

تأثیر کاربرد هم‌زمان کمپوست زباله شهری و سه گونه قارچ تریکودرما (*Trichoderma spp.*) بر خصوصیات رشدی و جذب عناصر غذایی در گیاه شاهی (*Lepidium sativum L.*)

آلاله متقیان^۱، * همت‌اله پیردشتی^۲، محمدعلی بهمنیار^۳ و بهاره متقیان^۴

^۱ دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهی گروه زراعت، دانشگاه ایلام، دانشجویار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ^۲ استاد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ^۳ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۱۶

چکیده

سابقه و هدف: امروزه کاربرد ضایعات آلی در نظام کشاورزی برای حفاظت خاک و دفع پسماند حائز اهمیت است. کمپوست زباله شهری به‌عنوان منبع با ارزشی از عناصر کم‌مصرف و پرمصرف و مواد آلی موجب بهبود عملکرد محصولات مختلف کشاورزی مانند گندم، سویا و کلزا شده است. علاوه بر این کاربرد گونه‌های قارچ تریکودرما می‌تواند رشد و نمو گیاه را بهبود بخشد به نحوی که افزایش زیست‌توده، مقاومت به تنش‌های زنده و غیرزنده و جذب عناصر غذایی کاملاً مشهود است. بنابراین، هدف پژوهش حاضر تعیین سودمندی کمپوست زباله شهری و گونه‌های قارچ تریکودرما بر ویژگی‌های سبزشدن گیاهچه، رشد و جذب برخی عناصر کم‌مصرف در گیاه شاهی (*Lepidium sativum L.*) بود.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلدان‌های پلاستیکی (به قطر ۱۵ سانتی‌متر) اجرا گردید. تیمارها شامل سه سطح از کمپوست زباله شهری (۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار به‌صورت جداگانه و غنی شده با ۵۰ درصد کود شیمیایی)، کود شیمیایی (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، سولفات پتاسیم و سوپر فسفات تریپل) و شاهد (بدون مصرف کمپوست و کود شیمیایی) و سه گونه تریکودرما (ویریدی، هازیانوم و هاماتوم) بود. اسپورهای قارچ تریکودرما با احتساب 10^8 واحد کلنی‌ساز جهت یک کیلوگرم خاک خشک گلدان در نظر گرفته شد. برخی ویژگی‌های رشدی نظیر ارتفاع گیاه، طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی در مرحله برداشت گیاه (۳۵ روز پس از کشت) اندازه‌گیری شد. نمونه‌های ریشه و اندام هوایی گیاه با آب مقطر شستشو و در آن تهویه‌دار با حرارت ۶۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت حداقل دو روز خشک گردید. عصاره خاکستر گیاهی (نیم گرم) به همراه ۲/۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک (۳۸٪) با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس، غلظت عناصر کم‌مصرف توسط دستگاه جذب اتمی تعیین گردید. تجزیه آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها برای صفات مورد ارزیابی به روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

* مسئول مکاتبه: h.pirdashti@sanru.ac.ir

یافته‌ها: نتایج نشان داد که کاربرد کمپوست ۱۵ تن در هکتار غنی شده و شاهد به همراه گونه *هارزیانوم* سرعت ظهور گیاهچه، درصد ظهور نهایی و سرعت ظهور تجمعی گیاهچه را بهبود بخشید. در این آزمایش سطوح ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری غنی شده وزن تر و خشک اندام هوایی (بیش از ۲۱ درصد) و ارتفاع گیاه و طول ریشه (بیش از ۱۶ درصد) را نسبت به کود شیمیایی افزایش دادند. همچنین، گونه *هارزیانوم* وزن تر و طول ریشه گیاه را به ترتیب ۲۰ و ۵/۳۰ درصد را نسبت به گونه *ویریدی* افزایش داد. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل کود و گونه *تریکودرما* بر محتوی عناصر کم‌مصرف گیاه نشان داد که حداکثر محتوی منگنز بافت گیاه به سطوح ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری (غنی شده و غنی نشده) تلقیح شده با قارچ *هاماتوم* تعلق داشت و بالاترین محتوی آهن گیاه در سطح ۴۵ تن در هکتار کمپوست غنی شده به همراه *هاماتوم* مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: در مجموع کاربرد ۴۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری به‌طور چشمگیری افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی شاهی را نسبت به تیمار کود شیمیایی به همراه داشت. همچنین تفاوت قابل توجهی بین گونه‌های قارچ *تریکودرما* مشاهده شد به طوری که گونه *هارزیانوم* در بهبود استقرار گیاهچه، مؤلفه‌های رشدی و کیفیت این گیاه در مقایسه با گونه *ویریدی* برتری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: شاهی، *تریکودرما*، کمپوست، عناصر کم‌مصرف

مقدمه

امروزه روند رو به افزایش تخریب منابع آب، خاک و محیط زیست در اثر کاربرد بی‌رویه مواد شیمیایی در کشاورزی و روش‌های رایج تولید مواد غذایی در جهان موجب ترغیب پژوهشگران به کشاورزی ارگانیک گردید (۲). در این راستا، استفاده از مواد آلی همانند کمپوست ضایعات کشاورزی، شهری و صنعتی به‌منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی گامی بلند در راستای کشاورزی پایدار تلقی می‌شود. به طوری که مصرف سطح مطلوبی از کودهای آلی مانند کمپوست بقایای گیاهی، دامی، زباله‌های شهری و صنعتی در بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهانی مانند گندم (۲۲)، سویا (۲۹)، کلزا (۲۷) و کلم بروکلی (۱۶) نقش مؤثری داشته است.

علاوه بر این، پژوهشگران سعی در بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، کنترل زیستی بیماری‌های گیاهی و ارتقای کیفی آن‌ها از طریق فعالیت ریزجانداران مفید خاکزی مانند انواع باکتری،

قارچ و آکتینومیست‌ها دارند (۱۸، ۲۴). بررسی‌ها نشان می‌دهند که قارچ *تریکودرما* از طریق سازوکارهای خاصی مانند ترشح آنزیم (زیلاناز و سلولاز که می‌توانند به‌طور مستقیم تولید اتیلن در گیاه را به‌منظور واکنش دفاعی در حضور عامل بیماری‌زا تحریک نمایند)، تولید آنتی‌بیوتیک، نفوذ به باکتری‌ها و قارچ‌های بیماری‌زا، دفع مسمومیت و افزایش انتقال قند و اسیدهای آمینه در ریشه گیاهان موجب ایجاد مقاومت القائی در برابر تنش و کنترل زیستی بیماری‌های خاکزی می‌شود (۵). در همین راستا، وو و همکاران (۲۰۰۶) گزارش نمودند که بعضی گونه‌های *تریکودرما* از جمله *هارزیانوم*^۱ و *ویریدی*^۲ با برخورداری هم‌زمان از خواصی مثل میکوپارازیتسم، آنتی‌بیوزیس و قابلیت رقابت ساپروفیتی قادرند جمعیت قارچ‌های بیماری‌زا را به‌میزان قابل توجهی کاهش دهند (۲۸).

1- *Harzianum*

2- *Viridae*

۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و شاهد (بدون مصرف کمپوست و کود شیمیایی) و تلقیح بستر کشت با سه گونه قارچ تریکودرما (ویریدی، هازیانوم و هاماتوم) ویژگی‌های شیمیایی خاک و کمپوست زباله شهری مورد استفاده در جدول ۱ آمده است.

در این آزمایش سوبه‌های قارچ تریکودرما در محیط کشت PDA^۴ (آگار- دکستروز- سبزمینی) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت یک هفته تکثیر و سپس به بستر کشت سبوس گندم استریل منتقل گردید (۴). پس از پنج روز اسپورزایی، میزان ده گرم از محیط کشت سبوس به همراه اسپورهای قارچ تریکودرما با احتساب ۱۰^۸ واحد کلنی ساز^۵ (cfu) در هر گرم سبوس گندم (معادل ۱/۱×۱۰^۸ اسپور) جهت تلقیح خاک هر گلدان (یک کیلوگرم خاک) در نظر گرفته شد (۲۶).

در هر گلدان پلاستیکی (به قطر ۱۵ و ارتفاع ۱۷ سانتی‌متر) ۲۰ عدد بذر شاهی کشت و پس از ظهور نهایی گیاهچه‌ها (هفت روز پس از کاشت) تعداد آن‌ها به سه عدد کاهش داده شد. آبیاری گلدان‌ها جهت نگهداری رطوبت در حد ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه (حدود ۳۲ درصد) به روش توزین، هر دو روز یک‌بار به‌طور یکنواخت انجام و هر هفته یک‌بار نیز گلدان‌ها جابجا گردید تا تمام گیاهان در شرایط محیطی (نور و گرما) یکسان قرار گیرند. در این آزمایش تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده طی هشت روز متوالی پس از کاشت شمارش گردید. درصد ظهور نهایی گیاهچه‌ها، هشت روز پس از کاشت تعیین و برای محاسبه متوسط زمان ظهور گیاهچه‌ها (MET)^۶ با در نظر گرفتن زمان لازم برای ظهور ۵۰ درصد آن‌ها و زمان لازم برای حداکثر ظهور گیاهچه‌ها (بر حسب تعداد روز از زمان کاشت) از رابطه ۱ استفاده شد (۱۵):

بنا بر گزارش‌های موجود گونه‌های قارچ تریکودرما با تولید هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد و افزایش حلالیت عناصر غذایی موجود در خاک علاوه بر کنترل زیستی بیماری‌ها موجب تسریع ظهور و رشد گیاهان می‌گردند (۱۴، ۲۱). در همین زمینه، بهبود رشد و تغذیه گیاهانی مانند خیار (۱۸)، بامیه (۲۳) و اسفناج و تربچه (۱۱، ۱۲) در بستر کشت تلقیح‌شده با انواع گونه‌های قارچ تریکودرما (هاماتوم^۱، هازیانوم، کانین‌جی^۲، ویریدی و آتروویریدی^۳) گزارش شده است.

