

بررسی تغییرات رشدی گیاه کاهو (*Lactuca sativa*) رقم (*Green Tower Mi*) تحت تیمار قارچ زیستی تریکودرما و ورمی کمپوست

Investigation of Growth Changes of Lettuce (*Lactuca sativa*) Cultivar (*Green Tower Mi*) under the Treatment of *Trichoderma* and Vermicompost

شهاب‌الدین آهوئی^۱، لادن آژدانیان^۱، سیدحسین نعمتی^۲ و حسین آروئی^{۳*}

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۲/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۲

(مقاله پژوهشی)

چکیده

قارچ تریکودرما و ورمی کمپوست، از عوامل مهم بهبوددهنده و محرک غیرمستقیم رشد در انواع گیاهان زراعی و باغی می‌باشند. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی، تحت شرایط کشت بدون خاک در گلخانه، با ۴ غلظت قارچ تریکودرما *هاریزیانوم* جدایه Bi: ۰ درصد (شاهد)، ۱۰ درصد، ۲۰ درصد و ۳۰ درصد حجم ۶۰ لیتری آب مصرفی و دو سطح ورمی کمپوست: شاهد (عدم استفاده از ورمی کمپوست) و ۵۰ درصد حجم گلدان (کوکوپیت و پرلیت (۱:۲)) با ۶ تکرار با بررسی تأثیر بر خواص مورفولوژیکی گیاه کاهو رقم (*Green Tower Mi*) پایه‌ریزی و اجرا شد. وزن تر ساقه، برگ و ریشه براساس نتایج حاصل در تیمار غلظت ۱۰ درصد قارچ به ترتیب در بیش‌ترین سطح ۳۶۳/۷۵ گرم، ۳۲۵/۰۸ گرم و ۲۶/۳۵ گرم مشاهده شد. هم‌چنین در تیمار کاربرد ورمی کمپوست، بیش‌ترین وزن تر ساقه (۳۷۷/۴۱ گرم)، وزن تر برگ (۳۴۸/۸۷ گرم) و وزن تر ریشه (۲۴/۱۱ گرم) را نسبت به عدم کاربرد داشت. بیش‌ترین تعداد برگ (۳۶ عدد)، قطر ساقه (۲۰/۶۴ میلی‌متر) و سطح برگ (۲۱۱/۲۵ سانتی‌مترمربع بر گرم) در تیمار قارچ با غلظت ۱۰ درصد مشاهده شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه کاهو تحت تیمار با ورمی کمپوست نسبت به تیمار شاهد به میزان ۲۵/۳۴ درصد افزایش یافت. بنابراین، با اثر مثبتی که در کاربرد ورمی کمپوست و قارچ تریکودرما بر روی خواص رشدی گیاه کاهو داشت، استفاده از این دو تیمار در کاشت این سبزی توصیه می‌شود. هم‌چنین به دلیل این که بین سطوح بالا قارچ تفاوت معنی‌داری نبود، می‌توان با صرفه‌جویی و هزینه کم‌تر، حتی با غلظت ۱۰ درصد قارچ به نتیجه دلخواه و مطلوب رسید.

واژه‌های کلیدی: بهبود رشد، قارچ، کاهو، محرک زیستی

در دهه‌های اخیر بحران آلودگی محیط زیست، به‌ویژه آلودگی منابع خاک و آب در اثر فعالیت‌های انسانی در بخش کشاورزی به شدت افزایش یافته است که همین امر موجب به خطر انداختن سلامت جامعه بشری شده است. در همین راستا تلاش‌های گسترده‌ای با هدف یافتن راهکار مناسب برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها شروع شده است. کاهش این مخاطرات زیست محیطی نیازمند به‌کارگیری تکنیک‌های نوین بیولوژیکی است. یکی از بهترین تکنیک‌ها به استفاده از محرک‌های زیستی به منظور افزایش رشد مطلوب گیاهان زراعی همگام با کاهش مصرف کودهای شیمیایی تا میزان حداقل آن، است. محرک‌های زیستی نسل چهارم نهاده‌های کشاورزی پس از کودهای حیوانی و شیمیایی و هورمونی می‌باشند (مانوال^۱ و همکاران، 2007). در بین ابزارهای بیولوژیکی مورد استفاده توسط محققان در زمینه کشاورزی پایدار می‌توان به گونه‌های مختلف قارچ تریکودرما اشاره کرد. بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته به نظر می‌رسد که این میکروارگانیسم با دارا بودن توان رقابت غذایی بالا، استقرار و اسپورزایی فراوان در محیط خاک و به‌ویژه اطراف ریشه اغلب گیاهان زراعی و غیرزراعی و توان القاء مقاومت در گیاه، نه تنها باعث کاهش عوامل بیماری در خاک می‌شود، بلکه در مواردی با یک سری مکانیسم‌های بیوشیمیایی باعث تحریک به رشد اندام‌های زیرزمینی یا هوایی گیاهان نیز می‌شود (بنیتز^۲ و همکاران، 2004؛ هارمن^۳، 2006؛ هوئیتینگ^۴ و همکاران، 2006؛ وینال^۵ و همکاران، 2004). میزان افزایش رشد گیاهان تحت تأثیر قارچ تریکودرما در میزبان‌های مختلف متفاوت بوده است. به‌عنوان مثال، زمانی که تریکودرما (به صورت سوسپانسیون کنیدی) به‌عنوان افزایش‌دهنده رشد به خاک اضافه گردید، موجب افزایش وزن خشک گیاه در گوجه‌فرنگی و فلفل شد. اما در لوبیا و تربچه تأثیری بر افزایش رشد این گیاهان نداشت (هارمن و همکاران، 2004). استفاده از گونه *Trichoderma harzianum* به‌طور مؤثری میزان محصول نهایی را در خیار افزایش داده است (بنیتز و همکاران، 2004). *Trichoderma spp.* و بعضی قارچ‌های دیگر مثل مایکوریزا از طریق ترشح ترکیبات رشدی و افزایش جذب ریشه باعث رشد بیش‌تر و افزایش بهره‌وری در گیاه می‌گردند. بنابراین، چنانچه بتوان میکروارگانیسم‌های مفید را شناسایی

