 2015.** Interaction matters: Synergy between vermicompost and PGPR agents improves soil quality, crop quality and crop yield in the field. **Applied Soil Ecology** 89: 25-34.
- Tejada, M., Garcia-Martinez, A. M. and Parrado, J. 2009.** Effects of a vermicompost composted with beet vinasse on soil properties, soil losses and soil restoration. **Catena** 77: 238-247.

The effect of different sizes and amounts of vermicompost on seedlings characteristics of grain maize (SC704)

Maryam Tajodini¹, Vahid Reza Jalali^{2*} and Mehdi Sarcheshmehpoor²

1 and 2. M. Sc. Student and Assist. Prof., respectively, Dept. of Soil Science Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

(Received: January 24, 2015- Accepted: September 1, 2015)

Abstract

In recent years, the use of organic fertilizers like vermicompost has extensively been considered in agriculture. To evaluate the effect of different sizes and amounts of vermicompost on seedlings characteristics of grain maize, a factorial experiment based on completely randomized design with four replications was conducted, in a controlled conditions greenhouse for 90 days at Shahid Bahonar University of Kerman, Iran, in 2014. In this study, vermicompost at four amounts, 0, 1, 2 and 4 percent and three sizes, 0.5, 1 and 2 mm were used and root and shoot fresh weight, root and shoot dry weight, stem height, leaf number, root volume, percentage of colonization and microbial respiration were measured. Results showed that different vermicompost amounts had significant effect than the control treatment on shoot fresh and dry weight, stem height, root volume, leaf number and root fresh and dry weight of maize plant at 1% of probability. Also, results showed significant differences between vermicompost sizes of 0.5 and 2 mm at 1% probability level on the stem height, leaf number and root colonization. Based on the results, it can be concluded that not only incorporating soil with different vermicompost amounts can improve maize morphologic and biologic characteristics, but also the sizes of vermicompost via improving the soil qualitative characteristics could affects the maize morphologic and yield characteristics.

Keywords: Microbial respiration, Morphologic characters, Organic matter, Root colonization

* Corresponding author: v.jalali@uk.ac.ir