از آنجایی‌که، شاهی یا ترتیزک با نام علمی *Lepidium sativum* از خانواده شببو، گیاهی غنی از املاح معدنی و ویتامین‌های A و C می‌باشد که از لحاظ دارویی برای درمان کم‌خونی و تصفیه خون بسیار استفاده می‌شود (۱۷) هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر مقادیر مختلف کمپوست زباله شهری و سه گونه قارچ سودمند تریکودرما بر ویژگی‌های ظهور گیاهچه، رشد و میزان جذب عناصر کم‌مصرف این گیاه بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط گلدانی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی طی سال ۱۳۸۸ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از سطوح ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن کمپوست زباله شهری در هکتار به‌صورت جداگانه و همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی مورد نیاز خاک (کودهای اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم هر یک به‌میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار)، کود شیمیایی توصیه شده بر اساس نیاز خاک (هر یک از کودهای اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌میزان

4- Potato Dextrose Agar
5- Colony Forming Units
6- Mean Emergence Time (MET)

1- Hamatum
2- Koningii
3- Atroviride

نتایج و بحث

اثر مصرف کود و قارچ بر ویژگی‌های ظهور

گیاهچه شاهی

درصد ظهور نهایی گیاهچه: در این آزمایش تأثیر تیمارهای کود و قارچ و اثر متقابل دو تیمار بر ظهور نهایی گیاهچه شاهی از لحاظ آماری معنی‌دار بود به طوری که سطوح ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری (غنی شده و غنی نشده) ظهور نهایی گیاهچه شاهی را با میانگین بیش از ۹۸/۳۳ درصد نسبت به تیمارهای کود شیمیایی و شاهد به ترتیب با میانگین حدود ۹۵ و ۹۳ درصد افزایش دادند. در حالی که درصد ظهور نهایی گیاهچه در مصرف ۴۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری (غنی شده و غنی نشده) حدود پنج درصد نسبت به تیمار کود شیمیایی کاهش نشان داد (جدول ۲). در همین زمینه، اینگلمو و همکاران (۱۹۹۸) کاهش بقای گیاهچه کلم بروکلی تحت تیمارهای کود آلی نظیر کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب خشک) مشاهده کردند. این پژوهشگران محدودیت ظهور گیاهچه کلم بروکلی در کاربرد کودهای مذکور را شوری بستر کشت بیان داشتند (۸). همچنین، کاهش ظهور نهایی گیاهچه لوبیا سبز در مصرف ۴۵ تن ورمی کمپوست در هکتار به دلیل شوری بستر کشت گزارش شده است (۱۰).

در بین گونه‌های تریکودرما نیز گونه هارزیانوم با میانگین حدود ۹۷ درصد از لحاظ ظهور گیاهچه شاهی بر گونه ویریدی با میانگین حدودی ۹۴ درصد برتری داشت (جدول ۳). با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل کود و قارچ بر درصد ظهور نهایی گیاهچه، گونه ویریدی در سطح ۴۵ تن در هکتار کمپوست غنی شده نسبت به گونه هاماتوم برتری نشان داد. البته، هر سه گونه قارچ مورد مطالعه در سطوح ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری (غنی شده و غنی نشده) و کود شیمیایی پاسخ مشابهی نشان دادند (شکل ۱).

$$MET = \frac{\sum fxi}{F} \quad (1)$$

که در آن، fX تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده در میانه دوره ظهور (روز چهارم) و F حداکثر تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده در این دوره می‌باشد. سرعت ظهور گیاهچه (FER)^۱ نیز با استفاده از رابطه ۲ تعیین گردید (۱):

$$FER = \frac{\text{درصد ظهور نهایی گیاهچه‌ها}}{\text{تعداد روز از کاشت تا پایان یادداشت برداری}} \quad (2)$$

همچنین سرعت ظهور جمععی گیاهچه‌ها (CER)^۲ با استفاده از رابطه ۳ اندازه‌گیری شد (۱۵).

$$CER = \frac{\text{تعداد گیاهچه‌های شمارش شده}}{\text{تعداد روز تا شمارش نخست}} + \dots + \frac{\text{تعداد گیاهچه‌های شمارش شده}}{\text{تعداد روز تا شمارش آخر}} \quad (3)$$

در مرحله برداشت گیاه ۳۵ روز پس از کشت، صفات ارتفاع گیاه، طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی هر بوته اندازه‌گیری شد. پس از نمونه‌گیری از اندام هوایی گیاه و شستشو با آب مقطر، نمونه‌ها در آون تهویه‌دار با حرارت ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردیدند. جهت اندازه‌گیری مقدار عناصر کم‌مصرف (آهن، روی، مس و منگنز)، خاکستر نیم‌گرم از نمونه خشک گیاهی (دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد) به همراه ۲/۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک (۳۸٪) با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس، غلظت عناصر کم‌مصرف توسط دستگاه جذب اتمی^۳ تعیین گردید. تجزیه آماری داده‌های آزمایش با کمک نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها برای صفات مورد ارزیابی به روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت (۲۰).

- 1- Field Emergence Rate (FER)
- 2- Cumulative Emergence Rate (CER)
- 3- Spectra AA 10- Australia

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی خاک و کمپوست زباله شهری.

Table 1. Chemical properties of studied soil and municipal waste compost.

منگنز (Mn)	مس (Cu)	روی (Zn)	آهن (Fe)	ویژگی‌ها
قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)				Characters
Available (mg kg ⁻¹)				
13.90	5.57	1.02	58.47	خاک Soil
251.96	362.18	766.39	779.14	کمپوست زباله جامد شهری Municipal waste compost

جدول ۲- میانگین مربعات و مقایسه میانگین تیمار کودی و گونه‌های تریکودرما از نظر ویژگی‌های ظهور گیاهچه شاهی (۸ روز پس از کاشت).

Table 2. Mean squares and comparison of fertilizer treatment and *Trichoderma* spp. in terms of seedling emergence characters of garden cress (8 days after sowing).

سرعت ظهور	سرعت ظهور	متوسط زمان ظهور گیاهچه	درصد ظهور نهایی گیاهچه	تیمار
تجمعی گیاهچه	نهایی گیاهچه	ظهور گیاهچه	Final emergence percentage	Treatment
FER	CER	MET		
تعداد گیاهچه در روز				
(Seedling day ⁻¹)				
				کود
				Fertilizer (F)
3.88 ^d	12.86 ^e	0.21 ^{de}	90.00 ^e	۴۵ تن در هکتار کمپوست غنی شده 45 Mg.ha ⁻¹ enriched compost
4.00 ^d	13.21 ^{de}	0.19 ^e	92.50 ^{de}	۴۵ تن در هکتار کمپوست غنی نشده 45 Mg.ha ⁻¹ non-enriched compost
5.36 ^b	14.05 ^{ab}	0.25 ^{abc}	98.33 ^{ab}	۳۰ تن در هکتار کمپوست غنی شده 30 Mg.ha ⁻¹ enriched compost
5.16 ^c	14.17 ^a	0.24 ^c	99.17 ^a	۳۰ تن در هکتار کمپوست غنی نشده 30 Mg.ha ⁻¹ non-enriched compost
5.44 ^{ab}	14.05 ^b	0.26 ^{ab}	98.33 ^{ab}	۱۵ تن در هکتار کمپوست غنی شده 15 Mg.ha ⁻¹ enriched compost
5.56 ^a	14.17 ^a	0.22 ^{cd}	99.17 ^a	۱۵ تن در هکتار کمپوست غنی نشده 15 Mg.ha ⁻¹ non-enriched compost
5.62 ^a	13.69 ^{bc}	0.28 ^a	95.83 ^{bc}	کود شیمیایی Chemical fertilizer
5.33 ^{bc}	13.33 ^{cd}	0.25 ^{bc}	93.33 ^{cd}	شاهد Check

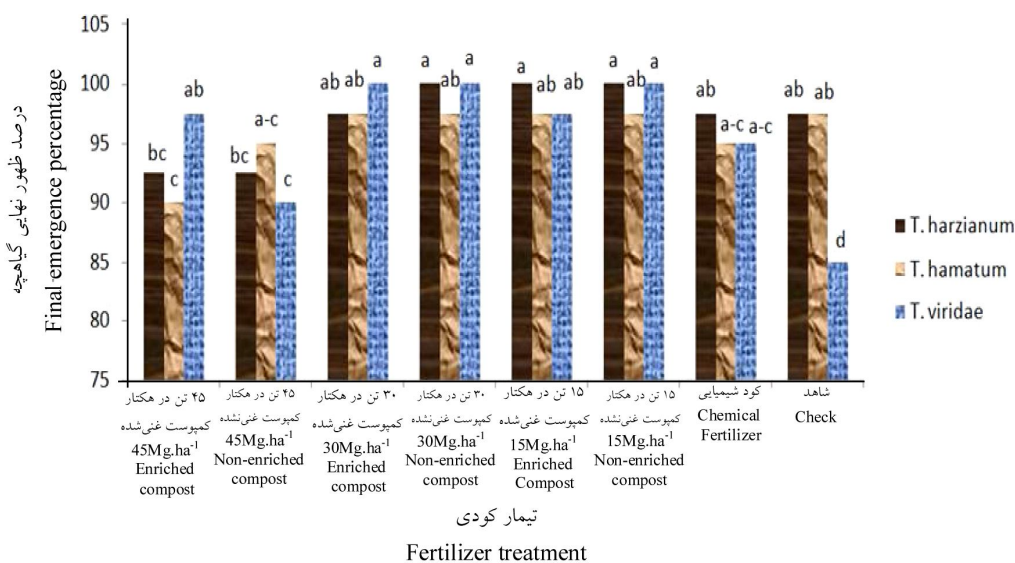
ادامه جدول ۲-

Continue Table 2.