کرده و به‌وسیله بعضی دستکاری‌ها، جمعیت آن‌ها را در خاک افزایش داد، می‌توان انتظار داشت که اثرات قابل‌توجهی بر عملکرد و اجزای رشدی گیاه داشته باشد. در تحقیقات انجام شده، اثرات رشدی چندین جدایه تریکودرما بر روی جعفری فرنگی در مخلوطی از پیت و پرلیت نشان داده شد (وینال و همکاران، 2004). امروزه عامل‌های زیستی مانند تریکودرما، برای بهبود اثربخشی اصلاح‌کننده‌های آلی، بهبود در جذب مواد مغذی و رشد محصول مورد استفاده قرار می‌گیرند سینگ^۶ و همکاران (2010)، هم‌چنین ورمی‌کمپوست یک اصلاح‌کننده آلی غنی از مواد مغذی و فعال از نظر میکروبیولوژیکی است که در نتیجه عمل متقابل بین کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها هنگام تجزیه ماده آلی تولید می‌شود (لازکانو و دومینگوز^۷، 2011). این نوع کود آلی شامل فضولات گونه‌های خاصی از کرم‌های خاکی است که در نتیجه تغییر و تبدیل بازمانده‌های آلی در طی عبور از دستگاه گوارش این جانوران به وجود می‌آید (آرانکون^۸ و همکاران، 2005). در طی تحقیقات صورت گرفته مشخص شد که ورمی‌کمپوست تأثیر مثبتی بر روی رشد، توسعه گیاه و عملکرد محصولات زراعی دارد (ام سی کینز^۹ و همکاران، 2003). هم‌چنین تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر فلفل، گوجه‌فرنگی، ریحان و گیاهان دیگر و تأثیر آن بر عملکرد وزنی، کیفیت و بلوغ آن‌ها بررسی شده است (کلایر، 2001). بررسی‌ها نشان دادند که ورمی‌کمپوست‌ها دارای هومات‌ها هستند (آتیه^{۱۰} و همکاران، 2002؛ ماسکولو^{۱۱} و همکاران، 1999). برخی از اثرات این مواد، در فرآیند رشد گیاهان خیلی شبیه به کاربرد مواد تنظیم‌کننده رشد و هورمون‌های گیاهی می‌باشد (آرانکون و همکاران، 2006؛ سنسی^{۱۲} و همکاران، 1992). کاهو گیاهی است یک‌ساله که از حوالی اروپای ساحلی یا آسیای مرکزی به دیگر نقاط جهان منتقل شده است. گروهی از محققین معتقدند که هندوستان مبدأ اصلی کاهو می‌باشد، هم‌چنین از نظر ارزش غذایی کاهو دارای ویتامین آ، ب، ث و مواد دیگری مانند ید، آهن، فسفر، منیزیم، روی، منگنز و مس است. امروزه کشت کاهو با دو هدف استخراج روغن از بذر آن و مصرف تازه‌خوری صورت می‌گیرد (ساموئل^{۱۳}، 1996). بنابراین، باتوجه به موارد مطرح شده لزوم تحقیقات مرتبط با کشاورزی پایدار و سیستم‌های

6. Singh

7. Lazcano and Domínguez

8. Arancon

9. McGinnis

10. Atiyeh

11. Muscolo

12. Senesi

13. Samuels

1. Manual

2. Benítez

3. Harman

4. Hoitink

5. Vinale

در گلخانه، در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۴ غلظت قارچ تریکودرما هاریزیانوم جدایه Bi: ۰ درصد (شاهد)، ۱۰ درصد، ۲۰ درصد و ۳۰ درصد حجم ۶۰ لیتری آب مصرفی و دو سطح ورمی کمپوست: شاهد (عدم استفاده از ورمی کمپوست) و ۵۰ درصد حجم گلدان (مشخصات نتایج حاصل از تجزیه و آنالیز ورمی کمپوست مورد استفاده در جدول (۱) آورده شده است) با ۶ تکرار در محل گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا با میانگین دما شبانه روز ۲۷-۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰-۴۰ درصد اجرا شد.

ارگانیک هدف این تحقیق بررسی اثر غلظت‌های گوناگون قارچ تریکودرما جدایه Bi و کاربرد ورمی کمپوست بر روی خصوصیات گیاه کاهو رقم (Green Tower Mi) بوده است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

باتوجه به موارد مطرح شده و اهمیت جایگاه قارچ تریکودرما و جدایه‌های مختلف آن در رشد و نمو گیاهان و ورمی کمپوست، هدف این تحقیق بررسی اثر غلظت‌های مختلف قارچ تریکودرما جدایه Bi به همراه ورمی کمپوست بر روی صفات رشدی گیاه کاهو رقم (Green Tower Mi) است. پژوهش صورت گرفته، به‌صورت یک آزمایش گلدانی تحت شرایط کشت بدون خاک

جدول ۱: مشخصات نتایج حاصل از تجزیه و آنالیز ورمی کمپوست

Table 1: Details of the results of vermicompost analysis

هدایت الکتریکی (موس بر سانتی متر) EC (mho/cm)	نسبت کربن به نیتروژن C/N	اسیدیته pH	منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم) Mn (mg.kg)	نیتروژن (درصد) N (%)	مس (میلی‌گرم در کیلوگرم) Cu (mg.kg)	روی (میلی‌گرم در کیلوگرم) Zn (mg.kg)	آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم) Fe (mg.kg)	پتاسیم (درصد) K (%)	فسفر (درصد) P (%)
2.05	21.509	7.17	590	1.211	38.70	151	7983	1.216	1.216

میلی‌لیتر جهت استفاده در مراحل بعدی در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

کاشت و تغذیه

بذرهای کاهو در سینی‌های نشاء که به‌وسیله پیت ماس پر شده بود کاشته شد. نشاءهایی که اندازه‌ی مشابه و یکسانی داشتند انتخاب شدند و به درون گلدان‌هایی به قطر ۲۵ سانتی‌متر که به‌وسیله کوکوپیت و پرلایت (نسبت ۲:۱) پر شده بودند، انتقال داده شدند. در روزهای اولیه به مدت ۱۰ روز تنها آب خالص به بوته‌ها داده شد، سپس بعد از اطمینان از استقرار کامل بوته‌ها در روزهای ابتدایی به ازای هر بوته ۸۰ میلی‌لیتر محلول هوگلند و در روزهای بعدی با توجه به دما و نور نیاز آبی و غذایی بوته بر اساس محلول غذایی هوگلند تأمین گردید.

صفات موردبررسی

صفات بررسی شده در این پژوهش شامل، وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ، تعداد برگ، سطح برگ، محتوی کلروفیل، میزان آنتوسیانین، میزان فنول کل و میزان کلروفیل a، b و کارتنوئید بودند. وزن تر و خشک گیاه، با استفاده از ترازوی دیجیتال AND با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری گردید. وزن خشک پس از قرار دادن نمونه‌ها در آون با دمای ۷۲ درجه

تهیه قارچ تریکودرما

جدایه موردنظر (TBi) از گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی تهیه گردید و درون محیط کشت سیب‌زمینی دکستروآگار و در پتری دیش‌هایی به قطر ۱۰ سانتی‌متر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در آون به مدت ۵ روز نگهداری شد. سپس به‌منظور تهیه عصاره قارچ‌ها از محیط کشت انتخابی داوه پاپاوویزاس و لامسدن^۱ (1982) استفاده شد. این محیط کشت درون ظروف ۲۰ لیتری که از قبل به مدت ۲۰ دقیقه توسط اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد در فشار ۱۰ اتمسفر استریل شده بود، ریخته شد. سپس جهت انتقال پرگنه^۲ رشد یافته قارچ (میسلیوم‌ها) به داخل ظروف از اسکارپل استفاده شد و قطعاتی به ابعاد تقریباً ۲×۲ سانتی‌متر از قارچ که همراه با محیط کشت سیب زمینی دکستروآگار بود، به ظروف منتقل شد. ظروف توسط لوله‌های آکواریوم که به یک پمپ هوا متصل شده بود، هوادهی شد و به مدت ۸ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. پس از این مدت فاز جامد از فاز مایع توسط یک پارچه ملامل که در انتهای آن پشم شیشه ریخته بودیم جدا شد و فاز مایع با غلظتی بالا و رقیق ۱۰۶×۲ در

1. Papavizas and Lumsden
2. Biomass

آهویی و همکاران: بررسی تغییرات رشدی گیاه کاهو (*Lactuca sativa*)...

سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، تعیین گردید. شاخص سبزی‌نگی برگ (عدد اسپد کلروفیل) با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج^۱ مدل Tokyo Konica, Minolta, با استفاده از نرم‌افزار Image J و هم‌چنین دستگاه area meter مدل LI-3100c اندازه‌گیری شد. هم‌چنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه با استفاده از روش اندازه‌گیری کاهش ظرفیت رادیکالی (DPPH) مورد ارزیابی قرار گرفت (بوریتس^۲ و بوکار^۳، ۲۰۰۰). مقدار کلروفیل a، b و کاروتنوئید به ترتیب در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر، ۶۵۳ نانومتر و ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مقدار جذب قرائت شد و در نهایت با استفاده از فرمول‌های میزان کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به دست آمد (در^۴ و همکاران، ۱۹۹۸).

$$\begin{aligned} \text{Chl a} &= 15.65 A_{666} - 7.340 A_{653} \\ \text{Chl b} &= 27.05 A_{653} - 11.21 A_{666} \\ C_{x+c} &= \frac{1000 A_{470} - 2.860 \text{ Chl a} - 129.2 \text{ Chl b}}{245} \end{aligned}$$

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل از این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار JMP8 مورد تجزیه واریانس و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. رسم جدول‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013 انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از این پژوهش نشان‌دهنده اثرات رشدی متفاوتی از قارچ تریکودرما و ورمی‌کمپوست بر پارامترهای رشدی گیاه کاهو رقم (*Green Tower Mi*) است. براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، وزن تر و خشک ساقه، برگ و ریشه در طرح احتمال یک درصد تحت تأثیر استفاده از غلظت‌های مختلف تریکودرما و ورمی‌کمپوست قرار گرفت. وزن خشک ساقه و ریشه در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر کاربرد هم‌زمان ورمی‌کمپوست و قارچ تریکودرما قرار گرفت و اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲). جدول تجزیه واریانس نشان‌دهنده اثر معنی‌دار استفاده از قارچ تریکودرما در سطح احتمال یک درصد بر روی سطح و تعداد برگ، و در سطح احتمال پنج درصد بر محتوی کلروفیل است. هم‌چنین ورمی‌کمپوست در سطح احتمال یک درصد بر تعداد و سطح برگ کاهو و در سطح احتمال پنج درصد بر محتوی کلروفیل

اثر معنی‌داری داشت. اثر متقابل کاربرد ورمی‌کمپوست و قارچ تریکودرما بر تعداد و سطح برگ و محتوی کلروفیل معنی‌داری نبود (جدول ۲). هم‌چنین بررسی‌های انجام شده بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نشان‌دهنده بیش‌ترین میانگین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست بود که کاربرد قارچ تریکودرما به تنهایی بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های گیاه کاهو اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). کاربرد ورمی‌کمپوست بر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید برگ‌های گیاه کاهو مؤثر بوده است که کاربرد قارچ تریکودرما به تنهایی اثری بر این صفات نداشت (جدول ۵).

وزن تر و خشک ساقه، برگ و ریشه

کاربرد قارچ تریکودرما و ورمی‌کمپوست هرکدام به صورت جداگانه، بر وزن تر و خشک ساقه، برگ و ریشه در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری داشتند و به صورت متقابل بر وزن خشک ریشه و ساقه در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۲). براساس نتایج حاصل از جدول (۴) در غلظت ۱۰ درصد قارچ تریکودرما، وزن تر ساقه، برگ و ریشه به ترتیب در بیش‌ترین سطح ۳۶۳/۷۵ گرم، ۳۲۵/۰۸ گرم و ۲۶/۳۵ گرم مشاهده شد که در بین سایر سطوح قارچ تریکودرما (۲۰ و ۳۰ درصد) که مورد بررسی در این آزمایش قرار گرفت، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کم‌ترین میزان وزن تر ساقه، برگ و ریشه در تیمار شاهد (عدم استفاده از قارچ تریکودرما) به ترتیب به میزان ۲۷۸/۴۱ گرم، ۲۵۳/۰۸ گرم و ۲۱/۵۱ گرم مشاهده شد. بیش‌ترین وزن تر ساقه (۳۷۷/۴۱ گرم)، وزن تر برگ (۳۴۸/۸۷ گرم) و وزن تر ریشه (۲۴/۱۱ گرم) در تیمارهایی که از ورمی‌کمپوست (۵۰ درصد حجمی گلدان) در آن‌ها استفاده شده بود دیده شد که نسبت به تیمارهای شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۵). براساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴) بیش‌ترین میزان وزن خشک برگ در تیمار قارچ ۱۰ درصد به میزان ۱۱/۳۴ گرم بود، هم‌چنین در بین سایر سطوح قارچ تریکودرما که مورد بررسی در این آزمایش قرار گرفت، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و کم‌ترین میزان وزن خشک برگ در تیمار شاهد (۹/۴۵ گرم) مشاهده شد. وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثر متقابل کاربرد ورمی‌کمپوست و قارچ تریکودرما قرار گرفت. براساس نتایج مقایسه میانگین، تیمار قارچ ۱۰ درصد و کاربرد ورمی‌کمپوست دارای بیش‌ترین وزن خشک ساقه به میزان ۱۵/۸۵ گرم بودند (شکل ۱). هم‌چنین وزن خشک ریشه در تیمار قارچ ۱۰ درصد و کاربرد ورمی‌کمپوست به مقدار ۱/۵۶ گرم در بیش‌ترین سطح قرار گرفت (شکل ۲).

1. SPAD-502
2. Burits
3. Bucar
4. DERE

جدول ۲: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر ورمی کمپوست و غلظت‌های مختلف قارچ بر برخی صفات کاهو رقم

(Green Tower Mi)

Table 2: Analysis of variance (mean square) effect of vermicompost and different concentrations of fungi on some lettuce (CV. Green Tower Mi) traits

شاخص	تعداد برگ	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک برگ	وزن تر برگ	وزن خشک ساقه	وزن تر ساقه	درجه آزادی	منابع تغییرات CV
Spad	Number of leaves	Root dry weight	Root fresh weight	Leaf dry weight	Fresh leaf weight	Stem dry weight	Stem fresh weight	df	
21.9*	12.03**	1894.08**	0.09*	92.33**	7.16**	10689.4**	7.49**	3	غلظت قارچ Concentration of fungi
55.04*	1408.33**	35861.33**	3.31**	160.23**	45.43**	179463.02**	36.92**	1	ورمی کمپوست Vermicompost
10.12 ^{ns}	7.33 ^{ns}	97.89 ^{ns}	0.04*	4.94 ^{ns}	0.47 ^{ns}	731.7 ^{ns}	2.38*	3	ورمی کمپوست × قارچ Vermi × Fungi
4.14	5.91	51.42	0.015	3.93	0.5	793.4	0.28	40	خطا Error

***, * و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح یک، پنج درصد و عدم معنی‌داری
*, ** and ns: Significant at $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ and not significant, respectively

جدول ۳: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر ورمی کمپوست و غلظت‌های مختلف قارچ بر برخی صفات کاهو رقم

(Green Tower Mi)

