تأثیر نوع و نسبت ورمی‌کمپوست بر برخی شاخص‌های رشد و غلظت عناصر غذایی در گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه‌ای

میرحسن رسولی صدقیانی[1*]، ندا مرادی[1] و رقیه حمزه‌نژاد[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۵)

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی اثر نوع و مقدار ورمی‌کمپوست بر رشد گیاه گوجه‌فرنگی با پنج نوع مختلف ورمی‌کمپوست (برگ چنار، برگ افرا، هرس درختان سیب و انگور، ضایعات عرقیات گیاهی و بقایای آزولا) و چهار نسبت حجمی ورمی‌کمپوست به پیت و پرلیت (۲ به ۱ حجمی/حجمی) صفر، ۱/۳، ۲/۳، ۳/۳ با کاشت گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه‌ای اجرا گردید. نتایج نشان داد که نوع ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) بر ارتفاع بوته، وزن خشک بخش هوایی، وزن خشک ریشه، تعداد میانگره و قطر ساقه داشت. برهمکنش نوع و مقدار ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه و بخش هوایی، قطر ساقه، درصد نیتروژن و پتاسیم گیاه داشت. بیشترین تأثیر بر وزن خشک بخش هوایی، قطر ساقه و درصد نیتروژن در نسبت ۲/۳ ورمی‌کمپوست بقایای آزولا مشاهده شد. مقدار پتاسیم در نسبت ۲/۳ ورمی‌کمپوست برگ افرا در مقایسه با شاهد ۶۶/۱۸ درصد افزایش نشان داد. همچنین، کاربرد سطوح مختلف ورمی‌کمپوست، درصد فسفر و غلظت آهن و روی را نیز نسبت به تیمار پیت و پرلیت افزایش داد. به‌طور کلی، انواع و نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست در مقایسه با بستر پیت و پرلیت تأثیر مثبتی بر شاخص‌های رشد و غلظت عناصر در گیاه گوجه‌فرنگی داشت.

واژه‌های کلیدی: ورمی‌کمپوست، بقایای آلی، پیت و پرلیت، گیاه گوجه‌فرنگی

مقدمه

استفاده از موادی نظیر ضایعات کشاورزی و مواد زائد صنعتی، به عنوان منابع تأمین کننده مواد آلی خاک رو به گسترش است. برخی از این مواد زائد قبل از استفاده در زمین‌های کشاورزی، به منظور کاهش خطرات زیست‌محیطی آنها، بایستی مورد بررسی و پردازش قرار گیرند. فرایند تولید کمپوست با استفاده از انواعی از کرم‌های خاکی، به عنوان یک فناوری آسان و دوستدار طبیعت، برای تولید کود آلی از مواد زائد و تثبیت این گونه مواد مورد توجه قرار گرفته است (۲۵)، که علاوه بر تأمین بخشی از مواد غذایی مورد نیاز گیاه، از آلودگی‌های خاک جلوگیری نموده و منبع خوبی برای حاصل‌خیزی خاک محسوب می‌شود. ورمی‌کمپوست در واقع حاصل یک فرایند نیمه هوازی است که توسط گروه خاصی از کرم‌های کمپوستی (*Eisenia foetida*) و به کمک برخی از ریزموجودات خاک‌زی، خصوصاً باکتری‌ها و اکتینومیست‌ها، انجام می‌پذیرد (۲۹). در اراضی زراعی، از کمپوست به منظور بهبود ساختمان و افزایش حاصل‌خیزی خاک استفاده می‌شود (۲۷). ورمی‌کمپوست از خلل و فرج زیاد، ظرفیت زیاد تهویه، زهکشی مناسب و ظرفیت نگهداری آب زیادی برخوردار است (۸). ورمی‌کمپوست حاوی اکثر عناصر غذایی قابل دسترس مثل نیترات، فسفر، کلسیم و پتاسیم محلول برای گیاه است و شواهد بسیاری مبنی بر کیفیت بهتر کود حاصل از این روش و تأثیر مثبت آن بر رشد و عملکرد گیاهان

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m.rsadaghiani@urmia.ac.ir

مختلف وجود دارد (۲۲ و ۲۶). همچنین، وجود عناصر کم‌مصرف مانند آهن، روی، مس و منگنز از دیگر مزایای کود ورمی‌کمپوست می‌باشد (۷). مسلماً ارزش غذایی ورمی‌کمپوست تولید شده تا حدود زیادی به نوع و ماهیت مواد اولیه به‌کار رفته بستگی دارد. لذا منبع غذایی مناسب کرم، بعلاوه مناسب‌ترین درصد اختلاط مواد غذایی مختلف، می‌تواند نقش قابل توجهی در سرعت رشد، تکثیر و تغذیه کرم داشته و در نهایت ورمی‌کمپوستی با کیفیت و مرغوبیت خوب تولید نماید (۷).

گوجه‌فرنگی و فرآورده‌های آن به دلیل میزان کم چربی، کالری و کلسترول آزاد، غنی بودن از ویتامین‌های گروه آ، ب، ث و میزان زیاد کاروتن و لیکوپن، جزو غذاهای سالم در جیره غذایی انسان‌ها محسوب می‌شود (۴). گوجه‌فرنگی یکی از مهمترین گیاهان زراعی نواحی نیمه خشک و مدیترانه‌ای است. کشت گوجه‌فرنگی در بسیاری از نقاط کشور به‌عنوان یک محصول زراعی مهم و پر بازده، بسیار متداول است (۳). تحقیقات نشان داده که استفاده از ورمی‌کمپوست در سبزی‌های نشایی موجب افزایش رشد این گیاهان می‌شود (۱۱).

پرموزیک و همکاران (۳۲) ورمی‌کمپوست را به عنوان محیط کشت آلی، برای دو رقم گوجه‌فرنگی در کشت هیدروپونیک و کشت در بستر خاکی استفاده کردند و گزارش نمودند که میوه‌های پرورش یافته در محیط غذایی آلی به طور معنی‌داری دارای کلسیم و ویتامین ث بیشتر و آهن کمتری از میوه‌های پرورش یافته در بستر هیدروپونیک بوده است. عطیه و همکاران (۹) با انجام آزمایش‌هایی نشان دادند که با افزودن ورمی‌کمپوست کود خوکی به بسترهای گل جعفری و گوجه‌فرنگی، رشد جوانه در این دو گیاه افزایش یافت و تأثیر ورمی‌کمپوست بر جوانه‌زنی گوجه‌فرنگی بیشتر از گل جعفری بود. همچنین، توماتی و گالی (۳۸) گزارش کردند که اضافه کردن ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار رشد طولی گیاه گوجه‌فرنگی شد و عملکرد گوجه‌فرنگی به طور معنی‌داری در ۱۰۰ روز بعد از نشاکاری افزایش یافت.