سرعت ظهور	سرعت ظهور	متوسط زمان	درصد ظهور نهایی گیاهچه	تیمار
تجمعی گیاهچه	نهایی گیاهچه	ظهور گیاهچه	Final emergence percentage	Treatment
FER	CER	MET		
		تعداد گیاهچه در روز (Seedling day ⁻¹)		گونه‌های تریکودرما <i>Trichoderma</i> spp. (T)
5.35 ^a	13.89 ^a	0.24 ^a	97.18 ^a	هارزیانوم <i>Harzianum</i>
5.19 ^b	13.71 ^{ab}	0.26 ^a	95.94 ^{ab}	هاماتوم <i>Hamatum</i>
4.59 ^c	13.48 ^b	0.22 ^b	94.38 ^b	ویریدی <i>Viridae</i>
				منبع تغییرات (S.O.V)
***	***	***	***	F
***	**	***	**	T
***	**	*	**	FxT
3.88	2.93	11.85	2.91	ضریب تغییرات (درصد) CV(%)

* میانگین هر گروه در هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند. **، * و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری.

* Means in the each group and same column followed by the same letter were not significantly different according to LSD (P<0.05). **، * and ^{ns} Significant at 1%, 5% level of probability, respectively and non-significant.

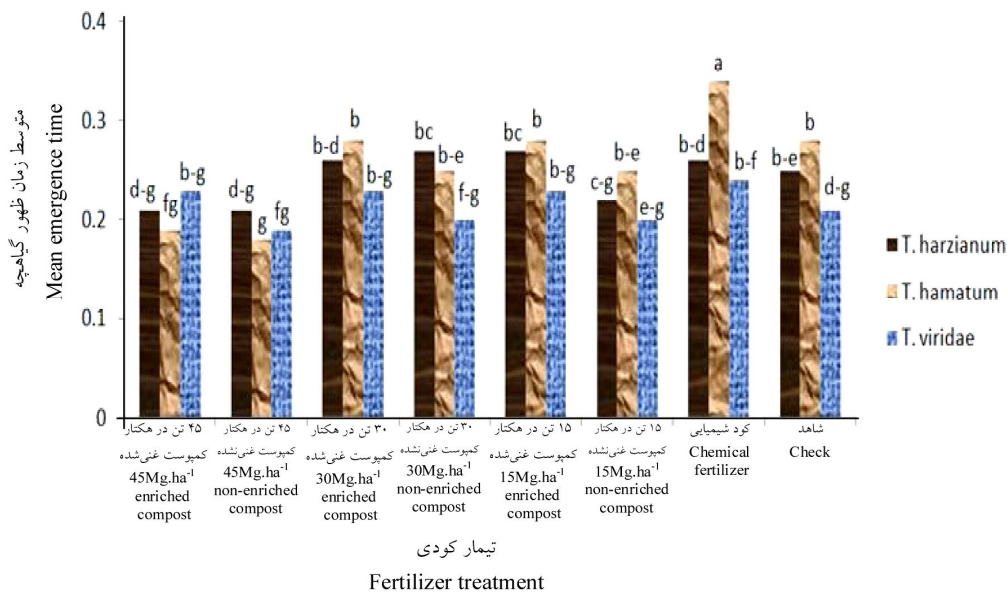


شکل ۱- اثر متقابل کود و قارچ بر درصد ظهور نهایی گیاهچه شاهی.

Figure 1. Interaction effect of fertilizer and fungi on final emergence percentage.

همچنین، در بین گونه‌های تریکودرما دو گونه هارزیانوم و هاماتوم بیش از هشت درصد متوسط زمان ظهور گیاهچه را نسبت به گونه ویریدی کاهش دادند (جدول ۲). بنابر گزارش شاهسواری و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر گونه هاماتوم بر متوسط زمان ظهور گیاهچه بیش از دو گونه هارزیانوم و ویریدی بود. این پژوهشگران کاهش متوسط زمان ظهور گیاهچه را با اثر افزایش رشد و تولید ترکیب‌های آنزیمی مرتبط دانستند (۲۲). در بررسی اثر متقابل کود و قارچ بر متوسط زمان ظهور گیاهچه مشخص گردید که کاربرد کود شیمیایی به همراه گونه هاماتوم از حداکثر مقدار عددی این صفت ($MET=0.34$) برخوردار بود (شکل ۲).

متوسط زمان ظهور گیاهچه (MET): برآورد میانگین زمان ظهور گیاهچه، معیاری از مدت زمان لازم برای سبز شدن و استقرار گیاه در مزرعه محسوب می‌شود (۱۵). همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، سطوح ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کمپوست غنی‌شده (به ترتیب $MET=0.25$ و $MET=0.26$) و تیمار کود شیمیایی ($MET=0.28$) و بیش‌ترین مقدار عددی متوسط زمان ظهور گیاهچه برخوردار بودند و کم‌ترین مقدار عددی این صفت، به کمپوست ۴۰ تن در هکتار غنی‌شده و غنی‌نشده (به ترتیب $MET=0.21$ و $MET=0.19$) تعلق داشت. در این زمینه، افزایش متوسط زمان ظهور گیاهچه سویا تحت تیمار ۲۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست نسبت به تیمار شاهد نیز گزارش گردید (۲۹).



شکل ۲- اثر متقابل کود و قارچ بر متوسط زمان ظهور گیاهچه (MET).

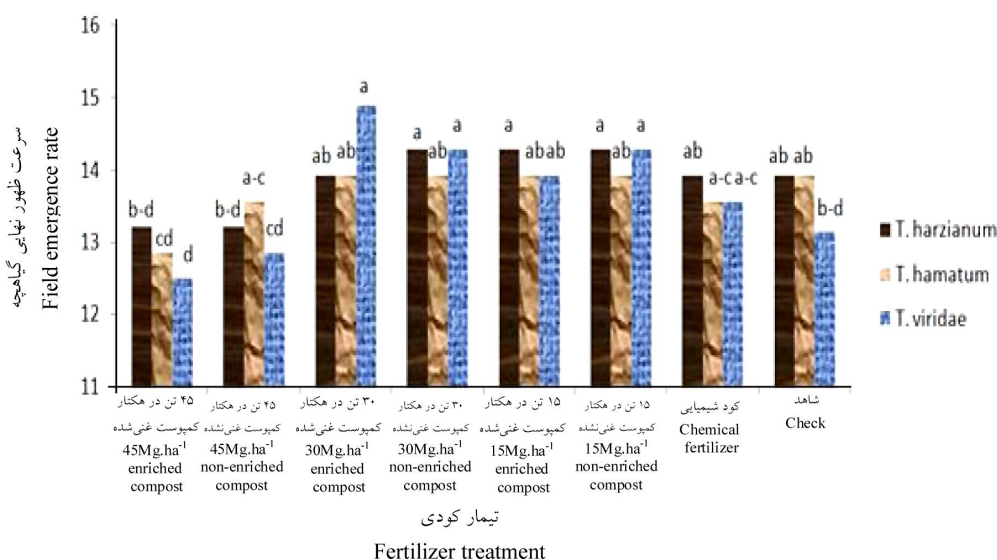
Figure 2. Interaction effect of fertilizer and fungi on mean emergence time (MET).

شهری غنی‌شده و غنی‌نشده (به ترتیب با میانگین عددی $FER=14/05$ و $FER=14/17$) بیش از تیمار کود شیمیایی ($FER=13/69$) بود و سطح ۴۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری غنی‌شده و غنی‌نشده

سرعت ظهور گیاهچه (FER): در این آزمایش سرعت ظهور نهایی گیاهچه تحت تیمارهای ۱۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری غنی‌نشده ($FER=14/17$) و ۳۰ تن در هکتار کمپوست زباله

با توجه به شکل ۳، گونه هاماتوم در کاربرد ۴۵ تن کمپوست زباله شهری غنی نشده در هکتار، هر سه گونه تریکودرما در تیمار کود شیمیایی و سطوح ۱۵ و ۳۰ تن کمپوست زباله شهری (غنی شده و غنی نشده) در هکتار و نیز گونه‌های هارزیانوم و هاماتوم در بستر کشت فاقد کود آلی و شیمیایی در گستره عددی ۱۳/۵۷ تا ۱۴/۲۹ از حداکثر سرعت ظهور نهایی گیاهچه برخوردار بودند.