Table 3: Analysis of variance (mean square) effect of vermicompost and different concentrations of fungi on some lettuce (CV. Green Tower Mi) traits

کارتنوئید	کلروفیل ب	کلروفیل آ	فعالیت آنتی‌اکسیدانی	درجه آزادی	منابع تغییرات CV
Cartonoid	Chlorophyll b	Chlorophyll a	Antioxidant activity	df	
0.54 ^{ns}	3.39 ^{ns}	4.87 ^{ns}	18.42 ^{ns}	3	غلظت قارچ Concentration of fungi
0.66*	11.57*	10.18*	91.77*	1	ورمی کمپوست Vermicompost
0.09 ^{ns}	1.12 ^{ns}	3.56 ^{ns}	38.97 ^{ns}	3	ورمی کمپوست × قارچ Vermi × Fungi
0.06	0.87	1.94	21.01	40	خطا Error

***, * و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح یک، پنج درصد و عدم معنی‌داری
*, ** and ns: Significant at $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ and not significant, respectively

هم‌چنین ارتفاع گیاه شد (مقدم^۴ و همکاران، ۲۰۱۲). هم‌چنین وزن تر و خشک ساقه گیاه لوبیا تحت تأثیر کاربرد ورمی کمپوست افزایش قابل توجهی نسبت به تیمار شاهد داشت که با نتایج این تحقیق هم‌راستا می‌باشد (کارمگام^۵ و دانیل^۶، ۲۰۰۰). این در حالی است که محققان معتقدند افزایش وزن تر و خشک پیکره گیاه در صورت کاربرد ورمی کمپوست، احتمالاً به دلیل وجود اسیدهای هیومیک بالا در این کود زیستی می‌باشد که این خود گواه بر افزایش میزان عملکرد است (سنسی^۷ و

بسیاری از محققان بر این باورند که به‌طور عمده جدایه‌های مختلف قارچ تریکودرما با تولید مواد بیوشیمیایی باعث تحریک رشد گیاهان می‌شوند و یا باعث کاهش اثرات ممانعت از رشد برخی ترکیبات، توکسین‌های زیستی و شیمیایی موجود در خاک و حتی تغییر در میزان عناصر محلول در خاک می‌شوند (کوتلر^۱ و همکاران، ۱۹۸۶؛ اوسلی^۲ و همکاران، ۱۹۹۴؛ وینال^۳ و همکاران، ۲۰۰۴). بر اساس گزارشات موجود، کاربرد ورمی کمپوست با غلظت ۳۰ درصد حجمی در گیاه زینتی لیلیوم باعث افزایش سطح برگ، وزن تر و خشک گیاه و

4. Moghadam
5. Karmegam
6. Daniel
7. Senesi

1. Cutler
2. Ousley
3. Vinale

آهویی و همکاران: بررسی تغییرات رشدی گیاه کاهو (*Lactuca sativa*)... همکاران، 1992). جدایه‌های مختلف قارچ تریکودرما باعث افزایش رشد در گیاهان می‌شوند که این تحریک در میزان رشد بر اساس تولید مواد شیمیایی است (کوتلر^۱ و همکاران، 1986؛ اوسلی^۲ و همکاران، 1994؛ وینال^۳ و همکاران، 2004). در یک آزمایش گلخانه‌ای اضافه کردن سوسپانسیون کنیدیایی تریکودرما به خاک افزایش معنی‌داری در وزن خشک گیاهانی مثل گوجه‌فرنگی، فلفل و خیار شد (چاوز^۴ و همکاران، 2001). همچنین بر اساس آزمایشات صورت گرفته بر روی بوته‌های گوجه‌فرنگی، به این نتیجه رسیدند که استفاده از تیمار تریکودرما باعث افزایش ۱۵/۴ درصدی وزن خشک اندام هوایی این گیاه می‌شود (مستوری^۵، 2010) که با نتایج این تحقیق هم سو می‌باشد.

تعداد برگ

کاربرد ورمی‌کمپوست و قارچ تریکودرما به صورت اثر ساده در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری بر تعداد برگ‌های گیاه کاهو داشتند (جدول ۲). بیش‌ترین تعداد برگ در تیمار قارچ با غلظت ۱۰ درصد به تعداد ۳۶ عدد مشاهده شد که در بین سایر سطوح قارچ تریکودرمایی که مورد بررسی در این آزمایش قرار گرفت، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و کم‌ترین تعداد برگ (۲۸ عدد) در تیمار شاهد بود (جدول ۴). همچنین کاربرد ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک کود زیستی به صورت ۵۰ درصد حجمی گلدان، بیش‌ترین تعداد برگ (۳۷ عدد) را نسبت به عدم کاربرد ورمی‌کمپوست داشت (جدول ۵). توان ترشح ترکیبات بیوشیمیایی و آنزیم‌های مختلف، رقابت تغذیه‌ای بالا نسبت به عوامل بیماری‌زا در محیط و از همه مهم‌تر توان ایجاد و القاء مقاومت با تحریک گیاه به تولید ترکیبات فیتوتوکسینی از مهم‌ترین خصوصیات گونه‌های مختلف جنس تریکودرما محسوب می‌شود (ساموئلز^۶، 1996) که بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت قارچ تریکودرما با کمک به سنتز کلروفیل در گیاه و سرکوب پاتوژن‌های بیماری‌زا موجب افزایش رشد و افزایش تعداد برگ در گیاه شده است. همچنین در سایر تحقیقات گزارش شده است که کاربرد سویه‌های مختلف تریکودرما می‌تواند بر تعداد برگ نشای گوجه‌فرنگی اثر مثبت بگذارد (نارندر^۷ و همکاران، 2002). اثرهای مثبت تیمار ۵۰ درصد حجم ورمی‌کمپوست احتمالاً ناشی از آثار مثبت

ورمی‌کمپوست در تقویت خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش دسترسی به مواد غذایی (ماریناری^۸، 2000)، ظرفیت نگهداری آب (آتیه^۹ و همکاران، 2002) و همچنین مرتبط با وجود مواد فعال بیولوژیک ناشی از کنش متقابل میکروارگانیسم‌ها و کرم‌های خاکی (در حین فرآوری ورمی‌کمپوست)، مانند برخی هورمون‌های گیاهی (ادواردز^{۱۰} و همکاران، 2010) و نیز ترکیبات هوموس (ماده تحریک‌کننده رشد) (آتیه و همکاران، 2002) در ورمی‌کمپوست است.

