بررسی کارایی و سطوح مناسب ورمی کمپوست و کمپوست زباله شهری در جذب عناصر غذایی و عملکرد کلزا تحت شرایط تنش خشکی

مهدی رشتبری[۱]* و حسینعلی علیخانی[۲]

۱*- **نویسنده مسؤول:** دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران
(mehdi_rashtbari@ut.ac.ir)
۲- دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت:۹۰/۸/۱۷ تاریخ پذیرش:۹۰/۱۲/۲۴

چکیده

به منظور تعیین کارایی و سطوح مناسب مصرف کودهای زیستی کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست بر دسترسی گیاه کلزا به عناصر غذایی، رشد و عملکرد آن تحت شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. تیمارها عبارتند از آبیاری در سه سطح: بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید و سطوح مختلف کمپوست و ورمی کمپوست در پنج سطح شامل: عدم کاربرد کود زیستی (شاهد)، کاربرد دو و چهار درصد کمپوست زباله شهری و کاربرد دو و چهار درصد ورمی کمپوست بودند. نتایج نشان داد که اثر سطوح آبیاری و کود زیستی بر جذب عناصر، رشد و عملکرد گیاه معنی دار بود، همچنین اثر متقابل آبیاری در کود زیستی نیز برای تمامی صفات به جز نیتروژن و روی معنی دار شد. نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که تنش ملایم و شدید باعث کاهش درصد نیتروژن، فسفر، آهن، و عملکرد دانه کلزا و افزایش درصد پتاسیم و سدیم در اندام هوایی نسبت به بدون تنش گردید. تیمار چهار درصد ورمی کمپوست در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و شدید سبب افزایش زیتوده، عملکرد و جذب عناصر غذایی به جز عنصر روی نسبت به سایر تیمارها شد. در کل می توان نتیجه گرفت که کودهای زیستی و بویژه ورمی کمپوست نقش مثبتی در رشد و عملکرد گیاه در شرایط تنش خشکی دارند.

کلید واژه ها: تنش خشکی، جذب عناصر، کمپوست، ورمی کمپوست

مقدمه

روند افزایش مستمر در تقاضا و افزایش قیمت محصولات، کشاورزان را مجبور به کاربرد روش های مدیریتی فشرده کرده که هدف آن افزایش تولید محصولات زراعی است (بورگارد و همکاران[1]،۲۰۰۸). این نوع کشاورزی فشرده برای جبران کمبود عناصر غذایی در خاک، با مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی، علاوه بر هزینه زیاد، به دلیل بازدهی کم و بر هم زدن تعادل عناصر غذایی خاک، می تواند باعث کاهش عملکرد گیاهان زراعی شود. از این رو کشاورزی پایدار به دلیل علاقه فزآینده به حفاظت منابع طبیعی، کاهش تخریب زیست محیطی و افزایش هزینه کودها، بویژه به منظور تولید در کشورهای در حال توسعه مورد توجه بسیاری قرار گرفته است (درزی و همکاران، ۱۳۸۷؛ راثی پور و علی اصغر زاده، ۱۳۸۶).

امروزه کاربرد روش های زیستی به عنوان طبیعی-ترین و مطلوب ترین راه حل برای زنده و فعال نگه داشتن سیستم حیاتی خاک در اراضی کشاورزی، مطرح

1- Beauregard *et al.*

می باشد (درزی و همکاران، ۱۳۸۸). استفاده از اصلاح کننده های آلی مانند انواع کمپوست به دلیل مقادیر قابل توجه ماده آلی ابزار موثری برای بهبود خاکدانه سازی، ساختمان خاک، افزایش جمعیت و تنوع میکروبی، افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و افزایش ظرفیت تبادلی کاتیون ها در خاک و افزایش فراهمی عناصر غذایی می باشد (آزرمی و همکاران[1]، ۲۰۰۸؛ لخدارو همکاران[2] ، ۲۰۰۹). علاوه بر این کمپوست زباله شهری در خاک های کشاورزی می تواند به افزایش فراهمی عناصر غذایی (ژلیازکوف و وارمن[3]، ۲۰۰۴)، افزایش ریزموجودات مفید و کاهش عوامل بیماری زای گیاهی کمک کند (مادرید و همکاران[4]، ۲۰۰۷). شریفی و همکاران (۱۳۸۹) بیش ترین مقدار آهن و روی در اندام هوایی گل جعفری را در تیمار کمپوست زباله شهری گزارش نمودند.

ورمی‌کمپوست، کود زیستی غنی شده با ریزموجودات مفید بوده و دارای مقادیر قابل‌توجه عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می باشد (سینا و همکاران[5]، ۲۰۱۰). پارتاسارتی و همکاران[6] (۲۰۰۸) نشان دادند که ورمی کمپوست دارای فعالیت میکروبی و آنزیمی بالا و حاوی مقادیر زیادی از مواد تنظیم کننده رشد گیاه می باشد و استفاده و مدیریت مناسب این مواد می تواند با بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه اثرات مفیدی را روی رشد و عملکرد گونه های گیاهی داشته باشد. شعبانی و همکاران[7] (۲۰۱۱) نشان دادند که کمپوست زباله شهری باعث افزایش معنی دار رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی در برنج می گردد. در همین راستا برخی از محققان بیان کردند که ورمی‌کمپوست و کمپوست قادرند با تامین بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه استفاده از کودهای شیمیایی را کاهش دهند (جات و اهلاوات[8]، ۲۰۰۸).