(به ترتیب $FER=12/86$ و $FER=13/21$) از حداقل سرعت ظهور گیاهچه برخوردار بودند (جدول ۲). در این راستا، هراندز آپولوزا و همکاران (۲۰۰۵) گزارش نمودند که بین کاهش سرعت سبز شدن و مقادیر بالای کمپوست به واسطه افزایش شوری همبستگی مثبتی وجود دارد (۷). در این آزمایش تلقیح خاک با گونه هارزیانوم قارچ تریکودرما، سرعت ظهور گیاهچه را نسبت به گونه‌های هاماتوم و ویریدی بهبود بخشید (جدول ۲).



شکل ۳- اثر متقابل کود و قارچ بر سرعت ظهور نهایی گیاهچه (FER).

Figure 3. Interaction effect of fertilizer and fungi on field emergence rate (FER).

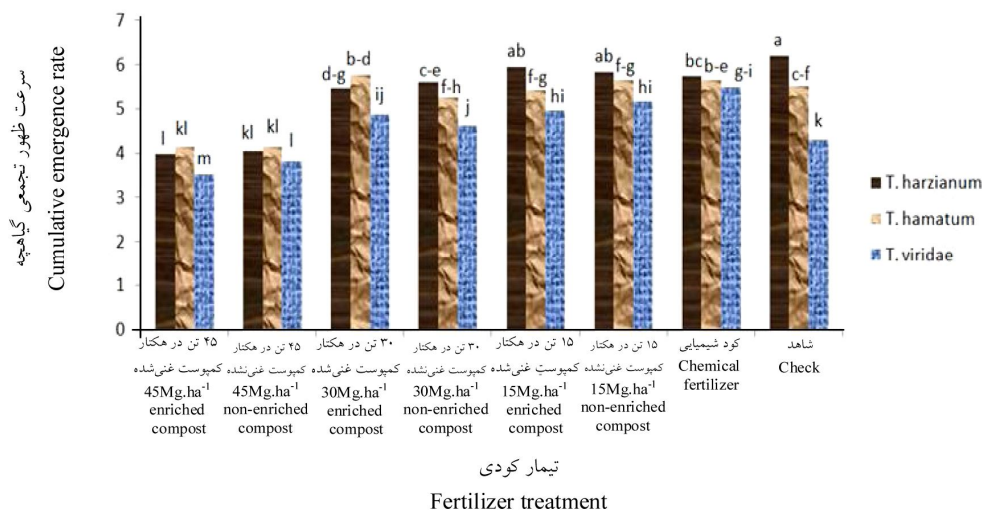
(غنی شده و غنی نشده) بیش از ۲۵ درصد، سرعت ظهور تجمعی گیاهچه شاهی را نسبت به گیاه شاهد کاهش داد (جدول ۲). بنا بر گزارش موجود، تأثیر تیمارهای کمپوست زباله شهری و کود دامی بر سرعت ظهور تجمعی گیاهچه سویا معنی دار نبود و مصرف ۲۰ تن در هکتار ورمی کمپوست نیز موجب کاهش این صفت نسبت به تیمار شاهد گردید (۲۹).

در بین گونه‌های قارچ تریکودرما، هارزیانوم و ویریدی به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر سرعت ظهور تجمعی گیاهچه شاهی نشان دادند

سرعت ظهور تجمعی گیاهچه (CER): همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تأثیر تیمار کودی و کاربرد قارچ بر سرعت ظهور تجمعی گیاهچه شاهی از لحاظ آماری معنی دار بود و حداکثر سرعت ظهور تجمعی گیاهچه در مصرف ۱۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری غنی شده و غنی نشده (به ترتیب $CER=5/44$ و $CER=5/56$) و کود شیمیایی ($CER=5/62$) مشاهده شد. در این آزمایش با افزایش سطح مصرف کمپوست زباله شهری سرعت ظهور تجمعی گیاهچه کاهش یافت و مصرف ۴۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری

سرعت ظهور تجمعی گیاهچه شاهی (CER=۶/۲۰) داشت (شکل ۴).

(جدول ۲). در بررسی اثر متقابل تیمار کودی و قارچ نیز مشخص گردید که کاربرد گونه هارزیانوم در بستر کشت فاقد کود آلی و شیمیایی بیشترین تأثیر را بر



شکل ۴- اثر متقابل کود و قارچ بر سرعت ظهور تجمعی گیاهچه (CER).
Figure 4. Interaction effect of fertilizer and fungi on cumulative emergence rate (CER).

همچنین، تیمار ۳۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری غنی شده با میانگین ۰/۱۴ گرم در بوته توانست وزن خشک گیاه را نسبت به تیمار کود شیمیایی با میانگین ۰/۱۰ گرم در بوته حدود ۲۹ درصد افزایش دهد (جدول ۳). وزن خشک اندام هوایی گیاه در خاک تلقیح شده با گونه ویریدی به طور معنی داری نسبت به گونه هامتوم افزایش نشان داد و بین گونه های هارزیانوم و ویریدی از حیث این ویژگی تفاوت آماری معنی داری مشاهده نشد (جدول ۳). چاندانی و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی تلفیق قارچ آربوسکولار مایکوریزا و هارزیانوم بر بیماری مرگ گیاهچه^۱ و ویژگی های رشدی خیار، افزایش زیست توده گیاه را گزارش نمودند و اظهار داشتند که تریکودرما به تنهایی افزایش معنی دار وزن خشک اندام هوایی را موجب گردید، اما در تلفیق با قارچ آربوسکولار میکوریزا این افزایش قابل ملاحظه بود (۳).

اثر مصرف کود و قارچ بر ویژگی های مورفولوژیکی گیاه شاهی

وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه: همان طور که در جدول ۳ مشاهده می شود، سطوح ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری غنی شده به ترتیب با میانگین ۰/۵۶ و ۰/۷۹ گرم در بوته نسبت به تیمار کود شیمیایی با میانگین ۰/۴۴ گرم در بوته از لحاظ وزن تر اندام هوایی گیاه برتری نشان دادند و سطوح ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری غنی نشده به ترتیب با میانگین ۰/۳۴ و ۰/۳۹ گرم در بوته و تیمار شاهد با میانگین ۰/۴۴ گرم در بوته از لحاظ آماری در یک گروه قرار داشتند (جدول ۳). در بین گونه های تریکودرما تفاوت معنی داری از لحاظ وزن تر و جذب آب در گیاه شاهی مشاهده نشد (جدول ۳).

با توجه به معنی دار بودن تأثیر تیمارهای کود و قارچ بر وزن خشک گیاه شاهی، حداکثر وزن خشک گیاه با میانگین ۰/۲۲ گرم در بوته به سطح ۴۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری غنی شده تعلق داشت.

جدول ۳- میانگین مربعات و مقایسه میانگین تیمار کودی و گونه‌های تریکودرما از نظر ویژگی‌ها رشدی گیاه شاهی (۳۵ روز پس از کاشت).

طول ریشه	ارتفاع گیاه	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر اندام هوایی	تیمار
Root length	Plant height	Root dry weight	Root fresh weight	Aerial dry weight	Aerial fresh weight	Treatment
						کود
						Fertilizer (F)
9.85 ^a	13.28 ^a	0.024 ^a	0.071 ^a	0.22 ^a	0.79 ^a	۴۵ تن در هکتار کمپوست غنی شده 45 Mg.ha ⁻¹ enriched compost
8.40 ^b	10.90 ^c	0.018 ^{bc}	0.051 ^b	0.11 ^c	0.47 ^{bc}	۴۵ تن در هکتار کمپوست غنی نشده 45 Mg.ha ⁻¹ non-enriched compost
8.30 ^b	11.80 ^b	0.019 ^b	0.055 ^b	0.14 ^b	0.56 ^b	۳۰ تن در هکتار کمپوست غنی شده 30 Mg.ha ⁻¹ enriched compost
7.00 ^c	10.30 ^c	0.016 ^{de}	0.048 ^{bc}	0.09 ^{cd}	0.39 ^{cde}	۳۰ تن در هکتار کمپوست غنی نشده 30 Mg.ha ⁻¹ non-enriched compost
7.40 ^c	10.30 ^c	0.017 ^{cd}	0.048 ^{bc}	0.10 ^{cd}	0.40 ^{cde}	۱۵ تن در هکتار کمپوست غنی شده 15 Mg.ha ⁻¹ enriched compost
7.10 ^c	9.40 ^d	0.014 ^e	0.043 ^c	0.08 ^{de}	0.34 ^{de}	۱۵ تن در هکتار کمپوست غنی نشده 15 Mg.ha ⁻¹ non-enriched compost
7.00 ^c	10.32 ^c	0.016 ^{cd}	0.043 ^c	0.10 ^{cd}	0.44 ^{cd}	کود شیمیایی Chemical fertilizer
5.70 ^d	7.80 ^e	0.009 ^f	0.025 ^d	0.07 ^e	0.31 ^e	شاهد Check

ادامه جدول ۳-

Continue Table 3.