قطر ساقه

اثر ساده کاربرد ورمی‌کمپوست و قارچ تریکودرما در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری بر قطر ساقه گیاه کاهو داشتند (جدول ۲). همچنین بیش‌ترین قطر ساقه به مقدار ۲۰/۶۴ میلی‌متر در تیمار قارچ با غلظت ۱۰ درصد، مشاهده شد که در بین سایر سطوح کاربرد قارچ تریکودرما اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد؛ و کم‌ترین قطر ساقه (۱۷/۰۸ میلی‌متر) در تیمار شاهد بود (جدول ۴). کاربرد ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک کود زیستی به صورت ۵۰ درصد حجمی گلدان، بیش‌ترین قطر ساقه (۲۰/۸۷ میلی‌متر) را نسبت به عدم کاربرد داشت (جدول ۵). در دهه‌های اخیر با توجه به تحقیقات و مطالعات دانشمندان بر روی جدایه‌های گوناگون قارچ تریکودرما، اثر بهبود رشد و ارتقاء پارامترهای رشد در گیاهان تلقیح شده نسبت به گیاهان شاهد به‌راحتی قابل‌مشاهده است. بنابراین، با توجه به این موضوع مکانیسم‌های این افزایش رشد مورد توجه قرار گرفته است (باکر^{۱۱}، 1989؛ هارمن^{۱۲} و همکاران، 2004). توسعه ریشه در خاک اطراف گیاه باعث دسترسی ریشه بر حجم بیش‌تری از خاک شده و موجبات دسترسی بیش‌تر و بهتر برای جذب عناصر و مواد غذایی می‌شود. اسیدی شدن خاک اطراف ریشه در محلول شدن برخی ترکیبات نامحلول و در دسترس قرار گرفتن برخی از عناصر ضروری مثل فسفر می‌شود (وینال^{۱۳} و همکاران، 2008). بنابراین، جذب بیش‌تر و بهتر عناصر و مواد غذایی و انتقال آن به اندام‌های هوایی باعث تحریک فتوسنتز و افزایش رشد رویشی و قطور شدن ساقه جهت انتقال سریع‌تر شیره پرورده در گیاه می‌شود.

8. Marinari
9. Atiyeh
10. Edwards
11. Baker
11. Harman
12. Vinale

1. Cutler
2. Ousley
3. Vinale
4. Chaves
5. Mastouri
6. Samuels
7. Narender

جدول ۴: مقایسه میانگین کاربرد غلظت‌های مختلف قارچ تریکودرما بر صفات کاهو رقم (Green Tower Mi)
Table 4: Comparison of the application of different concentrations of *Trichoderma* fungi on lettuce (CV. Green Tower Mi) traits

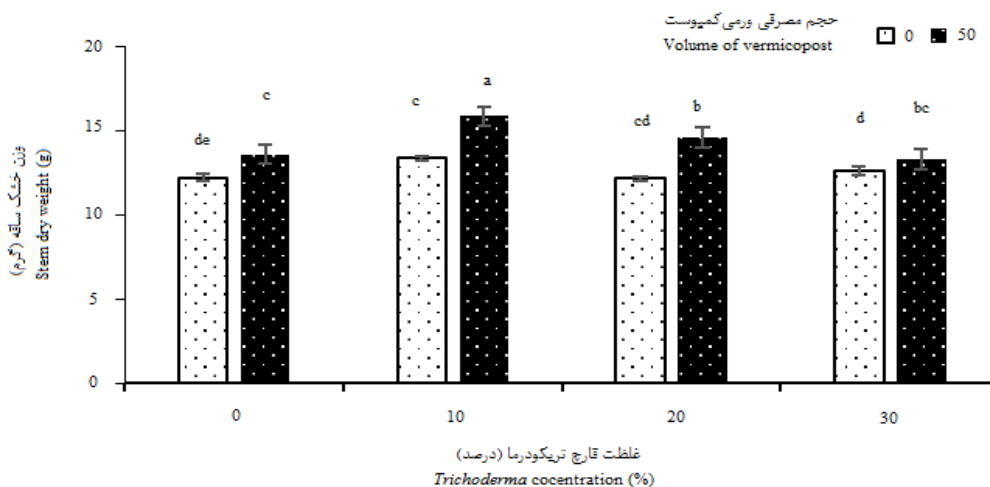
غلظت قارچ Concentration of fungi	وزن تر ساقه (گرم) Stem fresh weight (g)	وزن خشک ساقه (گرم) Stem dry weight (g)	وزن تر برگ (گرم) Fresh leaf weight (g)	وزن خشک برگ (گرم) Leaf dry weight (g)	وزن تر ریشه (گرم) Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)	تعداد برگ Number of leaves	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	مساحت برگ (سانتی‌متر مربع) Leaf area (cm ²)	شاخص سبزی‌نگی Spad
0 (شاهد) 0 (Control)	287.41c	12.89c	253.08c	9.45c	25.51b	1.19b	28c	17.08c	181.25c	30.35a
10 درصد 10%	363.75a	14.59a	325.08a	11.34a	26.35a	1.39a	36a	20.64a	211.25a	33.9b
20 درصد 20%	321.08b	13.35b	294.14b	10.29b	20.14b	1.21b	31b	19.32b	202.08b	33b
30 درصد 30%	301.41bc	12.59bc	280.33bc	10.48b	21.14b	1.24b	30bc	19.26b	199.25b	31.33b

در هر ستون حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند
In each column, the letters indicate that there is no significant difference based on the LSD test at the 5% probability level

جدول ۵: مقایسه میانگین کاربرد ورمی‌کمپوست بر صفات کاهو رقم (Green Tower Mi)
Table 5: Comparison of the application of different concentrations of Vermicompost on lettuce (CV. Green Tower Mi) traits

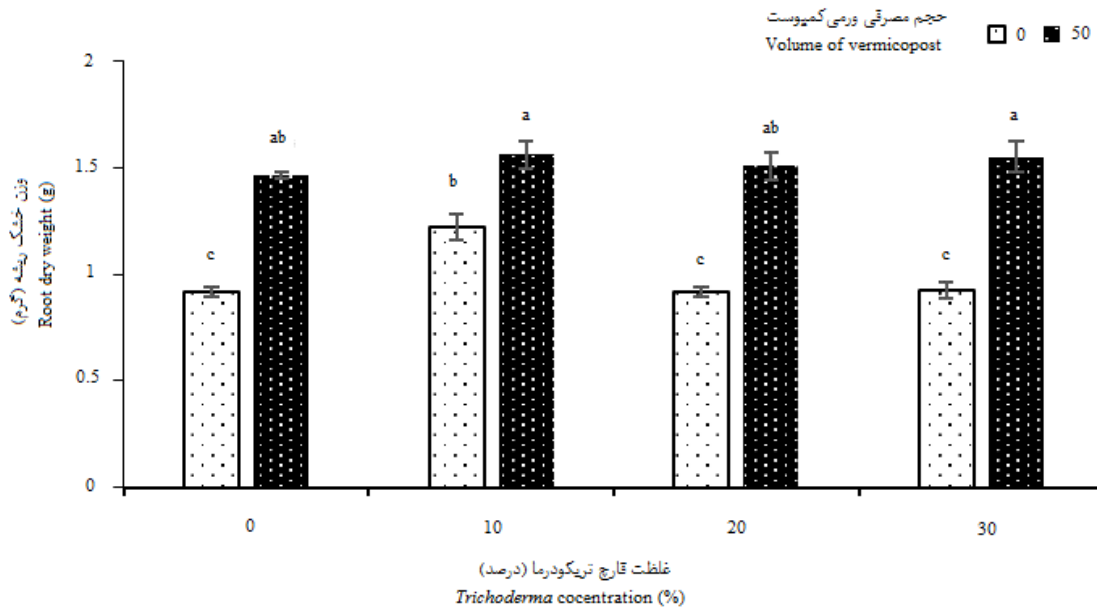
ورمی‌کمپوست Vermicompost	وزن تر ساقه (گرم) Stem fresh weight (g)	وزن خشک ساقه (گرم) Stem dry weight (g)	وزن تر برگ (گرم) Fresh leaf weight (g)	وزن خشک برگ (گرم) Leaf dry weight (g)	وزن تر ریشه (گرم) Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)	تعداد برگ Number of leaves	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	مساحت برگ (سانتی‌متر مربع) Leaf area (cm ²)	شاخص سبزی‌نگی Spad
عدم کاربرد Not Applicable	295.41b	12.75b	226.53b	9.42b	20.46b	0.906b	26b	17.28b	171.25b	31.29b
کاربرد (۵۰ درصد) Application (50%)	377.41a	11.31a	348.87a	11.36a	24.11a	1.52a	37a	20.87a	225.79a	33.43a