تحقیقات نشان می‌دهد که استفاده از نسبت‌های مطلوب ورمی‌کمپوست به دلیل داشتن ماهیت آلی، علاوه بر تأمین بخشی از مواد غذایی مورد نیاز گیاهان و افزایش عملکرد آنها، منبع خوبی برای حاصل‌خیزی خاک محسوب می‌شود (۳۸). عطیه و همکاران (۷) بیان کردند که کاربرد ۵ و ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست در بستر کشت نسبت به بستر پیت+ پرلیت باعث افزایش وزن خشک نشای گوجه‌فرنگی می‌شود. همچنین، نسبت‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد ورمی‌کمپوست باعث افزایش جوانه‌زنی و رشد گوجه‌فرنگی می‌گردد. این فاکتور در ۵۰ درصد ورمی‌کمپوست به حداکثر رسید؛ ولی در تیمار ۱۰۰٪، وزن نشا به طور معنی‌داری کاهش یافت. افزایش ۴۰ درصدی سطح برگ و وزن خشک گوجه‌فرنگی و بهبود خصوصیات رشد گیاهان زینتی چوبی تحت تأثیر افزودن ۲۰ درصد حجمی ورمی‌کمپوست به بستر کشت آنها گزارش شده است (۳۵). سماوات و همکاران (۱) نیز به منظور بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست بر شاخص‌های رشد گیاه گوجه‌فرنگی آزمایشی با سه سطح کود شیمیایی و پنج سطح مختلف کود آلی کمپوست در شرایط گلخانه‌ای انجام دادند و گزارش نمودند که تأثیر تیمار کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست بر تعداد و وزن میوه در بوته و وزن ریشه و اندام هوایی معنی‌دار بود. در تیمار ۱۰۰ درصدی ورمی‌کمپوست، تعداد و وزن میوه، وزن اندام هوایی و رشد به ترتیب در حدود ۳، ۴، ۵ و ۹ برابر نسبت به تیمار بدون ورمی‌کمپوست افزایش یافت.

لذا، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر نوع و نسبت ورمی‌کمپوست تهیه شده بر صفات مختلف گیاه گوجه‌فرنگی و غلظت عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف انجام شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر نوع و نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست، آزمایشی در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در محل گلخانه تحقیقاتی گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام شد. این مطالعه به صورت فاکتوریل و بر پایه طرح کاملاً تصادفی شامل پنج نوع مختلف ورمی‌کمپوست (برگ چنار، برگ افرا،

هرس درختان سیب و انگور (نسبت ۵۰:۵۰ وزنی)، ضایعات عرقیات گیاهی و بقایای آزولا) و چهار سطح ورمی‌کمپوست (صفر، ۱/۳، ۲/۳ و ۳/۳ نسبت حجمی ورمی‌کمپوست به پیت+ پرلیت) با سه تکرار اجرا گردید.

این آزمایش در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول، آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید که به این منظور جعبه‌های چوبی با اندازه ۲۰×۳۰×۳۰ سانتی‌متر تهیه شد و سپس مواد خام اولیه شامل تیمار شاهد (لاشبرگ+ کود دامی (کود گاوی شسته شده)+ کاه و کلش گندم) و پنج نوع بقایای آلی مختلف شامل برگ چنار، برگ افرا، هرس درختان سیب و انگور، ضایعات عرقیات گیاهی و بقایای آزولا داخل جعبه‌ها ریخته شد. سپس، در گلخانه در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به مدت ۴ هفته تا ۶۰٪ رطوبت اشباع نگه‌داری شدند. جهت رسیدن به درصد رطوبت مورد نظر، با افزودن مقادیر لازم آب، از طریق نمونه‌برداری دوره‌ای، اندازه‌گیری درصد رطوبت آنها صورت گرفت. پس از این مدت، تعداد ۳۰ عدد کرم خاکی بالغ و نابالغ با بیوماس یکسان (۰/۱±۸ گرم) از گونه *Eisenia foetida* به جعبه‌ها افزوده شدند و با ایجاد محیط مناسب از نظر میزان رطوبت (۶۰٪ ظرفیت نگهداری آب) و سایه، فرایند تولید ورمی‌کمپوست ادامه یافته و مواد اولیه مورد نیاز در جعبه‌ها تجدید شد. نوع هوادهی توده کمپوست به‌صورت هوازی صورت گرفت که بدین منظور از جعبه‌های چوبی استفاده گردید تا هوا بتواند از میان فضاهای بین جعبه‌ها جریان یافته تا زیاد هم‌زدگی انجام نگیرد. در مدت حدود پنج ماه، انواع ورمی‌کمپوست لازم برای استفاده در طرح آماده شد. سپس، از ورمی‌کمپوست‌های تولید شده، نمونه‌برداری انجام گرفت و فراوانی کرم‌ها، فراوانی کوکون یا پیله‌ها و درصد خاکستر در هر تیمار تعیین شد. برخی از خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست‌های حاصله شامل نیتروژن کل در عصاره حاصل از هضم تر به روش کجلدال (۱۴)، EC و pH در نسبت حجمی ۱ به ۵ ورمی‌کمپوست و آب مقطر، پتاسیم، فسفر و کلسیم در عصاره حاصل از هضم خشک و کربن آلی با روش والکی و بلک (۲۸) نیز اندازه‌گیری گردیدند.

در مرحله دوم، گلدان‌ها با قطر دهانه ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر انتخاب و با نسبت‌های مختلف از مخلوط ورمی‌کمپوست‌های مختلف به پیت+ پرلیت (نسبت ۱ پیت به ۱ پرلیت) شامل نسبت حجمی صفر، ۱/۳، ۲/۳ و ۳/۳ پر شدند. سپس، ۴۸ ساعت قبل از کاشت، گلدان‌ها آبیاری شدند تا آب اضافی زهکش شود. برای تعیین درصد جوانه‌زنی، تعداد سه عدد بذر گوجه‌فرنگی در هر گلدان با سه تکرار کشت شد. درصد جوانه‌زنی از رابطه GP= 100(n/N) محاسبه گردید (۳۶)، که GP درصد جوانه‌زنی، n تعداد بذرهای جوانه زده و N کل بذرهای کشت شده می‌باشد.

گیاهان در گلخانه در روز با دمای ۲۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس و در شب بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سلسیوس و در نور طبیعی رشد کردند. دو هفته پس از کاشت بذرها، در مرحله ظهور برگ‌های لپه، دو گیاهچه ضعیف‌تر حذف شدند و نشاهای یکسان گوجه‌فرنگی به تعداد یک عدد در هر گلدان کشت گردیدند.

برای هر گلدان، ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول غذایی Rorison (۸ میلی‌لیتر از محلول در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) حاوی مقادیر مشخصی از $MgSO_4.7H_2O$، $Ca(NO_3)_2.4H_2O$، $K_2HPO_4.3H_2O$، FeEDTA، $MnSO_4.4H_2O$، H_3BO_3، $(NH_4)_6MO_{24}.4H_2O$، $ZnSO_4.7H_2O$ و $CuSO_4.5H_2O$ تا اتمام دوره رشد گیاه جهت جلوگیری از هر گونه تنش تغذیه‌ای مورد استفاده قرار گرفت (۱۷). آبیاری وزنی تا ظرفیت زراعی از طریق توزین گلدان‌ها مطابق با شرایط بستر و گیاه و شرایط محیطی انجام شد.