طول ریشه Root length	ارتفاع گیاه Plant height	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Aerial dry weight	وزن تر اندام هوایی Aerial fresh weight	تیمار Treatment
گرم در بوته (g per plant)						
7.60 ^b	10.60 ^a	0.017 ^a	0.05 ^a	0.12 ^{ab}	0.44	گونه‌های تریکودرما <i>Trichoderma</i> spp. (T)
8.00 ^a	10.10 ^b	0.017 ^a	0.05 ^a	0.11 ^b	0.45	هارزیانوم <i>Harzianum</i>
7.20 ^c	11.10 ^a	0.015 ^b	0.04 ^b	0.13 ^a	0.49	هاماتوم <i>Hamatum</i>
						ویریدی <i>Viridae</i>
منبع تغییرات (S.O.V)						
***	***	***	***	***	***	F
**	***	***	**	*	ns	T
ns	ns	*	ns	ns	ns	F×T
6.56	7.07	10.89	14.58	17.27	14.58	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

* میانگین هر گروه در هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

ns و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی داری.

* Means in the each group and same column followed by the same letter were not significantly different according to LSD (P<0.05).

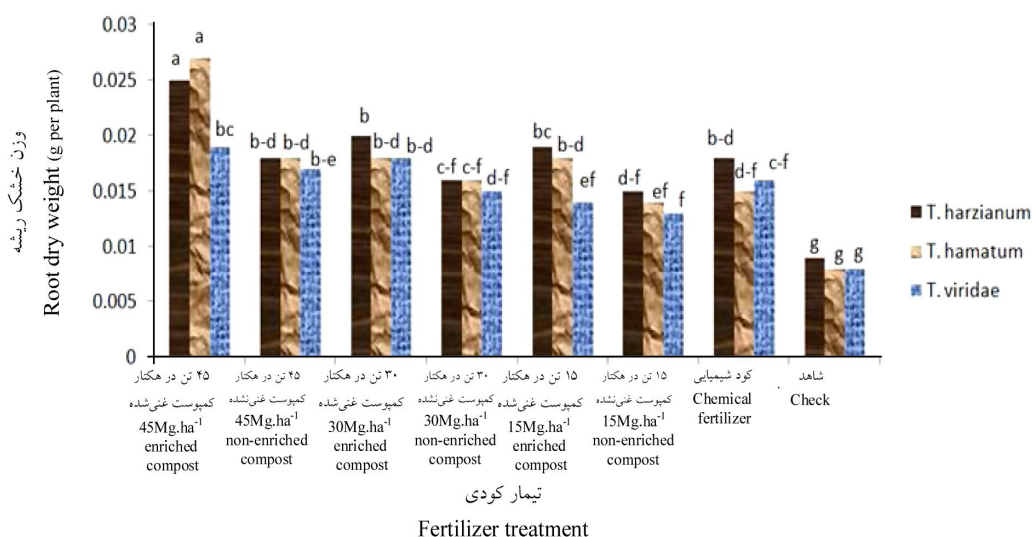
***, * and ns Significant at 1%, 5% level of probability, respectively and non-significant.

به گونه ویریدی به ترتیب با میانگین ۰/۰۴ و ۰/۰۱۵ گرم در بوته افزایش دادند (جدول ۳).

با توجه به معنی داری اثر متقابل کود و قارچ (جدول ۳)، گونه‌های هارزیانوم و هاماتوم در سطح ۴۵ تن در هکتار کمپوست غنی شده حدود ۲۴ درصد وزن خشک ریشه گیاه شاهی را نسبت به گونه ویریدی افزایش دادند. در حالی که در تیمار شاهد (بدون مصرف کود) تأثیر سه گونه قارچ بر صفت مذکور از لحاظ آماری مشابه بوده است (شکل ۵). بنابر گزارش تارانگو ریورو و همکاران (۲۰۰۹)، کودهای آلی در تلقیح با گونه‌های مختلف قارچ تریکودرما نقش مؤثرتری در بهبود رشد گیاه دارند (۲۵).

وزن تر و خشک ریشه: در این آزمایش کاربرد سطوح ۳۰ تن کمپوست زباله شهری غنی شده در هکتار و ۴۵ تن کمپوست زباله شهری غنی شده و غنی نشده در هکتار با افزایش بیش از ۱۵ درصدی وزن تر ریشه نسبت به تیمار کود شیمیایی برتری نشان دادند. وزن خشک ریشه در سطوح ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری غنی شده به ترتیب با میانگین ۰/۱۹ و ۰/۲۴ گرم در بوته بیش از حدود ۱۶ درصد، نسبت به تیمار کود شیمیایی افزایش یافت (جدول ۳).

همچنین، گونه‌های هارزیانوم و هاماتوم وزن تر و خشک ریشه گیاه شاهی را در یک گروه آماری به ترتیب با میانگین ۰/۰۱۷ و ۰/۰۵ گرم در بوته نسبت



شکل ۵- اثر متقابل کود و قارچ بر وزن خشک ریشه (گرم در بوته).

Figure 5. Interaction effect of fertilizer and fungi on root dry weight (g per plant).

سانتی متر موجب افزایش بیش از ۱۳ درصدی ارتفاع گیاه نسبت به تیمار کود شیمیایی با میانگین ۱۰/۲۲ سانتی متر گردیدند و سایر تیمارهای کود آلی نیز ارتفاع گیاه را نسبت به تیمار شاهد بیش از ۱۷ درصد افزایش دادند. همچنین حداکثر طول ریشه با

ارتفاع گیاه و طول ریشه: در این آزمایش تأثیر تیمارهای کود و قارچ بر ارتفاع و طول ریشه گیاه شاهی از لحاظ آماری معنی دار بود به طوری که سطوح ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار کمپوست زباله غنی شده به ترتیب با میانگین ۱۱/۸۰ و ۱۳/۲۸

میانگین ۹/۸۵ سانتی متر به سطح ۴۵ تن در هکتار کمپوست زباله غنی شده تعلق داشت و تیمارهای ۳۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری غنی شده و ۴۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری غنی نشده و ۳۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری در هر دو حالت غنی شده و غنی نشده میزان غلظت آهن بافت گیاه را بیش از ۲۸ درصد نسبت به تیمار کود شیمیایی با میانگین ۴۳۸/۳۵ میلی گرم بر کیلوگرم افزایش دادند.

همچنین، در بین گونه‌های تریکودرما، خاک تلقیح شده با گونه‌های ویریدی و هارزیانوم حدود پنج درصد ارتفاع گیاه را نسبت به گونه هاماتوم افزایش داد. در حالی که تلقیح خاک با گونه هاماتوم موجب حداکثر افزایش طول ریشه (میانگین ۸/۰۰ سانتی متر) گردید و حداقل طول ریشه گیاه شاهی در تلقیح خاک با گونه ویریدی (میانگین ۷/۲۰ سانتی متر) مشاهده شد (جدول ۳). در همین زمینه، حجاج و ابوصدرا (۲۰۰۵) افزایش ارتفاع گیاه زیره را تحت تیمار کمپوست بقایای بادام زمینی تلقیح شده با گونه هارزیانوم گزارش نمودند، این پژوهشگران اظهار داشتند که ترکیب مذکور در مقایسه با تلقیح کمپوست با گونه‌های کانین جی و هاماتوم برتری نشان داد (۶).

همچنین، در بین گونه‌های قارچ تریکودرما، گونه هاماتوم غلظت آهن بافت گیاه شاهی را بیش از حدود ۳۵ درصد نسبت به گونه‌های هارزیانوم و ویریدی افزایش داد (جدول ۴). با توجه به معنی دار بودن اثر متقابل کود و قارچ (جدول ۴)، حداکثر محتوی عنصر آهن در اندام هوایی گیاه شاهی با میانگین ۱۱۷۷/۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک به سطح ۴۵ تن کمپوست غنی شده در هکتار به همراه گونه هاماتوم تعلق داشت. نکته قابل توجه در این آزمایش افزایش نزدیک به ۱/۵ برابری میزان تجمع عنصر آهن در تیمار کود آلی تلقیح شده با گونه هاماتوم نسبت به کودهای تلقیح شده با گونه‌های هارزیانوم و ویریدی بود (شکل ۶). در این راستا، حجاج و ابوصدرا (۲۰۰۵) افزایش زیست توده زیره را در کاربرد تلفیقی کود آلی (کمپوست) و قارچ هارزیانوم از طریق بهبود تغذیه گیاه گزارش کردند (۶).

همچنین، در بین گونه‌های تریکودرما، خاک تلقیح شده با گونه‌های ویریدی و هارزیانوم حدود پنج درصد ارتفاع گیاه را نسبت به گونه هاماتوم افزایش داد. در حالی که تلقیح خاک با گونه هاماتوم موجب حداکثر افزایش طول ریشه (میانگین ۸/۰۰ سانتی متر) گردید و حداقل طول ریشه گیاه شاهی در تلقیح خاک با گونه ویریدی (میانگین ۷/۲۰ سانتی متر) مشاهده شد (جدول ۳). در همین زمینه، حجاج و ابوصدرا (۲۰۰۵) افزایش ارتفاع گیاه زیره را تحت تیمار کمپوست بقایای بادام زمینی تلقیح شده با گونه هارزیانوم گزارش نمودند، این پژوهشگران اظهار داشتند که ترکیب مذکور در مقایسه با تلقیح کمپوست با گونه‌های کانین جی و هاماتوم برتری نشان داد (جدول ۳).