در هر ستون حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند
In each column, the letters indicate that there is no significant difference based on the LSD test at the 5% probability level



شکل ۱: مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و قارچ تریکودرما بر وزن خشک ساقه کاهو ($p \leq 0.05$)

Fig. 1: Comparison of the of the interactions between vermicompost and *Trichoderma* fungus on dry weight of lettuce ($p \leq 0.05$)



شکل ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی کمپوست و قارچ تریکودرما بر وزن خشک ریشه کاهو ($p \leq 0.05$)
 Fig. 2: Comparison of the interactions between vermicompost and *Trichoderma* fungi on lettuce root dry weight ($p \leq 0.05$)

جدول ۶: مقایسه میانگین کاربرد غلظت‌های مختلف قارچ تریکودرما بر صفات کاهو رقم (*Green Tower Mi*)
 Table 6: Comparison of the application of different concentrations of *Trichoderma* fungi on lettuce (*CV. Green Tower Mi*) traits

کارتنوئید (میکروگرم در میلی‌لیتر) Cartonoid ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	کلروفیل b (میکروگرم در میلی‌لیتر) Chlorophyll b ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	کلروفیل a (میکروگرم در میلی‌لیتر) Chlorophyll a ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (درصد) Antioxidant activity (%)	ورمی کمپوست Vermicompost
1.18b	1.97b	5.18b	45.98b	عدم کاربرد Not Applicable
2.19a	3.77a	8.32a	61.19a	کاربرد (۵۰ درصد) Application (50%)

در هر ستون حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند
 In each column, the letters indicate that there is no significant difference based on the LSD test at the 5% probability level

گیاهان بیان کردند که افزایش شاخه و سطح برگ یک نقش عمومی از تأثیرات این قارچ است. مکانیسم‌های پیچیده‌ی این افزایش رشد احتمالاً به دلیل تولید و ترشح ترکیبات محرک رشد به درون عصاره این قارچ است که سبب افزایش کارآیی کودی نیز می‌گردد (سوسا^۲ و همکاران، ۲۰۰۸). افزایش سطح برگ در گوجه‌فرنگی و فلفل در اثر استفاده از ورمی کمپوست با نتایج این تحقیق هم‌خوانی داشت (آتیه^۳ و همکاران، ۲۰۰۰) که احتمالاً افزایش عناصر غذایی و بهبود وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک از عوامل مؤثر در افزایش میزان سطح برگ در اثر استفاده از کودهای آلی مثل ورمی کومپوست می‌تواند علت این افزایش باشد.

سطح برگ

کاربرد قارچ تریکودرما بر روی سطح برگ گیاه کاهو در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲). بر اساس نتایج حاصل از جدول (۴) بیش‌ترین میانگین سطح برگ در تیمار قارچ با غلظت ۱۰ درصد، به میزان ۲۱۱/۲۵ سانتی مترمربع بر گرم مشاهده شد که در بین سایر سطوح قارچ تریکودرما (۲۰ و ۳۰ درصد) به کاربرده شده در این آزمایش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، هم‌چنین کم‌ترین سطح برگ (۱۸۱/۲۵ سانتی‌مترمربع بر گرم) در تیمار شاهد بود. کاربرد ورمی کمپوست به‌عنوان یک کود زیستی به‌صورت ۵۰ درصد حجمی گلدان در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲) و بیش‌ترین سطح برگ (۲۲۵/۷۹ سانتی‌مترمربع بر گرم) را نسبت به عدم کاربرد (شاهد) داشت (جدول ۵). ییدیا^۱ و همکاران (۲۰۰۱) در پژوهش خود بر روی تعدادی زیادی از

2. Sousa
 3. Atiyeh

1. Yedidia

بوده است که این نتایج هم‌سو با تحقیق حاضر بر روی گیاه کاهو بود (آپادهیایا^۴ و همکاران، ۲۰۱۱).

کلروفیل a، b و کارتنوئید

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تیمار ورمی کمپوست در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد (جدول ۳). کاربرد ورمی کمپوست بر میزان کلروفیل a، b و کارتنوئید برگ‌های گیاه کاهو مؤثر بوده است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین میانگین کلروفیل a و b و هم‌چنین میزان کارتنوئید در تیمار کاربرد ورمی کمپوست به صورت ۵۰ درصد حجمی گلدان به ترتیب به میزان ۸/۳۲، ۳/۷۷ و ۲/۱۹ میکرو گرم در میلی‌لیتر برگ تازه مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشت (جدول ۶)، هم‌چنین کاربرد قارچ تریکودرما به تنهایی اثری بر این صفات نداشت (جدول ۳). اضافه کردن ورمی کمپوست به خاک باعث جذب نیتروژن توسط ریشه‌ها، افزایش رشد رویشی و تولید بیش‌تر برگ‌ها می‌شود (مارشنر^۵، ۱۹۸۷) که به نوبه خود سبب افزایش سطح جذب نوری، سطح فتوسنتزی، ساخته شدن مواد فتوسنتزی و کلروفیل a، b و هم‌چنین مواد هیدروکربنی در برگ‌ها و افزایش میزان کلروفیل می‌گردد که با پژوهش‌هایی که بر روی گیاه فلفل دلمه‌ای انجام شده است هم راستا می‌باشد (نارخده^۶ و همکاران، ۲۰۱۱). آتیه^۷ و همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند که یون‌های آمونیومی توسط موادی که دارای بار منفی هستند به‌طور وسیعی جذب می‌شوند و یا در اثر عمل نیتریفیکاسیون به نترات تبدیل می‌شوند که در نهایت جذب این ترکیبات نترات و هم‌چنین افزایش عناصری مانند آهن و منگنز در گیاهانی که با ورمی کمپوست تیمار شده اند، دلیل روشنی در افزایش میزان کلروفیل برگ در گیاه می‌باشد. در بررسی‌هایی که صورت گرفت، هم راستا با نتیجه این پژوهش، افزایش میزان کارتنوئید در گیاهان تحت تیمار ورمی کمپوست مانند گیاه نعناع فلفلی را تأیید کرد (آیوبی^۸ و همکاران، ۲۰۱۳).

نتیجه‌گیری کلی

باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش و سایر پژوهش‌های صورت گرفته بر روی ورمی کمپوست به‌عنوان یک کود غنی‌شده که دارای آنزیم‌ها و هورمون‌های رشد متعددی است، هم‌چنین استفاده از قارچ تریکودرما در بستر گیاهان و آب آبیاری

شاخص اسپد

جدول تجزیه واریانس (۲) نشان‌دهنده اثر معنی‌دار کاربرد قارچ تریکودرما در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان عدد اسپد در برگ‌های کاهو داشت. به‌طوری‌که بیش‌ترین عدد اسپد در تیمار قارچ تریکودرما با غلظت ۱۰ درصد، به میزان ۳۳/۹ مشاهده شد که در بین سایر سطوح قارچ تریکودرما (۲۰ و ۳۰ درصد) به کاربرده شده در این آزمایش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). کاربرد ورمی کمپوست نیز به‌تنهایی به‌عنوان یک کود زیستی به‌صورت ۵۰ درصد حجمی گلدان در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری در عدد اسپد قرائت شده در برگ‌های کاهو داشت که بیش‌ترین عدد (۳۳/۴۳) را نسبت به عدم‌کاربرد (تیمار شاهد) داشت (جدول ۵). براساس برخی یافته‌ها تأثیر مثبت برخی از سویه‌های تریکودرما بر میزان کلروفیل نشان داده شده است (چاوز^۱ و همکاران، ۲۰۰۱). نیتروژن یکی از اجزاء ضروری در مولکول کلروفیل است. باتوجه به این‌که نیتروژن بخشی از کلروفیل را تشکیل می‌دهد (یک اتم نیتروژن و چهار اتم کربن در حلقه‌های درون کلروفیل جای گرفته‌اند) و هم‌چنین در ساختمان اسیدهای آمینه شرکت دارد، افزایش جذب این عنصر به‌دنبال استفاده از کود شیمیایی حاوی نیتروژن و یا کودهای زیستی دارای نیتروژن (اعم از ورمی کمپوست)، می‌تواند در افزایش میزان کلروفیل نقش مهمی داشته باشد (آرگولو^۲ و همکاران، ۲۰۰۶). ورمی کمپوست با داشتن مواد مغذی نقش مثبتی بر فتوسنتز، محتوی کلروفیل برگ‌ها و اصلاح مواد مغذی در ریشه گیاه دارد (تئونیسن^۳ و همکاران، ۲۰۱۰).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که اثر کاربرد ورمی کمپوست در ۵۰ درصد حجم گلدان بر گیاه کاهو در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد (جدول ۳). بیش‌ترین میانگین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار کاربرد ورمی کمپوست به میزان (۶۱/۱۹ درصد) دیده شد و کم‌ترین میزان آن در تیمار شاهد به مقدار (۴۵/۹۸ درصد) مشاهده شد (جدول ۶). کاربرد قارچ تریکودرما به تنهایی بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های گیاه کاهو اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). پژوهش‌ها بر روی گیاهانی همچون مارچوبه نشان‌دهنده اثر مثبت استفاده از ورمی کمپوست بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی

4. Upadhyaya
5. Marschner
6. Narkhede
7. Atiyeh
8. Ayyobi

1. Chaves
2. Argüello
3. Theunissen

آهویی و همکاران: بررسی تغییرات رشدی گیاه کاهو (*Lactuca sativa*)...

مواد آلی در خاک می‌شود که قابلیت جذب آهن، روی، مس، منگنز، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک را بالا می‌برد. در مجموع نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد در غالب صفات مورد بررسی، کاربرد ورمی کمپوست برتری قابل توجهی را نسبت به عدم کاربرد آن دارد. بنابراین، استفاده از تریکودرما و ورمی کمپوست در کشت و کار کاهو توصیه می‌شود. همچنین چون بین سطوح بالا قارچ تفاوت معنی‌داری نبود، می‌توان با صرفه‌جویی و حتی غلظت ۱۰ درصد به نتیجه دلخواه رسید.

می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که استفاده از کودهای زیستی در کشاورزی پایدار و تولید گیاهان با کیفیت بالاتر نقش بسزایی دارند. همچنین باید به این نکته توجه داشت که اثری که از این کودهای زیستی دریافت می‌کنیم کاملاً بستگی به غلظت مورد استفاده دارد. اما به‌طور کلی هر دوی آن‌ها باعث افزایش رشد و نمو و بهبود خصوصیات مورفولوژیکی گیاه مدنظر شدند. با کاربرد ورمی کمپوست در خاک و استفاده از عصاره قارچ تریکودرما قابلیت جذب عناصر غذایی افزایش می‌یابد. در واقع با فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه باعث بهبود رشد و عملکرد می‌شوند. به‌طور کلی کاربرد کودهای آلی باعث افزایش

منابع

- Arancon, N., Edwards, C. and Bierman, P. 2006. Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. *Bioresource technology*, 97 (6): 831-840.
- Arancon, N. Q., Galvis, P. A. and Edwards, C. A. 2005. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. *Bioresource technology*, 96 (10): 1137-1142.
- Argüello, J. A., Ledesma, A., Núñez, S. B., Rodríguez, C. H. and Goldfarb, M. d. C. D. 2006. Vermicompost effects on bulbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield, and quality of Rosado Paraguayo garlic bulbs. *Hortscience*, 41 (3): 589-592.
- Atiyeh, R., Arancon, N., Edwards, C. and Metzger, J. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology*, 75 (3): 175-180.
- Atiyeh, R., Lee, S., Edwards, C., Arancon, N. and Metzger, J. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*, 84 (1): 7-14.
- Ayyobi, H., Peyvast, G. A. and Olfati, J. A. 2013. Effect of vermicompost and vermicompost extract on oil yield and quality of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Jornal of Agriculture Science*, 58 (1): 51-60.
- Bachman, G. and Metzger, J. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology*, 99 (8): 3155-3161.
- Baker, R. 1989. Improved *Trichoderma* spp. for promoting crop productivity. *Trends in Biotechnology*, 7 (2): 34-38.
- Benítez, T., Rincón, A. M., Limón, M. C. and Codón, A. C. 2004. Mecanismos de biocontrol de cepas de *Trichoderma*. *International Microbiology*, 7 (4): 249-260.
- Burits, M. and Bucar, F. 2000. Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil. *Phytotherapy Research*, 14 (5): 323-328.
- Chaves, F., Ming, L. C., Ehlert, P., Meireles, M. and Fernandes, D. 2001. Influence of Organic Fertilisation on Leaves and Essential Oil Production of *Ocimum gratissimum* L. Paper presented at the International Conference on Medicinal and Aromatic Plants. Possibilities and Limitations of Medicinal and Aromatic Plant, 576-579.
- Claire, J. A. R. O. 2001. Effects of vermicompost applied in a high tunnel, *International Microbiology*, 7 (5): 03-486.
- Cutler, H. G., Cox, R. H., Crumley, F. G. and Cole, P. D. 1986. 6-Pentyl- α -pyrone from *Trichoderma harzianum*: its plant growth inhibitory and antimicrobial properties. *Agricultural and Biological Chemistry*, 50 (11): 2943-2945.
- DERE, Ş., GÜNEŞ, T. and Sivaci, R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll-A, B and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. *Turkish Journal of Botany*, 22 (1): 13-18.
- Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Vasko-Bennett, M., Askar, A. and Keeney, G. 2010. Effect of aqueous extracts from vermicomposts on attacks by cucumber beetles (*Acalymna vittatum*) (Fabr.) on cucumbers and tobacco hornworm (*Manduca sexta* L.) on tomatoes. *Pedobiologia*, 53 (2): 141-148.
- Harman, G. E. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology*, 96 (2): 190-194.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I. and Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2 (1): 43.
- Hoitink, H., Madden, L. and Dorrance, A. 2006. Systemic resistance induced by *Trichoderma* spp.: interactions between the host, the pathogen, the biocontrol agent, and soil organic matter quality. *Phytopathology*, 96 (2): 186-189.
- Karmegam, N. and Daniel, T. 2000. Effect of biodigested slurry and vermicompost on the growth and yield of cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. variety CI. *Environment and Ecology*, 18 (2): 367-370.
- Lazcano, C. and Domínguez, J. 2011. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. *Soil Nutrients*, 10: 1-23.
- Marinari, S., Masciandaro, G., Ceccanti, B. and Grego, S. 2000. Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology*, 72 (1): 9-17.
- Marschner, H. 1987. Mineral nutrition of higher plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 150 (5): 358-359.

- Manual, A. K. A., Kumar, R. R. and Thomas, J. 2007. An overview of PGR trials in UPASI TRF. *Planters Chronicle*, 103: 12-16.
- Mastouri, F., Björkman, T. and Harman, G. E. 2010. Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germinating seeds and seedlings. *Phytopathology*, 100 (11): 1213-1221.
- McGinnis, M., Cooke, A., Bilderback, T. and Lorscheider, M. 2003. Organic fertilizers for basil transplant production. *Acta Horticulturae*, 491: 213-218 .
- Moghadam, A. R. L., Ardebili, Z. O. and Saidi, F. 2012. Vermicompost induced changes in growth and development of *Lilium asiatic* hybrid var. Navona. *African Journal of Agricultural Research*, 7 (17): 2609-2621.
- Muscolo, A., Bovalo, F., Gionfriddo, F. and Nardi, S. 1999. Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. *Soil Biology and Biochemistry*, 31 (9): 1303-1311.
- Narender, P., Malik, T. P. and Mangal, J. L. 2002. Effect of FYM and vermicompost on tomato (*Lycopersicon esculantum* Mill VAR.SEL-7). XXVth International Horticultural Congress. Toronto, Canada. *Horticulture Art and Science for life*.
- Narkhede, S. D., Attarde, S. B. and Ingle, S. T. 2011. Study on the effect of chemical fertilizer and vermicompost on growth of chilli pepper plant (*Capsicum annum*). *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation*, 6 (3): 327-332.
- Ousley, M. A., Lynch, J. M. and Whipps, J. M. 1994. Potential of *Trichoderma* spp. as consistent plant growth stimulators. *Biology and Fertility of Soils*, 17 (2): 85-90.
- Papavizas, G. and Lumsden, R. 1982. Improved medium for isolation of *Trichoderma* spp. from soil [Fungi]. *Plant Diseases (USA)*, 12 (7): 187-189.
- Pedra, F., Polo, A., Ribeiro, A. and Domingues, H. 2007. Effects of municipal solid waste compost and sewage sludge on mineralization of soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 39 (6): 1375-1382.
- Pourmorad, F., Hosseinimehr, S. J. and Shahabimajd, N. 2006. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*, 5 (11): 1142-1145.
- Samuels, G. J. 1996. *Trichoderma*: a review of biology and systematics of the genus, *Mycological Research*, 100 (8): 923-935.
- Senesi, N., Saiz-Jiminez, C. and Miano, T. 1992. Spectroscopic characterization of metal-humic acid-like complexes of earthworm-composted organic wastes. *Science of the total Environment*, 117: 111-120.
- Singh, R., Sharma, R., Kumar, S., Gupta, R. and Patil, R. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Bioresource Technology*, 99 (17): 8507-8511.
- Singh, V., Singh, P., Yadav, R., Awasthi, S., Joshi, B., Singh, R. and Duttamajumder, S. 2010. Increasing the efficacy of *Trichoderma harzianum* for nutrient uptake and control of red rot in sugarcane. *Journal of Horticulture and Forestry*, 2 (4): 66-71.
- Sousa, C., Pereira, D. M., Pereira, J. A., Bento, A., Rodrigues, M. A., DopicGarcia, S., Valenta, O. P., Lopes, G., Ferreres Federico Seabra, R. M. and Andrade, P. B. 2008. Multivariate analysis of tronchuda cabbage (*Brassica oleracea* L. var. costata DC) phenolics:influence of fertilizers. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56 (2): 2231-2239.
- Theunissen, J., Ndakidemi, P. and Laubscher, C. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *International Journal of Physical Sciences*, 5 (13): 1964-1973.
- Upadhyaya, S., Mahanta, J. J. and Saikia, L. R. 2011. Antioxidant activity, phenol and flavonoid content of a medicinalherb *Andrographis paniculata* (Burm. F.) Nees grown using different organicmanures. *Journal of Pharmacy Research*, 4 (3): 614-616.
- Vinale, F., Ambrosio, G. D., Abadi, K., Scala, F., Marra, R., Turrà, D. and Lorito, M. 2004. Application of *Trichoderma harzianum* (T22) and *Trichoderma atroviride* (P1) as plant growth promoters, and their compatibility with copper oxychloride. *Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences)*, 30 (4): 425-425.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Woo, S. L. and Lorito, M. 2008. *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, 40 (1): 1-10.
- Yedidia, I., Srivastva, A. K., Kapulnik, Y. and Chet, I. 2001. Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant and soil*, 235 (2): 235-242.
- Yedidia, I., Benhamou, N. and Chet, I. 1999. Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 65 (3): 1061-1070.

Investigation of Growth Changes of Lettuce (*Lactuca sativa*) Cultivar (*Green Tower Mi*) under the Treatment of *Trichoderma* and Vermicompost

Ahooi¹, Sh., Ajdanian¹, L., Nemati², H. and Aroiee^{3*}, H.

Abstract

Trichoderma and vermicompost are important factors in improving and indirect growth stimulants in a variety of crops and orchards. This study is a factorial experiment based on a completely randomized design, under soilless cultivation conditions in the greenhouse, with 4 concentrations of *Trichoderma harizianum* isolate Bi: 0% (control), 10%, 20%, and 30% by volume of 60 liters of water and two levels of vermicompost: Control (no use of vermicompost) and 50% of pot volume (cocopeat and perlite (2:1)) with 6 replications were established by studying the effect on morphological properties of lettuce cultivar (*Green Tower Mi*). The highest weight of stem, leaf, and root based on the results of the 10% fungus concentration treatment was observed at the highest levels of 363.75 g, 325.08 g, and 26.35 g, respectively. Also, in the application of vermicompost, the heavier stem fresh weight (377.41 g), leaf fresh weight (348.87 g), and root fresh weight (24.11 g) had the highest weight compared to non-application. The highest number of leaves (36), stem diameter (20.64 mm), and leaf area (211.25 cm² g) were observed in fungal treatment with a concentration of 10%. The antioxidant activity of lettuce treated with vermicompost increased by 25.34% compared to the control. Therefore, with the positive effect of vermicompost and *Trichoderma* on the growth properties of lettuce, the use of these two treatments in planting this plant is recommended. Also, because there was no significant difference between the high levels of the fungus, it is possible to achieve the desired result with fewer savings and costs, even with a concentration of 10% fungus.

Keywords: Growth improvement, Fungi, Lettuce, Biostimulants

1, 2, and 3. PhD Student, Assistant Professor and Associate Professor, Respectively, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

*: Corresponding author Email: aroiee@um.ac.ir