پس از سپری شدن دو ماه از زمان کاشت، گیاه گوجه‌فرنگی داخل گلدان‌ها برداشت شده و بخش هوایی و ریشه گیاه از بذر تفکیک شدند. سپس، صفات مورفولوژیک گیاه شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن خشک ریشه، وزن خشک بخش هوایی گیاه و تعداد میان‌گره اندازه‌گیری شد. ارتفاع گیاه در انتهای دوره رشد از سطح گلدان تا انتهایی‌ترین غلاف برگ انتهایی توسط

جدول ۱. مقایسه میانگین ورمی‌کمپوست‌های مختلف از لحاظ برخی خصوصیات شیمیایی و بیولوژیک .

منابع ورمی‌کمپوست	K	Ca	N	C	C/N	EC	pH	خاکستر	تعدادکرم و کوکون
	(٪)					(dS/m)		(٪)	
شاهد*	۲/۲۷ a	۰/۱۳ cde	۱/۱۹ b	۱۴/۶۵ b	۱۳/۰۴ b	۲/۱۵ b	۷/۴ a	۴۹/۵ a	۳۶۱ b
چنار	۱/۷۹ a	۰/۱۷ b	۱/۱۲ b	۲۷ a	۲۴/۱۸ a	۲/۱۶ b	۷/۱۷ a	۳۳ b	۱۰۱۴ a
آزولا	۲/۰۲ a	۰/۱۰ e	۱/۵۳ a	۱۶/۸۰ b	۱۱/۲۳ b	۲/۵۳ a	۶/۸ b	۴۹ a	۳۵۵ b
هرس	۲/۳۸ a	۰/۱۲ de	۱/۴۴ ab	۲۷/۸۶ a	۱۹/۹۲ a	۱/۹۲ b	۷/۳ a	۲۹/۵ b	۶۵۰ b
افرا	۱/۷۹ a	۰/۲۳ a	۱/۶۱ a	۱۷/۵۵ b	۱۱/۰۱ b	۲/۵۴ a	۷/۲۷ a	۴۷/۵ a	۴۷۱ b
عرقیات	۲/۲۹ a	۰/۱۶ bc	۱/۴۱ ab	۱۸/۳۳ b	۱۲/۹۹ b	۲/۰۴ b	۷/۲۲ a	۵۱/۳ a	۴۶۷ b

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

*: لاشبرگ+ کود دامی (کود گاوی شسته شده)+ کاه و کلش گندم

خط‌کش اندازه‌گیری شد. برای تعیین قطرساقه، طوقه گیاه به عنوان معیار اندازه‌گیری انتخاب شد و در انتهای دوره رشد به وسیله کولیس اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک اندام هوایی، گیاهان از محل طوقه جدا شده و ابتدا وزن تر آنها اندازه‌گیری شد. سپس، گیاهان به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند تا خشک شوند. سپس، وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. نیتروژن (N) در عصاره حاصل از هضم تر گیاهان به روش کجلدال تعیین شد (۱۴). غلظت فسفر به روش رنگ‌سنجی در طول موج ۴۳۰ نانومتر از طریق اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV3100)، پتاسیم (K) توسط دستگاه فلیم‌فتومتر و آهن (Fe)، روی (Zn)، مس (Cu) و منگنز (Mn) توسط دستگاه جذب اتمی (Shimadzu 6300AA) در عصاره حاصل از هضم خشگ گیاهان اندازه‌گیری شد (۳۱).

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، شامل تجزیه واریانس و تست نرمال بودن، از نرم‌افزارهای MSTATC و Costate استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت. ترسیم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج برخی خصوصیات شیمیایی و بیولوژیک انواع ورمی‌کمپوست‌های تولید شده (جدول ۱) نشان داد که ورمی‌کمپوست‌های مختلف روی pH تأثیر گذاشته‌اند که در این بین ورمی‌کمپوست حاصل از بقایای آزولا نسبت به سایر تیمارها سبب کاهش معنی‌دار pH گردید. بیشترین مقدار کربن و نسبت C/N نیز در ورمی‌کمپوست‌های هرس و برگ چنار مشاهده شد. معمولاً نسبت کربن به نیتروژن (C/N) ورمی‌کمپوست ۱۵ تا ۲۰ بوده و طول دانه‌های خشک آن بین ۱ تا ۵ میلی‌متر متغیر است. هوموس آن نیز ۲۰٪ وزن خشک می‌باشد (۵). البته نسبت C/N برای انواع ضایعات آلی و مواد حجم‌دهنده مختلف شاخص مناسبی از رسیدگی نمی‌باشد؛ هرچند ارتباط نزدیکی بین نسبت C/N، CEC و غلظت اسیدهای هومیک وجود دارد (۳۹). ارزیابی پایداری ورمی‌کمپوست با نسبت C/N ممکن است گمراه کننده باشد، بخصوص زمانی که حاوی مقدار زیادی نیتروژن به شکل آمونیاک باشد. بیشترین مقدار نیتروژن کل نیز در ورمی‌کمپوست‌های افرا و آزولا مشاهده شد. بیشترین تعداد کرم و کوکون در ورمی‌کمپوست لاشبرگ چنار دیده شد که دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ با تیمارهای دیگر بود. در حالی که بین تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری دیده نشد. بنابراین، مؤثرترین نوع ورمی‌کمپوست در افزایش جمعیت کرم در این مطالعه، برگ چنار تعیین گردید.

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی (جداول ۲ و ۳) نشان داد که از نظر صفات مختلف رشدی گیاه گوجه‌فرنگی شامل ارتفاع بوته، وزن خشک بخش هوایی، وزن خشک ریشه،

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس برخی شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه گوجه‌فرنگی.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع بوته	وزن خشک هوایی	وزن خشک ریشه	قطر ساقه	درصد جوانه زنی	تعداد میانگره
نوع ورمی‌کمپوست	۴	۰/۱۵*	۳/۴۵***	۰/۱۵***	۰/۰۵۷***	۵۸۳^{ns}	۰/۰۶۷*
نسبت ورمی‌کمپوست	۳	۰/۴۷***	۳/۳۸***	۰/۳۹***	۰/۰۴۵***	۱۶۶^{ns}	۰/۱۴**
نوع × نسبت	۱۲	۰/۰۷۲^{ns}	۱/۰۳۸***	۰/۰۵۵***	۰/۰۱۲**	۵۲۲^{ns}	۰/۰۴۲^{ns}
خطا	۴۰	۰/۰۵	۰/۱۹	۰/۰۱۴	۰/۰۰۳	۲۹۶	۰/۰۲۴
ضریب تغییرات (٪)		۷/۹۰	۲۸/۹۶	۲۲/۶۴	۱۲/۲۹	۱۹/۴۳	۷/۱۲

***، **، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۰/۱، ۱ و ۵ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در گیاه گوجه‌فرنگی

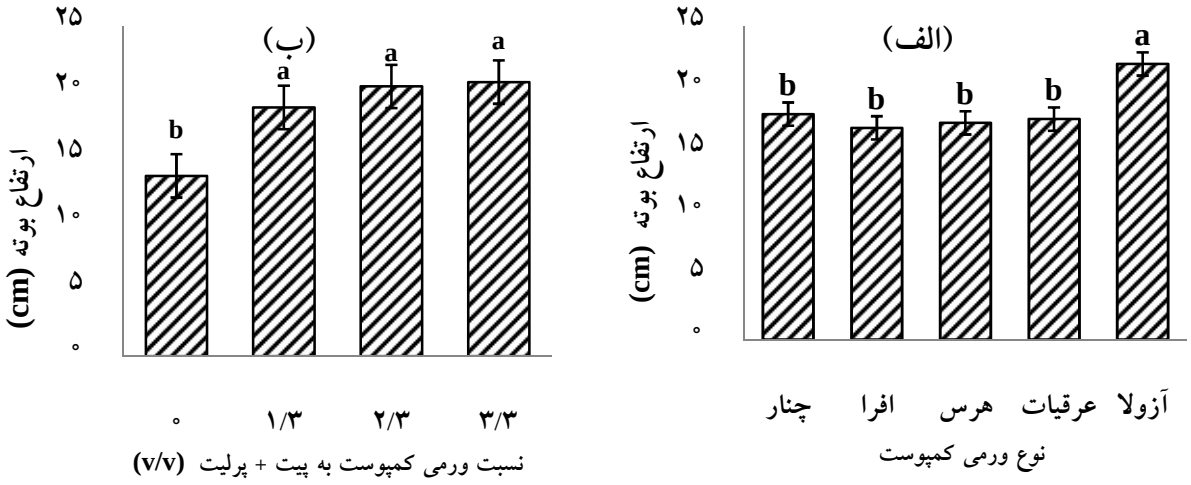
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین		مربعات			
		N	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn
نوع ورمی‌کمپوست	۴	۰/۰۲۱***	۰/۱۳^{ns}	۰/۰۶۹*	۰/۰۴۳^{ns}	۲۷۹^{ns}	۰/۴۹^{ns}	۰/۶۵^{ns}
نسبت ورمی‌کمپوست	۳	۰/۰۱۶**	۰/۸۰***	۱/۲۹***	۱/۶۷***	۱۸۶۱***	۰/۰۸۴^{ns}	۱/۳۷**
نوع×نسبت	۱۲	۰/۰۲۱***	۰/۰۹^{ns}	۰/۰۵*	۰/۱۲^{ns}	۵۷^{ns}	۰/۱۷^{ns}	۰/۲۷^{ns}
اشتباه	۴۰	۰/۰۰۳	۰/۰۴۶	۰/۰۲۵	۰/۱۴	۲۸۱	۰/۲۸	۰/۲۲
ضریب تغییرات (٪)		۶/۹۹	۲۰/۳۸	۱۸/۱۳	۷/۹۷	۱۳/۷۶	۱۸/۱۰	۱۳/۲۷

***، **، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۰/۱، ۱ و ۵ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار

تعداد میانگره و قطر ساقه اختلاف معنی‌داری بین نوع و نسبت ورمی‌کمپوست مشاهده می‌شود. اما بین درصد جوانه‌زنی در انواع و مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌دار نبود. همچنین، در وزن خشک بخش هوایی و ریشه، اثر متقابل نوع × نسبت ورمی‌کمپوست در سطح ۰/۱ درصد و اثر متقابل تیمار ذکر شده بر قطر ساقه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اثر هر دو پارامتر نوع و نسبت ورمی‌کمپوست بر غلظت نیتروژن، پتاسیم، فسفر و منگنز معنی‌دار بود، بدین ترتیب که اثر متقابل نوع × نسبت ورمی‌کمپوست بر درصد نیتروژن در سطح ۰/۱ درصد و درصد پتاسیم در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. اما تفاوت معنی‌داری در اثر متقابل بین نوع × نسبت ورمی‌کمپوست بر درصد فسفر و غلظت آهن، روی، منگنز و مس مشاهده نگردید.

ارتفاع ساقه و تعداد میانگره

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۲۲ سانتی‌متر) در تیمار ورمی‌کمپوست تهیه شده از بقایای آزولا بود. اما بین انواع دیگر ورمی‌کمپوست‌های مورد مطالعه، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱- الف). تأثیر نسبت‌های ورمی‌کمپوست در مقایسه با بستر پیت+ پرلیت بر ارتفاع گیاه معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۰۵). در حالی که بین نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و بیشترین ارتفاع بوته ۲۰/۷۸ سانتی‌متر به‌دست آمد که نسبت به تیمار بدون ورمی‌کمپوست (تیمار شاهد) ۳۴/۲۲ درصد افزایش نشان داد (شکل ۱- ب). احتمالاً خواص موجود در ورمی‌کمپوست، از طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد و فعالیت ریزموجودات، باعث تجمع نیتروژن شده و در نتیجه سبب افزایش ارتفاع گیاه،



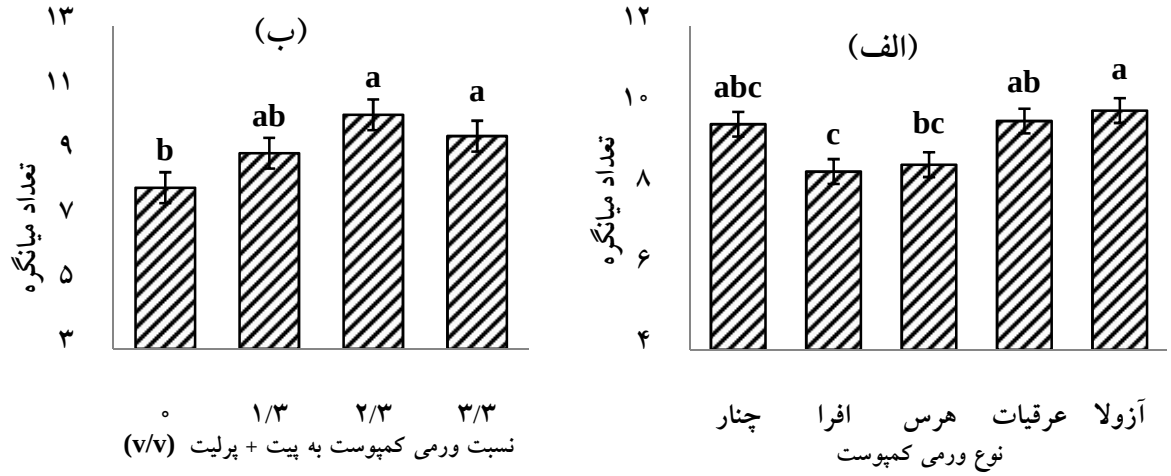
شکل ۱. مقایسه میانگین اثر نوع ورمی‌کمپوست (الف) و نسبت ورمی‌کمپوست (ب) بر ارتفاع بوته گیاه گوجه‌فرنگی.

سطح برگ، تعداد برگ، تعداد گره، وزن تر و وزن خشک می‌شود (۱۰). توماتی و گالی (۳۷) بیان داشتند که تحریک تولید موادی شبیه به اکسین در زمان مصرف ورمی‌کمپوست، علت افزایش ارتفاع گیاهان می‌باشد. همچنین، از آنجا که اسید آمینه تریپتوفان پیش‌ماده سنتز ایندول استیک اسید می‌باشد، وجود عنصر روی در ساختمان این اسید آمینه ضروری است و ورمی‌کمپوست غنی از مواد مغذی از جمله روی می‌باشد، بنابراین این کود می‌تواند با تأثیر بر سنتز هورمون‌ها، به ویژه اکسین، باعث افزایش رشد و متعاقب آن ارتفاع گیاه شود (۳۴). هاشمی مجد و همکاران (۲۳) نشان دادند که کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش رشد گوجه‌فرنگی می‌شود.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد میانگره (۸/۹) در ورمی‌کمپوست تهیه شده از بقایای آزولا بود. اما از لحاظ آماری بین ورمی‌کمپوست‌های برگ چنار، ضایعات عرقیات گیاهی و بقایای آزولا اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲- الف). تأثیر نسبت‌های ورمی‌کمپوست (غیر از نسبت ۱/۳) در مقایسه با بستر پیت+ پرلیت بر تعداد میانگره در گیاه گوجه‌فرنگی معنی‌دار بود ($P\leq ۰/۰۵$). همچنین، بین نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و بیشترین تعداد میانگره ۱۰ به‌دست آمد که نسبت به تیمار بدون ورمی‌کمپوست (تیمار شاهد) ۲۲٪ افزایش نشان داد (شکل ۲- ب).

وزن خشک بخش هوایی و ریشه

مقایسه میانگین اثر متقابل نوع و نسبت ورمی‌کمپوست‌های مورد مطالعه بر وزن خشک بخش هوایی (شاخساره) و ریشه گیاه گوجه‌فرنگی در جدول ۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج، بیشترین میزان وزن خشک بخش هوایی در تیمارهای ۲/۳ و ۱/۳ ورمی‌کمپوست بقایای آزولا مشاهده شد که نسبت به تیمار پیت+ پرلیت، افزایش ۸۲/۷ درصدی نشان داد (جدول ۴). همچنین، کمترین مقدار وزن خشک بخش هوایی گیاه در تیمارهای ۲/۳ و ۳/۳ ورمی‌کمپوست تولیده شده از برگ افرا به‌دست آمد که با تیمار پیت+ پرلیت اختلاف معنی‌داری نداشتند. عطیه و همکاران (۸) بیان کردند که تنظیم‌کننده‌های رشد در غلظت‌های کم و در شرایط دسترسی کامل به عناصر غذایی فعال بوده و این دلیل مناسبی برای افزایش وزن بوته در غلظت‌های کم ورمی‌کمپوست می‌باشد. همچنین، آنها بیان داشتند که علت افزایش ماده خشک، وجود شرایط فیزیکی و عوامل تغذیه‌ای مناسب در محیط کشت در حضور مواد فعال بیولوژیک است. کاهش این رشد و عملکرد در نسبت‌های بالای ورمی‌کمپوست ناشی از غلظت‌های زیاد نمک و سمیت عناصر سنگین بیان شده است. در مورد وزن خشک ریشه نیز بیشترین مقادیر آن به ترتیب در تیمارهای ۳/۳ ورمی‌کمپوست حاصل از



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر نوع ورمی‌کمپوست (الف) و نسبت ورمی‌کمپوست (ب) بر تعداد میانگره گیاه گوجه‌فرنگی.

هرس درختان سیب و انگور و ضایعات عرقیات گیاهی مشاهده شد که نسبت به تیمار پیت+ پرلیت به ترتیب افزایش ۹۵ و ۹۴ درصدی را نشان دادند (جدول ۴). در بررسی که توسط علیخانی و محمدی (۲) انجام گرفت، معلوم شد که ورمی‌کمپوست، ارتفاع گیاه و وزن خشک بوته را در گیاه گوجه‌فرنگی افزایش می‌دهد. نتایج آرانکون و همکاران (۶) در گیاه توت فرنگی و گجالاکشمی و عباسی (۲۱) در بامیه (*Hibiscus esculentus* L.) و گوجه‌فرنگی، مؤید افزایش وزن خشک گیاه در حضور ورمی‌کمپوست است.

عطیه و همکاران (۸) نیز افزایش وزن گیاهان گوجه‌فرنگی تیمار شده با ورمی‌کمپوست را به دلیل تغییر در شرایط فیزیکی، شیمیایی و خصوصیات میکروبی و زیستی محیط کشت اعلام نمودند. در این راستا، ادواردز (۱۸) بیان کرد که وزن خشک بخش هوایی گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی رشد یافته در غلظت‌های مختلف مواد هومیک، نسبت به شاهد افزایش نشان داده است.

قطر ساقه

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نوع و نسبت ورمی‌کمپوست به پیت+ پرلیت بر قطر ساقه گیاه گوجه‌فرنگی نشان داد که نسبت ۲/۳ ورمی‌کمپوست بقایای آزولا نسبت به بستر پیت+ پرلیت دارای بیشترین قطر ساقه بود (جدول ۴). اما بین نسبت‌های ۲/۳ و ۳/۳ ورمی‌کمپوست حاصل از بقایای آزولا اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

باخمن و متسگر (۱۲) گزارش کردند که اضافه کردن ورمی‌کمپوست به خاک باعث شد که مساحت برگ و وزن ریشه و ساقه در گل همیشه‌بهار فرانسوی افزایش پیدا کند. این محققین بهبود رشد گیاه را به بیشتر بودن فراهمی عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و همچنین عناصر کم‌مصرف در تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست نسبت دادند. برخی دیگر از ویژگی‌های مثبت ورمی‌کمپوست که موجب افزایش رشد گیاهان می‌شود، مربوط به بهبود خواص فیزیکی و زیستی خاک است (۱۰).

غلظت عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف

مقایسه میانگین اثر متقابل نوع و نسبت ورمی‌کمپوست بر درصد نیتروژن و پتاسیم گیاه در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج حاصل نشان داد که نسبت ۲/۳ ورمی‌کمپوست بقایای آزولا بیشترین نیتروژن را نسبت به تیمار پیت+ پرلیت داشت. قابل توجه است که بین نسبت ۲/۳ ورمی‌کمپوست بقایای آزولا در مقایسه با نسبت ۱/۳ ورمی‌کمپوست حاصل از ضایعات عرقیات گیاهی و هرس درختان سیب و انگور، نسبت ۲/۳

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع و نسبت ورمی‌کمپوست بر برخی ویژگی‌های گیاه گوجه‌فرنگی.