همچنین، در بین گونه‌های تریکودرما، خاک تلقیح شده با گونه‌های ویریدی و هارزیانوم حدود پنج درصد ارتفاع گیاه را نسبت به گونه هاماتوم افزایش داد. در حالی که تلقیح خاک با گونه هاماتوم موجب حداکثر افزایش طول ریشه (میانگین ۸/۰۰ سانتی متر) گردید و حداقل طول ریشه گیاه شاهی در تلقیح خاک با گونه ویریدی (میانگین ۷/۲۰ سانتی متر) مشاهده شد (جدول ۳). در همین زمینه، حجاج و ابوصدرا (۲۰۰۵) افزایش ارتفاع گیاه زیره را تحت تیمار کمپوست بقایای بادام زمینی تلقیح شده با گونه هارزیانوم گزارش نمودند، این پژوهشگران اظهار داشتند که ترکیب مذکور در مقایسه با تلقیح کمپوست با گونه‌های کانین جی و هاماتوم برتری نشان داد (۶).

اثر مصرف کود و قارچ بر جذب عناصر کم مصرف توسط گیاه شاهی

آهن (Fe): همان طور که در جدول ۴ مشاهده می شود، در بین تیمارهای کودی، سطح ۴۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری غنی شده با میانگین

جدول ۴- میانگین مربعات و مقایسه میانگین تیمار کودی و گونه‌های تریکودرما از نظر محتوی برخی عناصر کم مصرف (آهن، مس، منگنز، روی) بافت گیاه شاهی (۳۵ روز پس از کاشت).

Table 4. Mean squares and comparison of fertilizer treatment and *Trichoderma* spp. in terms of some micronutrients (Fe, Cu, Mn and Zn) content of garden cress plant tissue (35 days after sowing).

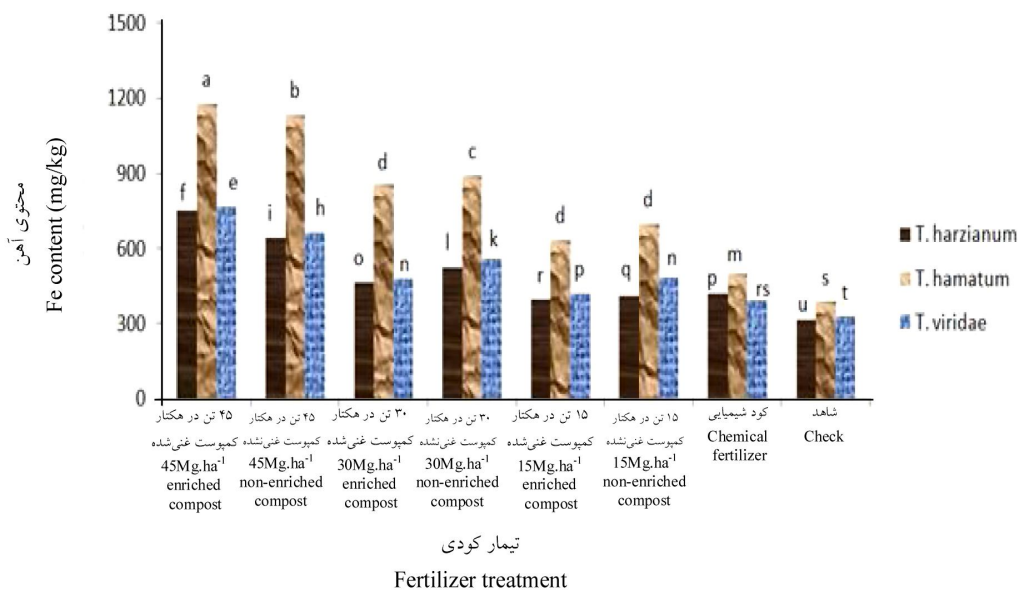
رومی (Zn)	منگنز (Mn)	مس (Cu)	آهن (Fe)	تیمار
اندام هوایی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)				Treatment
Aerial (mg/Kg)				
				کود
				Fertilizer (F)
81.26 ^c	60.14 ^a	17.58 ^c	898.94 ^a	۴۵ تن در هکتار کمپوست غنی شده 45 Mg.ha ⁻¹ enriched compost
98.30 ^a	58.66 ^a	16.59 ^c	814.44 ^b	۴۵ تن در هکتار کمپوست غنی نشده 45 Mg.ha ⁻¹ non-enriched compost
90.16 ^b	54.27 ^b	23.08 ^a	610.34 ^{cd}	۳۰ تن در هکتار کمپوست غنی شده 30 Mg.ha ⁻¹ enriched compost
100.00 ^a	60.42 ^a	20.54 ^b	658.59 ^c	۳۰ تن در هکتار کمپوست غنی نشده 30 Mg.ha ⁻¹ non-enriched compost
64.42 ^c	58.50 ^a	17.15 ^c	485.36 ^{ef}	۱۵ تن در هکتار کمپوست غنی شده 15 Mg.ha ⁻¹ enriched compost
72.89 ^d	60.62 ^a	17.58 ^c	532.80 ^{de}	۱۵ تن در هکتار کمپوست غنی نشده 15 Mg.ha ⁻¹ non-enriched compost
57.79 ^f	50.99 ^{bc}	14.82 ^d	438.35 ^f	کود شیمیایی
				Chemical fertilizer
41.59 ^g	48.40 ^c	13.77 ^d	340.10 ^g	شاهد
				Check
				گونه‌های تریکودرما
				<i>Trichoderma</i> spp. (T)
68.72 ^c	45.74 ^c	17.02 ^b	490.68 ^b	هارزیانوم <i>Harzianum</i>
84.15 ^a	71.39 ^a	18.61 ^a	784.59 ^a	هاماتوم <i>Hamatum</i>
74.55 ^b	52.16 ^b	17.29 ^b	513.45 ^b	ویریدی <i>Viridae</i>
				منبع تغییرات
				(S.O.V)
***	***	***	***	F
***	***	**	***	T
***	***	ns	**	F×T
4.45	7.34	9.47	14.73	ضریب تغییرات (درصد)
				CV(%)

* میانگین هر گروه در هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

***، ** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری.

* Means in the each group and same column followed by the same letter were not significantly different according to LSD (P<0.05).

***, * and ns Significant at 1%, 5% level of probability, respectively and non-significant.



شکل ۶- اثر متقابل کود و قارچ بر محتوی آهن بافت گیاه (میلی گرم بر کیلوگرم).
Figure 6. Interaction effect of fertilizer and fungi on Fe content of plant tissue (mg kg⁻¹).

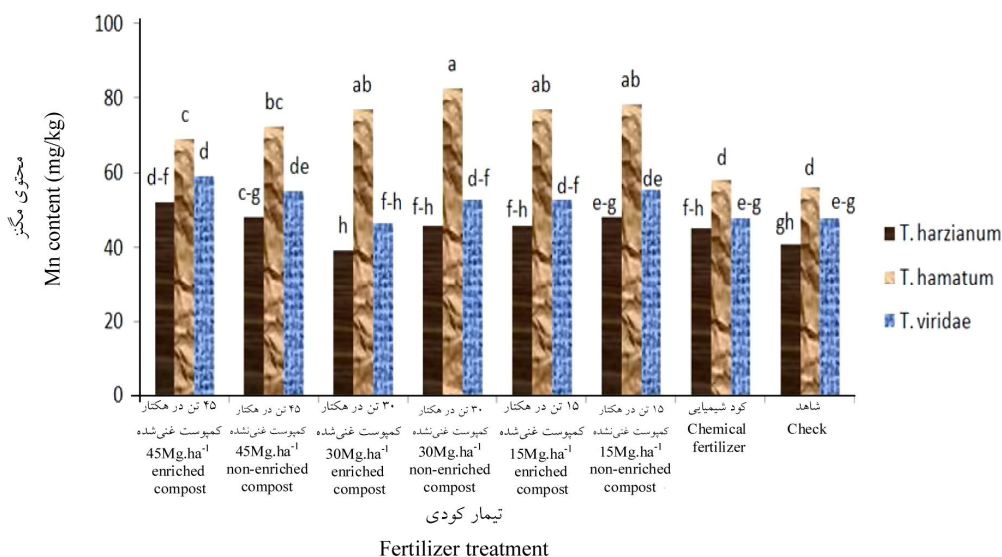
در بین گونه‌های تریکودرما، گونه هاماتوم بیش از هشت درصد محتوی عنصر مس بافت گیاه را نسبت به گونه‌های هارزینوم و ویریدی افزایش داد (جدول ۴). پژوهشگران افزایش حلالیت عناصر غذایی در محیط ریزوسفر و ترشح هورمون‌های رشد و شبه‌هورمون‌ها را از فواید جانبی کاربرد گونه‌های تریکودرما در بستر کشت می‌دانند (۱۸).