با توجه به اهمیت گیاه کلزا در برنامه خود کفایی کشور در زمینه استحصال روغن و همچنین رویکرد جوامع بین المللی به حفاظت از منابع طبیعی در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی استفاده از کودهای زیستی از جمله کمپوست و ورمی کمپوست می تواند به عنوان ابزاری مفید و کارآمد در کشاورزی پایدار به شمار آید. از این رو با توجه به گستردگی نواحی خشک کشور، زیان های ناشی از خشکسالی ها و نیاز به تامین روغن و پروتئین گیاهی مورد نیاز کشور، این پژوهش به منظور بررسی کارایی و تعیین مناسبترین سطوح مصرف دو کود کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست به عنوان کودهای زیستی روی جذب عناصر غذایی و عملکرد گیاه کلزا در شرایط تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال ۱۳۸۸ انجام شد. تیمارها شامل سه سطح تنش (I) شامل I_1: بدون تنش (آبیاری در ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه (FC))، I_2: تنش ملایم (آبیاری در ۵۵ درصد رطوبت FC)، I_3: تنش شدید (آبیاری در ۳۵ درصد رطوبت FC)؛ و کود زیستی (CV) در پنج سطح شامل: عدم مصرف کود زیستی به عنوان شاهد، مصرف دو و چهار درصد کمپوست و مصرف دو و چهار درصد ورمی کمپوست بود. نحوه اعمال تیمارها برای هر سطح آبیاری در طول دوره رشد بدین صورت بود که هر دو روز یکبار رطوبت هر گلدان به صورت وزنی کنترل شده

1- Azarmi *et al.*
2- Lakhdar *et al.*
3- Zheljazkov & Warman
4- Madrid *et al.*
5- Sinha *et al.*
6- Parthasarathi *et al.*
7- Shabani *et al.*
8- Jat & Ahlawat

و تیمارهای تنش اعمال گردیدند. همچنین براساس نسبت وزنی خاک گلدان ها میزان دو و چهار درصد کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست معادل ۱۰۰ و ۲۰۰ گرم در گلدان های پنج کیلوگرمی قبل از کاشت گیاه به خاک گلدان اضافه شده و به خوبی با آن مخلوط شدند. کمپوست زباله شهری از مرکز بازیافت زباله شهری شهرداری تهران و ورمی کمپوست از ایستگاه تحقیقاتی ورمی کمپوست پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران تهیه گردید.

خاک مورد استفاده در این بررسی از مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در دولت آباد کرج با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۱۲ متر از سطح دریا تهیه و به گلخانه انتقال داده شد. برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک شامل بافت به روش هیدرومتر، pH با دستگاه pH متر، قابلیت هدایت الکتریکی با استفاده هدایت سنج در عصاره اشباع، درصد رطوبت اشباع خاک با استفاده از گل اشباع در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد، وزن مخصوص ظاهری خاک با روش پارافین مذاب، کربنات کلسیم با روش کلسیمتری، نیتروژن کل با روش کجلدال، فسفر قابل جذب با روش اولسن، عصاره گیری پتاسیم با استات آمونیوم یک نرمال و قرائت مقدار آن با دستگاه فلیم‌فتومتر و کربن آلی خاک با روش والکلی و بلک اندازه گیری شد (پیج[1]، ۱۹۸۲) (جدول ۱). همچنین برخی از خصوصیات کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست نیز با روش های فوق اندازه گیری و نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است.

پس از آماده سازی گلدان ها، کاشت به صورت پنج بوته در گلدان های پنج کیلوگرمی پلاستیکی با دست صورت گرفت. بعد از استقرار کامل بوته ها، با عمل تنک کردن، تعداد گیاه به سه بوته در هرگلدان کاهش یافت. درجه حرارت روز و شب گلخانه در طی آزمایش به ترتیب در حد ۲۸ و ۲۰ درجه سانتی گراد تنظیم شد. در این تحقیق از کلزا رقم ساری گل استفاده گردید. بوته های کلزا روزانه در معرض ۱۴ ساعت روشنایی قرار داشتند. دوره رشد گیاه نیز پنج ماه به طول انجامید. در پایان دوره رشد زایشی، عمل برداشت انجام و بوته های کلزا از ریشه جدا و پس از توزین و به منظور اندازه گیری وزن خشک اندام هوایی در آون و در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند. برای اندازه گیری نیتروژن کل و فسفر در نمونه های گیاهی به ترتیب از روش های کجلدال و روش رنگ سنجی زرد وانادات- مولیبدات استفاده گردید (امامی، ۱۳۷۵). برای اندازه گیری سدیم، پتاسیم، آهن و روی در اندام هوایی گیاهان، از روش سوزاندن خشک و حل کردن در اسید کلریدریک استفاده شد. میزان سدیم و پتاسیم در نمونه های گیاهی عصاره گیری شده توسط دستگاه فلیم فتومتر تعیین شده و برای تعیین غلظت آهن و روی از دستگاه جذب اتمی استفاده گردید (گوپتا[2]، ۲۰۰۰).

داده ها با نرم افزار SAS تجزیه شدند و مقایسه میانگین ها نیز با روش آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد توسط نرم افزار MSTAT-C انجام شد.