تیمار	نسبت W/PP	وزن خشک هوایی (g)	وزن خشک ریشه (g)	قطر ساقه (cm)
چنار	۰	۰/۵۵g	۰/۰۳۳g	۰/۴۲efg
	۱/۳	۱/۳۸c-f	۰/۳۰de	۰/۵۰c-f
	۲/۳	۱/۴۲c-f	۰/۳۰de	۰/۵۳cde
	۳/۳	۱/۷۰cd	۰/۴۱b-e	۰/۴۵d-g
افرا	۰	۰/۵۵g	۰/۰۳۳g	۰/۴۲efg
	۱/۳	۰/۶۴f	۰/۱۹efg	۰/۴۷def
	۲/۳	۰/۳۲g	۰/۰۳g	۰/۴۰fg
	۳/۳	۰/۳۷g	۰/۰۷fg	۰/۳۳g
هرس درختان	۰	۰/۵۵g	۰/۰۳۳g	۰/۴۲efg
	۱/۳	۰/۸۳ef	۰/۲۴d-g	۰/۴۸def
	۲/۳	۱/۰۱def	۰/۳۰de	۰/۵۵bcd
	۳/۳	۲/۱۷bc	۰/۶۱ab	۰/۵۵bcd
عرقیات	۰	۰/۵۵g	۰/۰۳۳g	۰/۴۲efg
	۱/۳	۱/۱۳def	۰/۴۱b-e	۰/۴۸ def
	۲/۳	۱/۵۳cde	۰/۴۲bcd	۰/۶۰abc
	۳/۳	۲/۱۰bc	۰/۶۸a	۰/۶۱abc
آزولا	۰	۰/۵۵g	۰/۰۳۳g	۰/۴۲efg
	۱/۳	۲/۵۲ab	۰/۵۵abc	۰/۶۲abc
	۲/۳	۳/۱۸a	۰/۳۶cde	۰/۶۷a
	۳/۳	۱/۶۱cde	۰/۲۶def	۰/۶۶ab

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

W/PP: نسبت ورمی‌کمپوست به پیت+ پرلیت

ورمی‌کمپوست برگ افرا و هرس درختان سیب و انگور، اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. الیوت و همکاران (۲۰) نیز بیان کردند که ورمی‌کمپوست باعث افزایش نیتروژن نیتراتی می‌شود. عطیه و همکاران (۹) همچنین بیان کردند که یون‌های آمونیومی توسط موادی که دارای بار منفی هستند به طور سطحی جذب می‌شوند و یا طی فرایند نیتریفیکاسیون به نیترات تبدیل می‌شوند. آنها علت کاهش نیتروژن آمونیومی در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست را مربوط به افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها دانستند که سبب تبدیل نیتروژن آمونیومی به نیتراتی می‌شود.

با توجه به جدول ۵، بیشترین و کمترین درصد پتاسیم در گیاه گوجه‌فرنگی به ترتیب در نسبت ۲/۳ ورمی‌کمپوست برگ افرا (۱/۵ درصد) و تیمار پیت+ پرلیت (۰/۵۱ درصد) مشاهده شد. مقدار پتاسیم در نسبت ۲/۳ ورمی‌کمپوست برگ افرا در مقایسه با بستر پیت+ پرلیت، ۶۶/۱۸ درصد افزایش نشان داد.

جدول ۵. مقایسه میانگین تأثیر بستر بر غلظت برخی عناصر غذایی شاخساره گیاه گوجه‌فرنگی.

	نسبت W/PP	نیتروژن (٪)	پتاسیم (٪)
چنار	۰	۰/۷۳c	۰/۵۱h
	۱/۳	۰/۷۳c	۰/۸۹c-g
	۲/۳	۰/۷۹bc	۱/۳ab
	۳/۳	۰/۷۶bc	۱/۰۹bcd
افرا	۰	۰/۷۳c	۰/۵۱h
	۱/۳	۰/۷۲c	۰/۷۸d-h
	۲/۳	۰/۸۵ab	۱/۵۰a
	۳/۳	۰/۸۱bc	۱/۰۳b-e
هرس درختان	۰	۰/۷۳c	۰/۵۱h
	۱/۳	۰/۸۵ab	۰/۷۲fgh
	۲/۳	۰/۸۷ab	۰/۸۴c-g
	۳/۳	۰/۷۴c	۱/۰۷bcd
عرقیات	۰	۰/۷۳c	۰/۵۱h
	۱/۳	۰/۸۷ab	۰/۷۷e-h
	۲/۳	۰/۷۲c	۱/۰۴b-e
	۳/۳	۰/۷۳c	۰/۹۸c-f
آزولا	۰	۰/۷۳c	۰/۵۱h
	۱/۳	۰/۷۴c	۰/۶۷gh
	۲/۳	۰/۹۳a	۱/۱۰bc
	۳/۳	۰/۸۶ab	۱/۱۱bc

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

W/PP: نسبت ورمی‌کمپوست به پیت+ پرلیت

میرزایی و همکاران (۳۰) در مطالعه‌ای بیان کردند که ورمی‌کمپوست باعث افزایش نیتروژن نیتراتی می‌شود، و مقایسه میانگین ها نشان داد که اثر متقابل سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و فسفر بر میزان پتاسیم جذب شده توسط برگ در مرحله انتقال تأثیر داشته و اختلاف معنی‌داری ($P\leq0.01$) بین تیمارها مشاهده شد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده، کاربرد نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست، جذب فسفر را نسبت به تیمار پیت+ پرلیت افزایش داد (جدول ۶). بین نسبت‌های ورمی‌کمپوست از نظر درصد فسفر در گیاه اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید، به‌طوری که بیشترین میزان درصد فسفر در نسبت ۱/۳ ورمی‌کمپوست مشاهده گردید و در مرتبه بعدی نسبت‌های ۲/۳ و ۳/۳ ورمی‌کمپوست واقع شدند. رینک و ویلیون (۳۳) گزارش کردند که محیط کشت ورمی‌کمپوست قادر است فسفر را

جدول ۶. مقایسه میانگین نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست در ارتباط با غلظت عناصر.

نسبت W/PP	فسفر (٪)	آهن (mg/kg)	روی (mg/kg)	منگنز (mg/kg)
۰	۰/۳۸ c	۷۷/۱۳ c	۵۵/۳۰ b	۴۳ ab
۱/۳	۰/۶۸ a	۱۰۹/۸۴ b	۶۹ a	۲۵/۴۷ bc
۲/۳	۰/۵۴ b	۱۵۷/۹۲ a	۷۶/۸۱ a	۳۵/۶۵ b
۳/۳	۰/۵۲ b	۱۶۹/۸۶ a	۸۰/۴۷ a	۵۵/۳۳ a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

W/PP: نسبت ورمی‌کمپوست به پیت+ پرلیت

به فرم قابل دسترس برای گیاه تبدیل کند. بدین صورت کـه افـزودن ماده آلی به خاک وضـع فسـفات قابـل جـذب در خـاک را توجیـه می‌کند.

ورمی‌کمپوست جذب فسفر را از طریق افزایش انحلال فسـفر به واسطه فعال‌سازی ریزموجودات بـا ترشـح اسـیدهای آلـی نظیـر سـیتریک، گلوتامیـک، سوکسـینیک، لاکتیـک، اگزالیـک، مالیـک و فوماریک اسید، و یا تحریک فعالیت فسفاتاز افزایش مـی‌دهـد (۷ و ۱۵). احتمالاً کاهش فسفر در نسبت‌های ۲/۳ و ۳/۳ ورمی‌کمپوسـت به علت ترکیب شدن H_2PO_4 با یون‌های دیگـر موجـود در خـاک و تبدیل شدن به ترکیباتی با حلالیت کمتـر و یـا بـه شـکل غیـر قابـل استفاده برای گیاه می‌باشد (۴۰).