منگنز (Mn): نتایج نشان داد که کاربرد سطوح مختلف کمپوست زباله شهری موجب افزایش قابل توجه میزان غلظت منگنز بافت گیاهی در گستره عددی ۵۴/۲۷ تا ۶۰/۶۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک در مقایسه با تیمار کود شیمیایی با میانگین ۵۰/۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم گردیدند (جدول ۴). در همین زمینه، میلارویو و زینتی (۲۰۰۹) افزایش میزان تجمع عناصر روی، مس و منگنز در بافت گیاه جعفری با مصرف کمپوست تلفیق‌شده با کود شیمیایی و تلفیق‌نشده را گزارش نمودند (۱۳). همچنین، خاک تلفیق‌شده با گونه هاماتوم موجب بهبود جذب عنصر منگنز و تجمع آن در بافت گیاه (میانگین ۷۱/۳۹

مس (Cu): در این آزمایش تأثیر تیمارهای کود و قارچ بر میزان غلظت عنصر مس در بافت گیاه شاهی به ترتیب در سطح احتمال یک‌دهم درصد و یک درصد معنی‌دار بود به طوری که کاربرد سطوح مختلف کود آلی در هر دو حالت غنی‌شده و غنی‌نشده در گستره عددی ۱۶/۵۹ تا ۲۳/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم موجب افزایش قابل توجه غلظت مس بافت گیاه در مقایسه با تیمار کود شیمیایی با میانگین ۱۴/۸۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم گردید و سطح ۳۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری غنی‌شده و غنی‌نشده به ترتیب با میانگین ۲۳/۰۸ و ۲۰/۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک از لحاظ محتوی مس اندام هوایی گیاه نسبت به سطوح ۱۵ و ۴۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری برتری نشان داد (جدول ۴). با توجه به غنی‌بودن کمپوست زباله شهری از لحاظ عناصر کم مصرف (جدول ۱) به نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش غلظت مس در سطح ۴۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری، افزایش جذب آهن بافت گیاه و اثر آنتاگونیستی بین این عناصر باشد (۹). همچنین،

که گونه هاماتوم در سطوح ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری (غنی شده و غنی نشده) با میانگین بیش از ۷۷ میلی گرم بر کیلوگرم بیشترین تأثیر را بر جذب منگنز نشان داد (شکل ۷).

میلی گرم بر کیلوگرم) نسبت به دو گونه هارزیانوم و ویریدی به ترتیب با میانگین ۴۵/۷۴ و ۵۲/۱۶ میلی گرم بر کیلوگرم گردید. در بررسی اثر متقابل تیمارهای کود و قارچ بر محتوی منگنز گیاه شاهی مشخص گردید

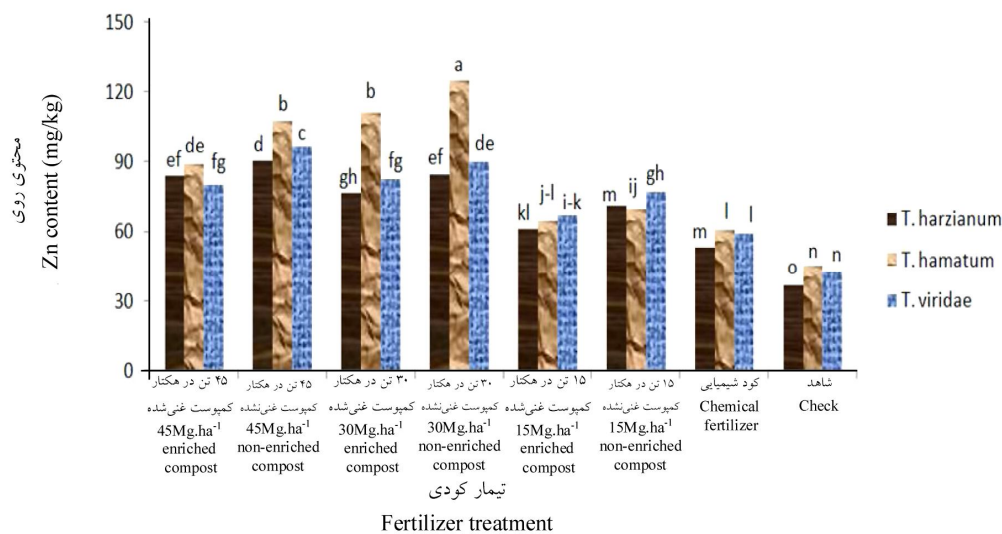


شکل ۷- اثر متقابل کود و قارچ بر محتوی منگنز بافت گیاه (میلی گرم بر کیلوگرم).

Figure 7. Interaction effect of fertilizer and fungi on Mn content of plant tissue (mg kg⁻¹).

(جدول ۴). در حالی که بنابر گزارش پیردشتی و همکاران (۲۰۱۰) گونه هارزیانوم از لحاظ تأثیر بر میزان تجمع عناصر آهن، روی و منگنز بافت گیاه اسفناج نسبت به گونه ویریدی برتری نشان داد (۱۹). همان طور که در شکل ۸ مشاهده می شود تأثیر گونه هاماتوم بر جذب عنصر روی در سطوح ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری در مقایسه با دو گونه هارزیانوم و ویریدی بسیار چشمگیر بود به طوری که مصرف ۳۰ تن در هکتار کمپوست غنی نشده به همراه گونه هاماتوم با میانگین ۱۲۵/۱۶ میلی گرم بر کیلوگرم از حداکثر غلظت این عنصر در بافت گیاه برخوردار بود. در حالی که تفاوت تأثیر گونه های مختلف قارچ تریکودرما بر میزان غلظت روی در بافت گیاه شاهی تحت تیمارهای کود شیمیایی و شاهد چندان قابل توجه نبود.

روی (Zn): با توجه به تأثیر معنی دار تیمارهای کود و قارچ بر میزان غلظت عنصر روی (Zn) بافت گیاه شاهی، سطوح ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری غنی شده به ترتیب با میانگین ۱۰۰/۰۰ و ۹۸/۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک از بیشترین میزان تجمع عنصر روی در بافت گیاه برخوردار بودند و سایر تیمارهای کود آلی نیز در گستره عددی ۶۴/۴۲ تا ۹۰/۱۶ میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک از لحاظ غلظت این عنصر نسبت به کود شیمیایی با میانگین ۵۷/۷۹ میلی گرم بر کیلوگرم برتری داشتند. در این آزمایش گونه های هاماتوم و هارزیانوم به ترتیب از بیشترین (میانگین ۸۴/۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم) و کمترین (میانگین ۶۸/۷۲ میلی گرم بر کیلوگرم) میزان غلظت روی در بافت گیاه شاهی برخوردار بودند و گونه ویریدی از لحاظ آماری اثر بینابینی نشان داد



شکل ۸- اثر متقابل کود و قارچ بر محتوی روی بافت گیاه (میلی گرم بر کیلوگرم).
Figure 8. Interaction effect of fertilizer and fungi on Zn content of plant tissue (mg kg⁻¹).

ویژگی‌های رشدی گیاه نظیر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه گیاه، ارتفاع گیاه و طول ریشه و نیز ویژگی‌های کیفی نظیر میزان تجمع عناصر کم‌مصرف آهن، مس، روی و منگنز بافت گیاه شاهی را نسبت به تیمار کود شیمیایی در هنگام برداشت بهبود بخشید. همچنین نتایج به‌دست آمده از این پژوهش بیانگر تفاوت قابل توجه کارایی گونه‌های قارچ *Trichoderma* بر استقرار گیاهچه، مؤلفه‌های رشدی و کیفیت این گیاه بود به طوری که گونه *Trichoderma* در بهبود مؤلفه‌های مذکور از کارایی بیش‌تری برخوردار بود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش کاربرد سطح ۴۵ تن کمپوست زباله شهری در هکتار موجب کاهش درصد ظهور، سرعت ظهور نهایی، سرعت ظهور تجمعی گیاهچه و در مجموع تأخیر در عوامل سبز شدن گیاهچه نسبت به مصرف سطوح ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کمپوست گردید که به‌نظر می‌رسد افزایش شوری و یا تراکم خاک از دلایل عمده این تأخیر در مصرف سطح بالای کمپوست باشد. بر خلاف تأثیر سوء سطح ۴۵ تن کمپوست زباله شهری در هکتار بر رشد اولیه گیاه، نتایج حکایت از آن دارد که کاربرد تیمار مذکور به‌طور چشم‌گیری

منابع

1. Abdulbaki, A., and Anderson, J.D. 1973. Tigor determination in soybean by multiple criteria. *Crop Science*. 13: 630-633.
2. Avis, T.J., Gravel, V., Antoun, H., and Tweddell, J. 2008. Multifaceted beneficial effects of rhizosphere microorganisms on plant health and productivity. *Soil Biology & Biochemistry*. 40: 7. 1733-1740.
3. Chandanie, W.A., Kubota, M., and Hyakumachi, M. 2009. Interactions between the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and plant growth-promoting fungi and their significance for enhancing plant growth and suppressing damping-off of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Applied Soil Ecology*. 1253: 1-6.
4. Cavalcante, R.S., Lima, H.L.S., Pinto, G.A.S., Gava, C.A.T., and Rodriguez, S. 2008. Effect of moisture on *Trichoderma conidia* production on corn and wheat bran by solid state fermentation. *Biology & Biochemistry*. 24: 319-325.