نتایج و بحث

نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سدیم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سدیم نشان داد که بین سطوح مختلف تنش و کود زیستی در کلیه این صفات اختلاف آماری معنی داری وجود داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که سطوح تنش باعث کاهش میزان صفات اندازه گیری شده گشت و همچنین تیمارهای کود زیستی نسبت به تیمار شاهد یا عدم مصرف کود زیستی

1- Page

2- Gupta

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک

pH	EC (دسی زیمنس بر متر)	کربن آلی (گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن کل (گرم بر کیلوگرم)	فسفر (گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (گرم بر کیلوگرم)	کربنات کلسیم (گرم بر کیلوگرم)	بافت	رطوبت ظرفیت زراعی (٪)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)
۸/۱	۱/۹۵	۰/۷۵	۰/۸۲	۱۹/۹	۲۹۰	۷۰	لوم رسی	۲۲	۱/۵۲

جدول ۲- برخی خصوصیات شیمیایی کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست

	pH	EC (دسی زیمنس بر متر)	کربن آلی (گرم بر کیلوگرم)
ورمی کمپوست	۷/۵	۵/۰۳	۹۴
کمپوست زباله شهری	۸/۱	۵/۴۶	۱۲۲

باعث افزایش صفات اندازه گیری شده گردیدند. بیش ترین مقدار نیتروژن در تیمار بدون تنش به دست آمد و در مورد کودهای زیستی نیز تیمار چهار درصد ورمی‌کمپوست دارای بیش ترین مقدار نیتروژن بود (جدول ۴). جی و همکاران[1] (۲۰۱۰) نشان دادند که تنش خشکی سبب کاهش جذب نیتروژن و فسفر در گیاه می گردد. کاهش مقدار نیتروژن در گیاه در نتیجه تنش خشکی احتمالا به دلیل دسترسی کم این عنصر برای گیاه (کرناک و همکاران[2]، ۲۰۰۱) در نتیجه‌ی کاهش تحرک آن در شرایط تنش خشکی می‌باشد (سینگ و سینگ[3]، ۲۰۰۹). غلامی و راهمی[4] (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که با افزایش شدت تنش خشکی میزان پتاسیم در اندام هوایی به صورت معنی داری افزایش می یابد، که دلیل این امر می تواند به علت نقش این کاتیون ها در تنظیم فشار اسمزی و کنترل روزنه ای باشد (آخوندی و همکاران، ۱۳۸۵).

اثر متقابل تنش در کود زیستی برای فسفر، پتاسیم و سدیم در سطح یک درصد معنی دار و برای نیتروژن معنی دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین ها نشان دادند که بیش ترین مقدار نیتروژن و فسفر در تیمار بدون تنش و کاربرد چهار درصد ورمی کمپوست مشاهده شد. بیش ترین مقدار پتاسیم و سدیم نیز مربوط به تیمار تنش شدید و کاربرد چهار درصد ورمی کمپوست بود. در شرایط تنش شدید مقدار پتاسیم در نتیجه کاربرد دو درصد ورمی کمپوست اختلاف معنی داری با کمپوست زباله شهری در سطح چهار درصد نداشت (شکل ۱). استفاده از تیمارهای کمپوست و ورمی کمپوست در هر سه سطح تنش باعث افزایش جذب عناصر غذایی نسبت به تیمار فاقد کود زیستی گردید. افزایش جذب عناصر غذایی مشاهده شده در تیمارهای ورمی کمپوست تحت شرایط تنش خشکی می تواند به دلیل وجود هورمون های خاص گیاهی تولید شده توسط ریزموجودات باشد. مقادیر بیش تر آنزیم های خاک، مواد آلی و ریز موجودات خاک زی در مدفوع کرم (ورمی کمپوست) شرایط مناسبی را در خاک برای معدنی شدن و انتقال سریع عناصر غذایی فراهم می آورد (سوریندرا[5]، ۲۰۰۹). علیرغم مقادیر متغیر عناصر غذایی در این کودهای

1- Jie *et al.*
2- Kirnak *et al.*
3- Singh & Singh
4- Gholami & Rahemi
5- Surindra

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس پارامترهای مورد مطالعه در بررسی کارایی و سطوح مناسب کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست تحت شرایط تنش خشکی در گیاه کلزا

		میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	سدیم	آهن	روی	وزن خشک اندام هوایی	نسبت اندام هوایی به ریشه	عملکرد دانه
بلوک	۳	۰/۰۰۶ns	۰/۰۰۰۳ns	۰/۰۴*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۰۰۰۲ns	۰/۰۰۰۰۰۰۰۵ns	۴/۶ns	۴/۶**	۰/۴۵**
تنش (I)	۲	۰/۹**	۰/۰۷**	۳/۲**	۰/۰۲**	۰/۰۰۱۳**	۰/۰۰۰۰۰۰۲*	۲۹۷/۷**	۴/۳**	۳۰/۷**
کود زیستی	۴	۱/۸**	۰/۰۴**	۳/۶**	۰/۰۱**	۰/۰۰۰۱۵**	۰/۰۰۰۰۲**	۱۹/۷**	۶/۷**	۱۲/۷**
I×CV	۸	۰/۰۱ns	۰/۰۰۱**	۰/۱۱**	۰/۰۱**	۰/۰۰۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ns	۶/۴**	۳/۱۳**	۰/۵**
خطا	۴۲	۰/۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۴	۱/۷	۰/۷۱	۰/۰۷۹
ضریب تغییرات	-	۸/۶	۵/۹	۴/۳	۷/۹	۷/۹	۶/۲	۹/۷	۱۵/۳۹	۷/۳۷

** ، * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و غیرمعنی دار.

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده نیتروژن و روی در بررسی کارایی و سطوح مناسب کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست تحت شرایط تنش خشکی در گیاه کلزا

	تنش			کود زیستی				
	بدون تنش (٪۷۵FC)	تنش ملایم (٪۵۵FC)	تنش شدید (٪۳۵FC)	عدم مصرف کود (شاهد)	ورمی کمپوست ٪ ۲	ورمی کمپوست ٪ ۴	کمپوست ٪ ۲	کمپوست ٪ ۴
نیتروژن (گرم بر کیلوگرم)	۱۷a	۱۵b	۱۳c	۸/۷c	۱۴/۶b	۱۸/۴a	۱۵b	۱۷/۷a
روی (میلی گرم بر کیلوگرم)	۳۴/۷a	۳۳/۶ab	۳۲/۶b	۱۹/۲e	۲۴/۳d	۴۳/۹b	۳۲/۱c	۴۸/۷a

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

زیستی که وابسته به منبع مواد کمپوستی می باشد، کمپوست و ورمی کمپوست می توانند به عنوان یک کود کندرهای حاوی عناصر غذایی عمل کرده و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را در شرایط تنش تامین کنند (لازکانو و همکاران[1]، ۲۰۰۹).

آهن و روی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس عناصر کم نیاز آهن و روی نشان دادند که بین سطوح مختلف تنش برای آهن در سطح احتمال یک درصد و برای روی در سطح احتمال پنج درصد اختلاف آماری معنی دار وجود دارد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد که بیش ترین مقدار عناصر آهن و روی مربوط به تیمار بدون تنش بوده و البته برای عنصر روی اختلاف معنی داری بین تنش ملایم و شدید مشاهده نشد. تیمار چهار درصد کمپوست زباله شهری بیش ترین مقدار روی در اندام هوایی را داشت که اختلاف آن با سایر تیمارهای کود زیستی معنی دار بود (جدول ۴). نتایج بررسی های مختلف نیز کاهش جذب آهن (براون و همکاران[2]،

1- Lazcano *et al.*

2- Brown *et al.*

۲۰۰۶) و روی (گونس[1] و همکاران، ۲۰۰۶) در شرایط تنش شدید خشکی را نسبت به تیمار بدون تنش گزارش نمودند. کاهش جذب آهن و روی در تنش خشکی شدید می‌تواند در نتیجه کاهش دسترسی این عناصر در خاک باشد (گونس و همکاران، ۲۰۰۶). افزودن کودهای زیستی ورمی کمپوست و کمپوست زباله شهری با افزایش ماده آلی خاک و متعاقب آن افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، دسترسی و جذب عناصر روی و آهن را افزایش می یابد (کرامتی و همکاران[2]، ۲۰۱۰). بررسی ها نشان داده است که مقادیر فلزات سنگین نظیر عنصر روی در کمپوست زباله شهری بیش تر می باشد (باتاچاریا و همکاران[3]، ۲۰۰۶) و از آنجایی که مقدار کل روی در کود زیستی عاملی موثر در افزایش دسترسی آن برای گیاه می باشد، از این رو به نظر می رسد کمپوست زباله شهری با دارا بودن مقادیر قابل توجه عنصر روی، مقدار آن در خاک را افزایش داده و باعث افزایش جذب آن توسط گیاه در این مطالعه شده باشد.

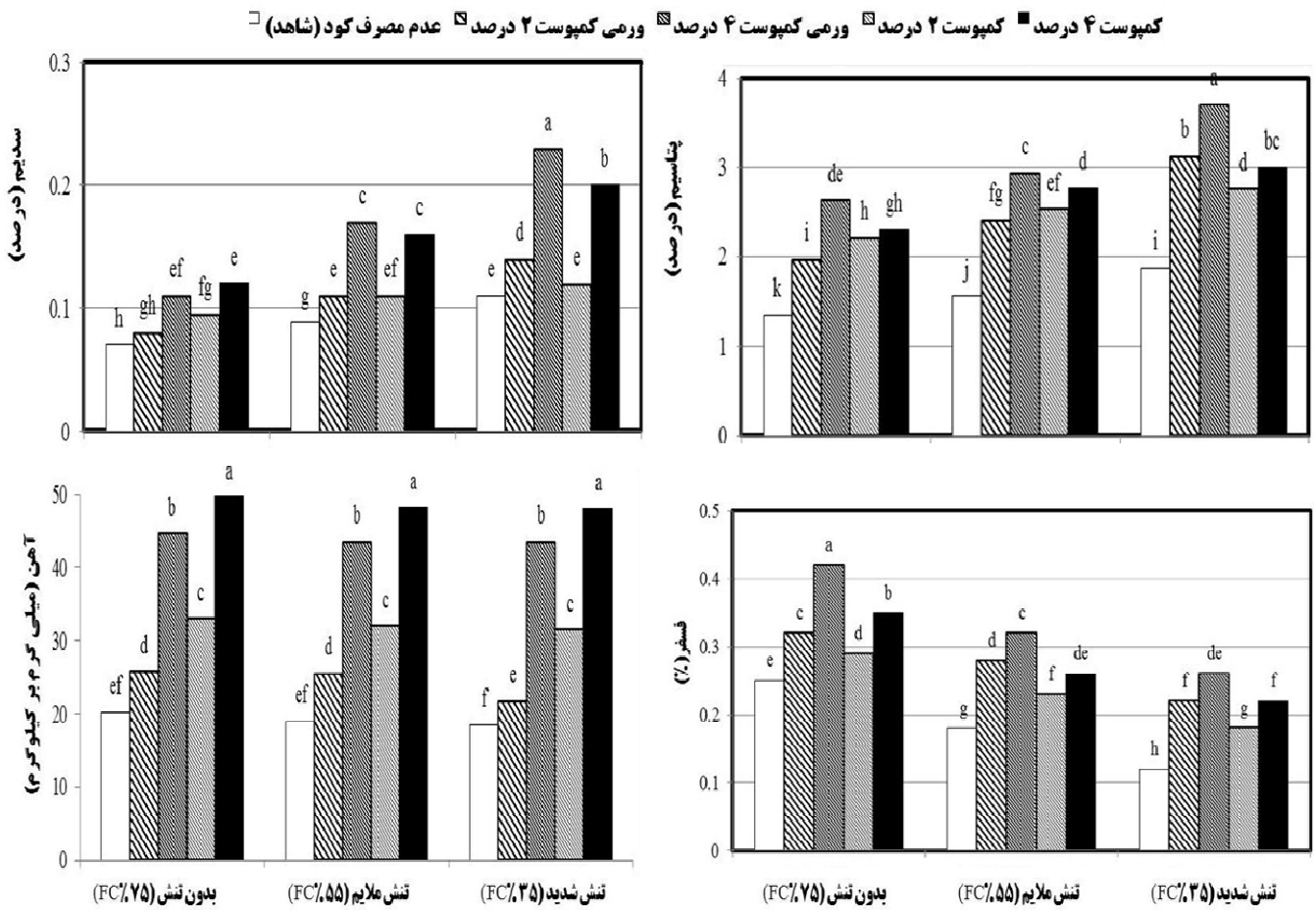
اثر متقابل آبیاری در کود زیستی برای آهن در سطح احتمال یک درصد معنی دار بوده و اختلاف معنی داری برای عنصر روی مشاهده نشد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که بیش ترین مقدار آهن از تیمار بدون تنش و کاربرد چهار درصد ورمی کمپوست به دست آمد. از نظر مقدار روی جذب شده در اندام هوایی، بین تیمارهای کاربرد چهار درصد کمپوست زباله شهری در سه سطح تنش اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱).

افزایش جذب عناصر آهن و روی توسط گیاه به مقدار آنها در کود کمپوستی، معدنی شدن ماده آلی، کاهش pH خاک به واسطه تولید اسیدهای آلی در کودهای زیستی و افزایش تشکیل کمپلکس های عناصر غذایی ریزمغذی بستگی دارد (باروآچ و آتاکور[4]، ۱۹۹۸). کمپوست و ورمی کمپوست عناصر غذایی را به فرم قابل جذب برای گیاه تبدیل کرده و جذب آنها را افزایش می دهند و نقش مهمی در بهبود شاخص های رشد و عملکردی گیاه ایفا می کنند (امیر و اسحاق[5]، ۲۰۱۱). سادج و نامیوتکو[6] (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که استفاده از کمپوست زباله شهری باعث افزایش مقدار روی در ذرت و آفتابگردان می گردد.

وزن خشک اندام هوایی، نسبت اندام هوایی به ریشه و عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان دادند که اثر تنش و کود زیستی از نظر صفات وزن خشک اندام هوایی، نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار می-باشد (جدول ۳). پاک نژاد و همکاران[7] (۲۰۰۷) نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش معنی دار عملکرد دانه در گیاهان زراعی می گردد. آبیاری کافی در مرحله رویشی باعث توسعه بهینه سطح برگ ها و فتوسنتز گیاه می گردد. تنش خشکی ضمن کاهش زیتوده، سطح برگ ها و پیری زودرس آنها، باعث افت عملکرد دانه نیز می گردد (رشدی و همکاران، ۱۳۸۵)؛ همچنین بررسی ها نشان داده اند که استفاده از کودهای زیستی کمپوستی و غیر کمپوستی باعث افزایش زیتوده و عملکرد دانه در گیاه می گردد (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۹؛ پیردشتی و همکاران[8] ، ۲۰۱۰). استفاده از ورمی کمپوست اثرات مثبتی روی ماده خشک، عملکرد دانه، میزان پروتئین و جذب عناصر غذایی توسط گیاه دارد.

1- Gunes *et al.*
2- Keramati *et al.*
3- Bhattacharyya *et al.*
4- Baruach & Athakur
5- Amir & Ishaq
6- Sadej & Namiotko
7- Paknejad *et al.*
8- Pirdashti *et al.*

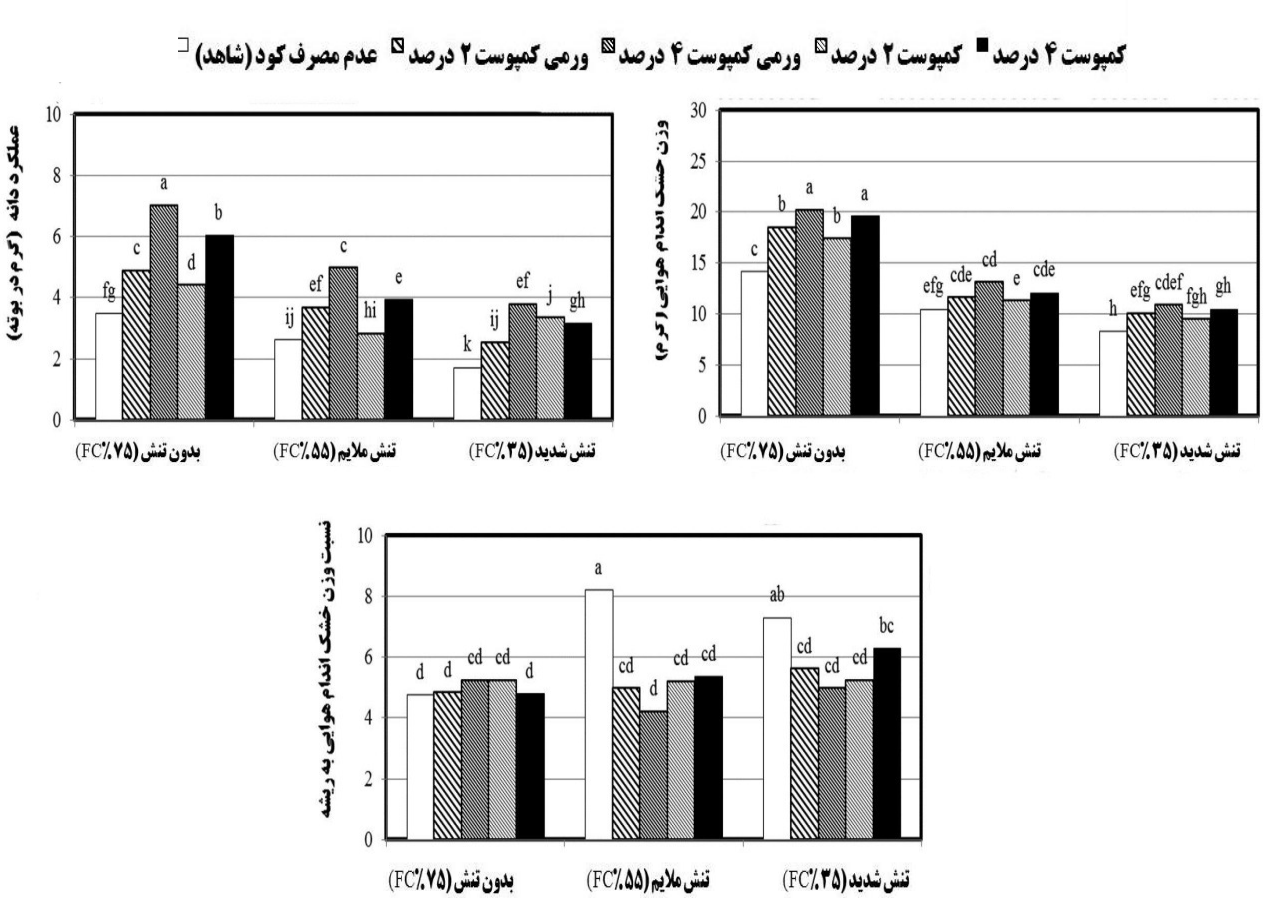


شکل ۱- اثرات متقابل عناصر فسفر، پتاسیم، سدیم و آهن در بررسی کارایی و سطوح مناسب کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست با تنش خشکی در گیاه کلزا

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ ٪ تفاوت معنی داری ندارند.

اثر مطلوب ورمی کمپوست نسبت به کمپوست زباله شهری احتمالا به دلیل مقادیر نسبتا بالاتر عناصر غذایی است و از این رو افزایش فراهمی عناصر غذایی کم‌نیاز و نیاز می‌باشد (جات و اهلاوات، ۲۰۰۸).

اثر متقابل تنش در کود زیستی نیز برای صفات وزن خشک اندام هوایی، نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). حداکثر مقدار مشاهده شده از صفات وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید از کاربرد تیمار چهار درصد ورمی کمپوست به دست آمد (جدول ۴). بیش ترین میزان نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه نیز در شرایط بدون تنش از تیمار چهار درصد ورمی کمپوست، و در شرایط تنش ملایم و تنش شدید خشکی نیز حداکثر این مقدار از تیمار عدم مصرف کود زیستی (شاهد) حاصل گردید (شکل ۲). تحت شرایط تنش



شکل۲- اثرات متقابل صفات مورد مطالعه در بررسی کارایی و سطوح مناسب کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست تحت شرایط تنش خشکی در گیاه کلزا

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

خشکی، فرآورده های فتوسنتزی بیش تری به ریشه ها تخصیص داده شده و انتقال مواد جذب شده از اندام هوایی به ریشه کاهش می یابد (مستجران و رحیمی[1]، ۲۰۰۸). تیمارهای کمپوستی به سبب بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک (سادج ونامیوتکو، ۲۰۱۰) باعث افزایش رشد ریشه شده و گیاه در پاسخ به تنش خشکی، میزان جذب آب را از طریق حفظ نسبی رشد و افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی افزایش داده و لذا آب قابل دسترس خاک در اختیار گیاه قرار می گیرد (مستجران و رحیمی، ۲۰۰۸). ورمی کمپوست نسبت به کمپوست زباله شهری به دلیل وجود قارچ، باکتری، مخمر و اکتینومیست ها فعالیت میکروبی بیش تری دارد که این ریز موجودات می توانند علاوه بر بهبود جذب عناصر غذایی، از طریق تولید تنظیم کننده های رشد گیاهی نظیر اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها، اتیلن و اسید آبسیزیک تاثیر مثبتی روی رشد و عملکرد گیاه داشته باشند (جوشی و پالویگ[2]، ۲۰۱۰).

1 - Mostajeran & Rahimi

2- Joshi & Palvig

نتیجه گیری

نتایج آزمایش نشان دهنده تاثیر مثبت کودهای زیستی کمپوست زباله شهری و خصوصا ورمی کمپوست در افزایش زیتوده و عملکرد و جذب عناصر غذایی بود. کاربرد چهار درصد ورمی کمپوست در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و شدید باعث افزایش عملکرد و تمام عناصر غذایی به جز عنصر روی در اندام هوایی کلزا در مقایسه با سایر تیمارهای کود زیستی گشت، و در کل نیز کاربرد تیمار ورمی کمپوست نسبت به کمپوست زباله شهری از مزیت نسبی بیش تری در افزایش عملکرد کلزا برخوردار بود. بیش ترین مقادیر جذب روی در تیمار چهار درصد کمپوست زباله شهری مشاهده گردید. تحقیقات بیش تر و دقیق تری در زمینه احتمال سمیت عنصر روی کودهای کمپوستی و محدودیت آن در استفاده به عنوان کود زیستی مورد نیاز می باشد.

منابع

۱. آخوندی، م.، صفرنژاد، ع. و لاهوتی، م. ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی بر تجمع پرولین و تغییرات عناصر در یونجه های یزدی، نیک شهری و رنجر (Medicago Satvia L.) . علوم و فنون کشاورزی، ۱۰(۱):۱۷۴-۱۶۵.

۲. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش های تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره ۹۸۲. جلد اول. موسسه تحقیقات خاک و آب.

۳. بابائیان، م.، حیدری، م. و قنبری، ا. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی و محلول پاشی عناصر کم مصرف بر ویژگی های فیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در آفتابگردان (*Helianthus annus* L.). مجله علوم زراعی ایران، ۱۲ (۴): ۳۹۱-۳۷۷.

۴. درزی، م. ت.، قلاوند، ا. و رجالی، ف. ۱۳۸۷. بررسی اثر کاربرد میکوریزا، ورمی کمپوست و کود فسفات زیستی بر گلدهی، عملکرد بیولوژیک و همزیستی ریشه در گیاه دارویی رازیانه. مجله علوم زراعی ایران، ۱۰(۱): ۸۸-۱۰۹.

۵. درزی، م. ت.، قلاوند، ا. و رجالی، ف. ۱۳۸۸. تأثیر مصرف کودهای بیولوژیک بر روی جذب عناصر K، P، N و عملکرد دانه در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum Vulgare Mill*). فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۵ (۱): ۱-۱۹.

۶. راثی پور، ل. و علی اصغر زاده، ن. ۱۳۸۶. اثرات متقابل باکتری های *سودوموناس فلورسنس* و *Bradyrhizobiom japanicum* بر شاخص های رشد، غده بندی و جذب برخی عناصر غذایی در سویا. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱(۴): ۵۳-۶۳.

۷. رشدی، م.، حیدری شریف آباد، ح.، کریمی، م.، نور محمدی، ق. و درویش، ف. ۱۳۸۵. بررسی اثرات تنش کم آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام آفتابگردان. مجله علوم کشاورزی، ۱۲ (۱): ۱۰۹-۱۲۲.

۸. شریفی، م.، افیونی، م. و خوش گفتار منش، ا. ح. ۱۳۸۹. تأثیر لجن فاضلاب، کمپوست زباله شهری و کود گاوی بر رشد و عملکرد و جذب آهن، روی، منگنز و نیکل در گل جعفری. علوم و فنون کشت های گلخانه ای، ۱ (۲): ۴۳-۵۳.

9. Amir, K. and Ishaq, F. 2011. Chemical nutrient analysis of different composts (vermicompost and pitcompost) and their effect on the growth of a vegetative crop *Pisum sativum*. Asian Journal of Plant Science and Research, 1 (1):116-130.

10. Azarmi, R., Sharifi, Z., and Satari, M.R. 2008. Effect of vermicompost on growth, yield and nutrition status of tomato (*Lycopersicum esculentum*). Pakistan Journal of Biological Sciences, 11(14): 1797-1802.

11. Baruach, I.C., and Athakur, H.B. 1998. Handbook of Soil Analysis. Xia-Quan publishing house PVT Ltd, New Delhi, India, pp: 11-62.

12. Beauregard, M.S., Hamel, C. and St-Arnaud, M. 2008. Arbuscular mycorrhizal fungi communities in major intensive North American grain productions. Pp. 135-158. In: Siddiqui, Z.A., Akhtar, M.S., and Futai, K. (eds). Mycorrhizae: Sustainable agriculture and forestry, Springer Science+Business Media B. V.

13. Bhattacharyya, P., Chakraborty, A., Chakrabarti, K., Tripathy, S., and Powell, M.A. 2006. Copper and zinc uptake by rice and accumulation in soil amended with municipal solid waste compost. Environmental Geology, 49: 1064–1070.

14. Brown, C.E., Pezeshki, S.R., and DeLauneb, R.D. 2006. The effects of salinity and soil drying on nutrient uptake and growth of *Spartina alterniflora* in a simulated tidal system. Environmental and Experimental Botany, 58: 140–148.

15. Gholami, M., and Rahemi, M. 2010. Effect of water stress and recovery on water status and osmotic adjustments of miniature rose Meshkinjan. Research Journal of Environmental Sciences, 4(3): 288-293.

16. Gunes, A., Cicek, N., Inal, A., Eraslan, F., Guneri, E., and Guzelordu, T. 2006. Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre- and post-anthesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. Plant, Soil and Environment, 52(8): 368–376.

17. Gupta, P.K. 2000. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios pub. Bikaner, India.

18. Iannucci A., Russo, M., Arena, L., Di Fonzo, N., and Martiniello, P. 2002. Water deficit effects on osmotic adjustment and solute accumulation in leaves of annual clovers. European Journal of Agronomy, 16: 111–122.

19. Jat, R.S., and Ahlawat, I.P.S. 2008. Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. Journal of Sustainable Agriculture, 28(1): 41-54.

20. Jie, z., Yao, Y., John, G.S., and David, C.F. 2010. Influence of soil drought stress on photosynthesis, carbohydrates and the nitrogen and phosphorus absorb in different section of leaves and stem of ugi/M.9EML, a young apple seedling. African Journal of Biotechnology, 9(33): 5320-5325.

21. Joshi, R., and Palvig, A. 2010. Effect of vermicompost on growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicum esculentum* L). African Journal of Basic & Applied Sciences, 2 (3-4): 117-123.

22. Keramati, SH., Hoodaji, M., and Kalbasi, M. 2010. Effect of biosolids application on soil chemical properties and uptake of some heavy metals by *Cercis siliquastrum*. African Journal of Biotechnology, 9(44): 7477-7486.

23. Kirnak, H., Kaya, C., Tas, I., and David, H. 2001. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants. Bulgarian Journal of Plant Physiology, 27(3–4): 34–46.

24. Lakhdar, A., Walid, A., Montemurro, F., Jedidi, N., and Adelly, C. 2009. Effect of municipal solid waste compost and farmyard manure application on heavy-metal uptake in wheat. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 40: 3524–3538.

25. Lazcano, C., Arnold, J., Tato, A., Zaller, J.G., and Domínguez, J. 2009. Compost and vermicompost as nursery pot components: effects on tomato plant growth and morphology. Spanish Journal of Agricultural Research, 7(4): 944-951.

26. Madrid, F., Lopez, R., and Cabrera, F. 2007. Metal accumulation in soil after application of municipal solid waste compost under intensive farming conditions. Agriculture, Ecosystems and Environment, 119: 249–256.

27. Manivannan, S., Balamurugan, Parthasarathi, G., Gunasekharan and Ranganathan, R. 2009. Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity - beans (*Phaseolus vulgaris*) Journal of Environmental Biology, 30: 275-281.

28. Mostajeran, A., and Rahimi-Eichi, V. 2008. Drought stress effects on root anatomical characteristics of rice cultivars (*Oryza sativa* L.) Pakistan Journal of Biological Science, 11(18): 2173-2183.

29. Page, A.L. 1982. Methods of Soil Analysis. Agronomi 9, ASA, SSSA, Madison, Wiscosin, USA.

30. Paknejad, F., Nasri, M., and Tohidi Moghadam, H.R. 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars, Journal of Biological Science, 7(6): 841-847.

31. Parthasarathi, K. Balamurugan, M., and Ranganathan L.S. 2008. Influence of vermicompost on the physico-chemical and biological properties in different types of soil along with yield and quality of the pulse crop-blackgram. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering, 5(1): 51-58.

32. Rahbarian, P., Afsharmanesh, G., and Shirzadi, M.H. 2010. Effects of drought stress and manure on relative water content and cell membrane stability in dragonhead (*Dracocephalum moldavica*), Plant Ecophysiology, 2: 13-19.

33. Pirdashti, H., Motaghian, A., Bahmanyar, M.A. 2010. Effects of organic amendments application on grain yield, leaf chlorophyll content and some morphological characteristics in soybean cultivars. Journal of Plant Nutrition, 33:485–495.

34. Sadej, W., and Namiotko, A. 2010. Content of zinc in plants fertilized with municipal solid waste and urban green waste composts. Journal of Elementol, 15(4): 679-692.

35. Shabani, H., Peyvast, G.A., Olfati, J.A., and Ramezani Kharrazi, P. 2011. Effect of municipal solid waste compost on yield and quality of eggplant. Comunicata Scientiae, 2(2): 85-90.

36. Singh, G., and Singh, B. 2009. Effect of varying soil water stress regimes on nutrient uptake and biomass production in *Dalbergia sissoo* seedlings in Indian desert. Journal of Forestry Research, 20(4): 307−313.

37. Sinha, R.K., Dalsukh, V., Krunal, C., and Sunita, A. 2010. Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using

earthworms: Reviving the dreams of Sir Charles Darwin. Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development, 2(7): 113-128.

38. Surindra S, 2009. Impact of vermicompost and composted farmyard manure on growth and yield of garlic (*Allium stivum* L.) field crop, International Journal of Plant Production, 3(1): 6814-1735.

39. Zheljazkov, V., and Warman, P.R. 2004. Source separated municipal soil waste compost application to Swiss chard and basil. Journal of Environmental Quality, 33: 542–552.