نتایج آزمایش هو و بارکر (۲۴) نیز نشان داد کـه کمپوسـت ضـایعات کشـاورزی باعـث جـذب مقـادیر زیـادی از عناصـر نیتـروژن، فسـفر، پتاسـیم، کلسـیم و منیـزیم در بـرگ گیـاه گوجه‌فرنگی می‌گردد، زیـرا ورمـی‌کمپوسـت‌هـا دارای عناصـر غذایی مانند فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم می‌باشند که به آسانی برای گیاه قابل جذب و دسترسی است (۸).

اثر متقابل انواع مختلف ورمی‌کمپوست بر میزان قابل جذب عناصر کم‌مصرف خاک، اختلاف معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) را نشـان نداد (جدول ۳). بر اساس نتایج به‌دست آمده، کاربرد نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست، غلظت آهن و روی را نسبت بـه تیمـار پیت+ پرلیت افزایش داد (جـدول ۶). در مـورد غلظـت عنصـر آهن، بیشترین غلظت در نسبت‌های ۳/۳ و ۲/۳ ورمی‌کمپوسـت مشاهده گردید کـه دارای اخـتلاف معنـی‌دار نبودنـد و در رتبـه بعدی نسبت ۱/۳ درصد ورمی‌کمپوست قرار داشت (جدول ۶). ورمی‌کمپوست دارای خاصیت افـزایش پتانسـیل نگهـداری آب بوده و به دلیل اسیدهای آلی موجود در آن قادر است که عناصر غذایی موجود در خاک، بخصوص عناصر میکرو نظیـر آهـن، را از طریق کمـپلکس نمـودن بـه صـورت محلـول در آورده و در اختیار گیاه قرار دهد (۳۴). بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوسـت از لحاظ غلظت عنصر روی اختلاف معنـی‌داری مشـاهده نشـد. با این حال، همه سطوح کاربرد ورمی‌کمپوست تأثیر مثبتی را بـر غلظت روی نشان دادند (جدول ۶)، به‌طوری که در نسبت‌هـای مختلف ورمی‌کمپوست، در مقایسه با بستر پیت+ پرلیت، ۲۶/۶۹ درصد افزایش غلظت روی در گیاه گوجه‌فرنگی مشـاهده شـد. بررسی‌ها نشان داده که مقادیر فلزات سنگین، نظیر عنصـر روی، در ورمی‌کمپوست ضایعات آلی بیشتر مـی‌باشـد (۱۳). بـه‌طـور کلی، ورمی‌کمپوست اغلب دارای نیتروژن و فسفر به میزان ۵ تـا ۱۱ برابر بیش از خاک بوده و سایر عناصر غذایی کم‌نیاز و پرنیاز نیز در آن بیش از خاک معمولی می‌باشد که به‌تـدریج آنهـا را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (۱۹).

نتیجه‌گیری

استفاده از پیت به علت آسیب‌های اکولوژیک به محیط‌زیسـت و عدم صرفه اقتصادی برای تولیدکنندگان گیاهان گلخانه‌ای، مورد تردید است. این عوامل موجب شده تا محققین به فکر بسترهایی با کیفیت مناسب و قیمت کم باشند. از این رو، استفاده از مواد با کیفیت خوب و قیمت ارزان‌تر به‌جای پیت مورد نظر قرار گرفتـه است. مطالعات نشان داده که ورمی‌کمپوست از طریـق افـزایش ظرفیت نگهداری آب، تأمین عناصر غذایی و تولید هورمون‌های گیاهی که اثر اصلاحی بر جوانه‌زنی بذر دارد، می‌تواند اثر مثبتـی بـر رشـد گیاهـان گلخانـه‌ای داشـته باشـد (۳۸). از ایـن رو، ورمی‌کمپوست با فراهم کردن محیطی که در آن مـواد غـذایی و مواد تنظیم‌کننده رشد در حد کافی وجود دارد، می‌تواند رشـد و

عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. به عبارت دیگر، با اضافه کردن ورمی‌کمپوست به خاک، فرم قابل جذب عناصر غذایی و همچنین تشکیل کمپلکس‌های آلی قابل جذب و قابلیت جذب آنها توسط گیاه افزایش داده می‌شود.

نتایج این تحققیق نشان داد که استفاده از نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست و پیت+ پرلیت سبب افزایش معنی‌داری در میزان جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف خاک توسط گیاه گوجه‌فرنگی نسبت به تیمار پیت+ پرلیت بود. به‌طور کلی، پیت به دلیل متخلخل بودن، حفظ آب و مواد غذایی و همچنین دارا بودن مواد غذایی به عنوان یکی از بسترهای رشد گیاهی محسوب می‌شود، که به نوبه خود اثرهای مثبتی بر رشد و نمو گیاه می‌گذارد. ولی تأثیر منفی غلظت‌های بیشتر پیت می‌تواند به دلیل زیاد بودن نسبت C:N در این ماده باشد، به‌طوری که وقتی به بستر کشت افزوده می‌شود، فعالیت میکروبی برای تجزیه مواد آلی در بستر زیاد شده و میکروارگانیسم‌ها سهم بیشتری از نیتروژن موجود در بستر نسبت به گیاه می‌برند. بنابراین، گیاه با کمبود نیتروژن مواجه می‌شود که به‌نوبه خود باعث کاهش رشد گیاه می‌گردد (۱۶). نتایج حاکی از آن است که گیاه گوجه‌فرنگی در بسترهای دارای نوع و نسبت متفاوت از ورمی‌کمپوست نسبت به بستر پیت و پرلیت وضعیت بهتری داشته است. تیمار ورمی‌کمپوست آزولا در نسبت‌های ۲/۳ و ۳/۳ نتیجه بهتری برای بیشتر خصوصیات اندازه‌گیری شده در گیاه گوجه‌فرنگی داشت. در نهایت، با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، کاربرد ورمی‌کمپوست به عنوان یک کود آلی توصیه می‌شود

سپاسگزاری

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شماره ۸۵۱۲۵/۶۰ با استفاده از اعتبارات "صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور" انجام گردیده که بدینوسیله تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. سماوات، س.، ا. لکزیان و ع. ضمیرپور. ۱۳۸٦. تأثیر ورمی‌کمپوست بر روی شاخص‌های رشد گیاه گوجه‌فرنگی. مجله علوم و صنایع کشاورزی ۱۵(۲): ۸۳-۸۹.

۲. علیخانی، ح. و ل. محمدی. ۱۳۸۷. مقایسه خصوصیات فیزیکی- شیمیایی ورمی‌کمپوست و کمپوست سرد و تأثیر کاربرد آنها بر شاخص‌های رشد گوجه‌فرنگی. مجله علوم کشاورزی ۱: ۲۰۱-۲۰۷.

۳. طالب‌زاده، ز. ۱۳۸۳. بررسی اثرات شوری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.،

4. Alam, M.J., M.H. Rahman, M.A. Mamun and K. Islam. 2006. Enzyme activities in relation o sugar accumulation in tomato. Proc. Pak. Acad. Sci. 43: 241-248.
5. Anonymous. 2000. Green Waste Technology Unit (GTU) report. Sydny, Australia.
6. Arancon, N.Q., C.A. Edwards, P. Bierman, C. Welch and J.D. Metzger. 2004. Effect of vermicompost produced from food wastes on the growth and yield of greenhouse peppers. Bioresour. Technol. 93: 139-143.
7. Atiyeh, R.M., S. Subler, C.A. Edwards, G. Bachman, J.D. Metzger and W. Shuster. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. Pedo Biol. 44: 579-590.
8. Atiyeh, R.M., C.A. Edwards, S. Subler and J.D. Metzger. 2001. Pig manure vermicompost as component of a horticultural bedding plant medium: Effect on physiochemical properties and plant growth. Bioresour. Technol. 78(1): 11-20.
9. Atiyeh, R.M., N. Arancon, C.A. Edwards and J.D. Metzger. 2002a. Incorporation of earthworm processed organic wastes into greenhouse container media for production of marigolds. Bioresour. Technol. 81(2): 103-108.
10. Atiyeh, R.M., N. Arancon, C.A. Edwards and J.D. Metzger. 2002b. The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth. Bioresour. Technol. 84(1): 7-14.
11. Bachman, G.R. and J.D. Metzeger. 1998. The use of vermicompost as a media amendment. Pedo Biol. 32: 419-423.

12. Bachman, C.R. and J.D. Metzger. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. Bioresour. Technol. 99: 3155-3161.
13. Bhattacharyya, P., A. Chakraborty, K. Chakrabarti, S. Tripathy and M.A. Powell. 2006. Copper and zinc uptake by rice and accumulation in soil amended with municipal solid waste compost. Environ. Geol. 49: 1064-1070.
14. Bremner, J.M. and G.M. Breitenbeck. 1983. A simple method for determination of ammonium in semimicro-Kjeldahl analysis of soils and plant materials using a block digester. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 14: 905-913.
15. Busato, J.G., L.S. Lima, N.O. Aguiar, L.P. Canellas and F.L. Olivares. 2012. Changes in labile phosphorus forms during maturation of vermicompost enriched with phosphorus-solubilizing and diazotrophic bacteria. Bioresour. Technol. 110: 390-395.
16. Campbell, N.S. 2008. The use of rockdust and composted materials as soil fertility amendments. MSc. Thesis, University of Glasgow.
17. Darzi, M., A. Ghalavand and F. Rejali. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowing, biological yield and root colonization in fenel (*Feoniculum vulgare*). Iranian J. Crop Sci. 10(1): 88-109.
18. Edwards, C.A. 2004. Earthworm Ecology. International Standard Book Number, 424 p.
19. Edwards, C.A. and I. Burrows. 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media. PP. 211–219. *In:* Edwards, C.A. and E.F. Neuhauser (Eds.), Earthworms in Waste and Environmental Management, SPB Academic Publ. Co., The Hague, The Netherlands.
20. Elliot, P.W., D. Knight and J.M. Anderson. 1990. Denitrification in earthworm casts and soil from pastures under different fertilizer and drainage regimes. Soil Biol. Biochem. 22: 601-605.
21. Gajalakshmi, S., and Abbasi, S.A. 2002. Effect of the application of water hyacinth compost/vermicompost on the growth and flowering of *Crassandra undulaefolia*, and on several vegetables. Bioresource Technology 85: 197-199.
22. Gutierrez-Miceli, F.A., B. Moguel-Zamudio, M. Abud-Achila and V.F. Gutierrez-Oliva. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). Bioresour. Technol. 98(15): 2781-2786.
23. Hashemimajd, K., M. Kalbasi, A. Golchin and H. Shariatmadari. 2004. Comparison of vermicompost and composts as potting media for growth of tomatoes. J. Plant Nutr. 27: 1107-1123.
24. Hu, Y. and A.V. Barker. 2004. Effects of composts and their combinations with other materials on nutrient accumulation in tomato leaves. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 35: 2809-2823.
25. Jeyabal, A. and G. Kuppuswamy. 2001. Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its response in rice-legume cropping system and soil fertility. Eur. J. Agron. 15: 153-170.
26. Kaushik, P. and V.K. Garg. 2003. Vermicomposting of mixed solid textile mill sludge and cow dung with the epigeic earthworm Eisenia foetida. Bioresour. Technol. 90: 311-316.
27. Lakhdar, A., M. Rabhi, T. Ghnaya, F. Montemurro, N. Jedidi and C. Abdelly. 2009. Effectiveness of compost use in salt-affected soil. Hazardous Materials. 171: 29-37.
28. Nelson, R.E. and L.E. Sommers. 1982. Total carbon. Organic carbon and organic matter. PP. 539-579. *In*: Page et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, 2nd, Agron. Monogr. 9, ASA and SSSA, Madison, WI.
29. Manna, M.C., S. Jha, P.K. Ghosh and C.L. Acharya. 2003. Comparative efficacy of three epigeic earthworms under different deciduous forest litters decomposition. Bioresour. Technol. 88: 197-206.
30. Mirzaei, R., J. Kambozia, H. Sabahi and A. Mahdavi. 2009. Effect of different organic fertilizers on soil physicochemical properties, production and biomass yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Iranian J. Crop Res. 7(1): 257-267.
31. Planquart, P., G. Bonin, A. Prone and C. Massiani. 1999 Distribution, movement and plant availability of trace metals in soils amended with sewage sludge composts: Application to low metal loadings. Sci. Total Environ. 241: 161-179.
32. Premuzic, Z., M. Bargiela, A. Rendina and A. Iorio. 1998. Calcium, iron, potassium,phosphorus, and vitamin C contentent of organic and hydroponic tomatoes. HortSci. 33(2): 255-257.
33. Rienecke, A.J. and S.A. Vilijoen. 1990. The influence of feeding patterns on growth and reproduction of the vermicomposting earthworm *Eisenia fetida* (Oligochaeta). Biol. Fertil. Soils 10(3):184-187.
34 Scott, M.A. 1988. The use of worm -digested animal wastes as a supplement to peat in loamless composts for hardy nursery stocks. PP. 221-229. *In:* Edwards, C.A. and E. Neuhauser (Eds.), Earthworm in Waste and Environmental Management, SPB Academic Press, The Netherlands.
35. Shah, F.S., C.E. Watson and E.R. Cobera. 2002. Seed vigor testing of subtropical corn hybrids. Research Report (Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station), Vol. 23, Issue 2, 4 p.
36. Tomati, U., A. Grappelli and E. Galli. 1988. The hormone-like effect of earthworm casts on plant growth. Biol. Fertil. Soils 5: 288-294.

37. Tomati, U. and E. Galli. 1995. Earthworms, soil fertility and plant productivity. Acta Zoologica Fennica 196: 11-14.
38. Trautmann, N.M. and M.E. Krasny. 1997. Composting in the classroom. Available at: http://cwwi.css.cornell.edu/chapter 1.pdf
39. Tsui, C. 1948. The role of zinc in auxin synthesis in the tomato plant. Am. J. Bot. 35: 172-179.
40. Yagi, R., M.E. Ferreira, M.C. Pessoa da Cruz and J.C. Barbosa. 2003. Organic matter fractions and soil fertility under the influence of liming, vermicompost and cattle manure. Sci. Agric. 60(3): 549-557.