5. Harman, G. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology*. 96: 190-194.
6. Haggag, W.M., and Abo-Sedera, S.A. 2005. Characteristics of three *Trichoderma* species in peanut haulms compost involved in biocontrol of cumin wilt disease. *Inter. J. Agric. Biotechnol.* 2: 222-229.
7. Hernandez-Apaolaza, L., Gasco, A.M., Gasco, J.M., and Guerrero, F. 2005. Reuse of waste materials as growing media for ornamental plants. *Bioresource & Technology*. 96: 125-131.
8. Ingelmo, F., Canet, R., Ibanez, M.A., Pomares, F., and Garcia, J. 1998. Use of MSW compost, dried sewage sludge and other wastes as partial substitutes for peat and soil. *Bioresource & Technology*. 63: 123-129.
9. Lequeux, H., Hermans, C., Lutts, S., and Verbruggen, N. 2010. Response to copper excess in *Arabidopsis thaliana*: Impact on the root system architecture, hormone distribution, lignin accumulation and mineral profile. *Plant Physiology & Biochemistry*. 48: 673-682.
10. Mottaghian, A., Pirdashti, H., and Bahmanyar, M.A. 2009a. Response of bush bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedling emergence and growth to different vermicompost amounts. *Agroecology*. 1: 1. 103-114. (In Persian)
11. Mottaghian, A., Pirdashti, H., Bahmanyar, M.A., Shahsavari, A., and Hasanpour, R. 2009b. Effect of three *Trichoderma* species and different amounts of enriched municipal waste compost on growth parameters in spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Proceedings of 5th International Scientific Conference of Iran and Russia on Agricultural Development Problems*. Saint Petersburg, Russia, Pp: 267-270.
12. Mottaghian, A., Pirdashti, H., Bahmanyar, M.A., Kashani, A., and Yaghoubian, Y. 2009c. Growth parameters of radish (*Raphanus sativus* L.) fertilized with inoculated urban waste compost with different *Trichoderma* species. *Proceedings of 5th International Scientific Conference of Iran and Russia on Agricultural Development Problems*. Saint Petersburg, Russia, Pp: 179-180.
13. Mylavarapu, R.S., and Zinati, G.M. 2009. Improvement of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soil. *Scientia Horticulturae*. 120: 426-430.
14. Neumann, B., and Laing, M. 2006. *Trichoderma* an ally in the quest for soil system sustainability, P 491-500. In: N.T. Uphaff (Ed.), *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*. CRC. Taylor and Frances, Newyork, NY.
15. Orchard, T. 1977. Estimating the parameters of plant seedling emergence. *Seed Science & Technology*. 5: 61-69.
16. Perez-Murcia, M.D., Moral, R., Moreno-Caselles, J., and Paredes, A.C. 2006. Use of composted sewage sludge in growth media for broccoli. *Bioresource Technology*. 97: 123-130.
17. Peyvast, G. 2005. *Vegetable Production*. Daneshpazire Press, 487p.
18. Pill, W.G., Collins, C.M., Goldberger, B., and Gregory, N. 2009. Responses of non-primed or primed seeds of 'Marketmore 76' cucumber (*Cucumis sativus* L.) slurry coated with *Trichoderma* species to planting in growth media infested with *Pythium aphanidermatum*. *Scientia Horticulturae*. 121: 1391-1400.
19. Pirdashti, H., Mottaghian, A., and Bahmanyar, M.A. 2010. Micronutrients biofortification in spinach (*Spinacia oleracea*) using urban waste compost inoculated with different *Trichoderma* species. *Proceeding of 2nd International Conference 'Vallis Aurea' Focus on: Regional Development*. Croatia. Pp: 1123-1127.
20. SAS Institute. 1997. *SAS User's Guide: Statistics*, Version 6.12 ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 1162p.
21. Scala, F., Raio, A., and Lorito, M. 2007. Biological Control of Fruit and Vegetable Diseases with Fungal and Bacterial Antagonists: *Trichoderma* and *Agrobacterium*, P 19-27. In: S.B. Chincholcar, M.R.O. Chacón, T. Rodriguez-Galan, S. Benítez, M. Sousa, A. Rey, J. Llobell, (Eds.), *Delgado-Jarana1. Microscopic and transcriptome analyses of early colonization of tomato roots by Trichoderma harzianum*. *International Microbiology*.

22. Shahsavari, A., Pirdashti, H., Mottaghian, A., and Tajik Ghanbary, M.A. 2010. Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) growth characters and yield to co-inoculation of farmyard manure, *Trichoderma* spp. and *Pseudomonas* spp. J. Agroecol. 2: 3. 448-458. (In Persian)
23. Siddiqui, Y., Meon, S., Ismail, R., and Rahmani, M. 2009. Bio-potential of compost tea from agro-waste to suppress *Choanephora cucurbitarum* L. the causal pathogen of wet rot of okra. Biological Control. 49: 38-44.
24. Tae, G.K., and Knudsen, G.R. 2008. Quantitative real-time PCR effectively detects and quantifies colonization of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* by *Trichoderma* spp. Applied Soil Ecology. 40: 100-108.
25. Tarango Rivero, S.H., Nevarez Moorillon, V.G., and Orrantia Borund, E. 2009. Growth, yield, and nutrient status of pecans fertilized with biosolids and inoculated with rhizosphere fungi. Bioresource Technology. 100: 1992-1998.
26. Walker, R., Rossall, S., and Asher, M.J.C. 2004. Comparison of application methods to prolong the survival of potential biocontrol bacteria on stored sugar-beet seed. J. Appl. Microbiol. 97: 293-305.
27. Wei, Y., and Liu, Y. 2005. Effects of sewage sludge compost application on crops and cropland in a 3-year field study. Chemosphere. 59: 1257-1265.
28. Woo, S.L., Scala, F., Ruocco, M., and Lorito, M. 2006. The molecular biology of the interactions between *Trichoderma* spp., phytopathogenic fungi and plants. Phytopathology. 96: 181-185.
29. Yazdani, M., Pirdashti, H., Tajik, M.A., and Bahmanyar, M.A. 2008. Effect of *Trichoderma* spp. and different organic manures on growth and development in soybean (*Glycine max* (L.) Merr). Elec. J. Crop Prod. 1: 3. 65-82. (In Persian)



Effect of co-inoculation of urban waste compost and three *Trichoderma* species (*Trichoderma* spp.) on the growth characters and nutrition uptake in garden cress (*Lepidium sativum* L.)

A. Mottaghian¹, *H. Pirdashti², M.A. Bahmanyar³ and B. Mottaghian⁴

¹Ph.D. Student of Plant Physiology, Dept. of Agronomy, Ilam University, ²Associate Prof., Dept. of Agronomy, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, ³Professor, Dept. of Soil Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, ⁴M.Sc. Graduate, Dept. of Environmental Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 11/14/2012; Accepted: 12/07/2014

Abstract

Background and Objectives: Nowadays, the use of organic wastes in agriculture system is an important issue for both soil conservation and residual disposal. Municipal waste compost is a valuable source of some macro and micro nutrients and organic matter that enhanced different crops yield such as wheat, soybean and canola. Furthermore, application of *Trichoderma* fungus species can improve plant growth and development in addition to increases in biomass, biotic and abiotic stresses resistance and nutrient absorption. Therefore, the current experiment was aimed to evaluate the municipal waste compost and *Trichoderma* species fungi efficacy on seedling emergence parameters, growth and some micronutrients uptake of garden cress (*Lepidium sativum* L.).

Materials and Methods: The experimental arrangement was factorial in a randomized complete block design with three replications in plastic pots (15 cm diameter). Treatments consisted of three levels of municipal waste compost (15, 30, 45 Mg ha⁻¹ alone and plus 50% chemical fertilizer), recommended chemical fertilizer (100 kg ha⁻¹ of urea, potassium sulfate and triple super phosphate) and a check (no compost or chemical fertilizer application) and three *Trichoderma* species (*viridae*, *harzianum* and *hamatum*). *Trichoderma* spores were adjusted in 10⁸ mL colony forming units for 1 kg/soil dry weight. Some growth characters such as plant height, root length, fresh and dry matters of root and aerial parts were recorded 35 days after sowing. The root and aerial part samples were washed with distilled water and oven dried at 65 °C for at least 2 days. The extract of plant ashes (0.5 g) was prepared with 2.5 CC of HCl (38%) and further diluted to 50 cm³. Then, micronutrient concentrations (Fe, Zn, Cu and Mn) were determined by Atomic Absorption Spectrometry. The statistical analysis of experiment data was performed by using SAS software and mean comparison of evaluation traits was done by least significant difference (LSD) method at 5% level of probability.

Results: The results showed that application of 15 Mg ha⁻¹ enriched compost and inoculation of soil with *T. harzianum* fungous promoted final emergence percentage, field emergence rate and cumulative emergence rate. In the current experiment, the 30 and 45 Mg ha⁻¹ enriched municipal waste compost increased fresh and dry weight of aerial part (up to 21%) and plant height and root length (up to 16%) as compared to chemical fertilizer alone. Also, *T. harzianum* fungi increased fresh and length of plant root (20 and 5.30%, respectively) compared to *T. viridae*. The mean comparisons of fertilizer and *Trichoderma* interaction effects on plant tissue micronutrient content indicated that the maximum Mn content belonged to 15 and 30 Mg ha⁻¹ municipal waste compost (enriched and non-enriched) inoculated with *T. hamatum* and the highest plant Fe content was observed in co-inoculation of 45 Mg ha⁻¹ enriched compost and *T. hamatum*.

Conclusion: In conclusion, application of 40 Mg ha⁻¹ municipal waste compost markedly improved the quantity and quality characters of garden cress compared to the chemical fertilizer treatment. Also, *Trichoderma* species had different efficiencies on the studied parameters, so that *T. harzianum* specie showed superiority in seedling establishment, growth parameters and plant quality compared to the *T. viridae*.

Keywords: Garden cress, *Trichoderma*, Compost, Microelements

* Corresponding Authors; Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir