

تأثیر و کارایی کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست بر روی ویژگی های

مورفو - فیزیولوژیکی و عملکرد کلزا در شرایط تنش خشکی

مهدی رشتبری^{1*}، حسینعلی علیخانی²

تاریخ دریافت: 90/8/1 تاریخ پذیرش: 91/1/14

1- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

2- دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

* مسئول مکاتبه: E-mail: mehdi.rashtbari@gmail.com

چکیده

به منظور بررسی تأثیر و کارایی کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست بر روی خصوصیات مورفو- فیزیولوژیکی و عملکرد کلزا در شرایط تنش خشکی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. تیمارها عبارت از آبیاری در سه سطح شامل: آبیاری نرمال (0/75 FC)، تنش متوسط (FC) 0/55 و تنش شدید (0/35 FC)، و ترکیب کود زیستی 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 دادند که اثر سطوح آبیاری و کود زیستی روی کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود، همچنین اثر متقابل آبیاری در کود زیستی نیز برای تمام صفات به جز صفات نسبت سطح برگ و درصد نیتروژن گیاه معنی‌دار گشت. نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که تنش ملایم و شدید باعث کاهش رشد، درصد نیتروژن اندام هوایی، شاخص کلروفیل (SPAD)، محتوی نسبی آب و عملکرد دانه کلزا نسبت به آبیاری نرمال گشت. کاربرد چهار درصد ورمی کمپوست در شرایط آبیاری نرمال، تنش ملایم و شدید باعث افزایش رشد، زیست توده و عملکرد گیاه کلزا در مقایسه با سایر تیمارهای کود زیستی گشت و در کل نیز کاربرد تیمار ورمی کمپوست نسبت به کمپوست از مزیت نسبی بیشتری در افزایش عملکرد کلزا برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، کمپوست، صفات مورفو- فیزیولوژیکی، ورمی کمپوست

Effect and Efficiency of Municipal Solid Waste Compost and Vermicompost on Morpho-Physiological Properties and Yield of Canola under Drought Stress Conditions

M Rashtbari^{1*}, HA Alikhani²

Received: 23 October 2011 Accepted : 2 April 2012

¹MSc. Student, Department of Soil Science Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Karaj, Tehran University, Iran

²Assoc Prof, Department of Soil Sciences Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Karaj, Tehran University, Iran

*Corresponding author: Email: mehdi.rashtbari@gmail.com

Abstract

In order to study the effect and efficiency of municipal solid waste compost and vermicompost on morpho-physiological properties and yield of canola under drought stress conditions, an experiment was conducted as factorial arrangement based on randomized complete block design with four replications. Treatments consisted of three levels of irrigation, including: normal irrigation (0.75 FC), mild stress (0.55 FC) and severe stress (0.35 FC), and biofertilizer combination in five levels including: non-application of biofertilizer (control), application of municipal solid waste compost at two and four percent levels and application of vermicompost at two and four percent. Results showed that the effect of irrigation and biofertilizer levels in all traits was significant. The interaction of irrigation and biofertilizer had significantly affected on all traits except leaf area ratio and plant nitrogen percent. The results of mean comparison indicated that the mild and severe stress significantly reduced growth, nitrogen percentage, SPAD index, leaf relative water content and grain yield of canola compared to normal irrigation. Application of four percent vermicompost was resulted increase growth, biomass and yield of canola under normal irrigation, mild and severe drought stress compared to other biofertilizer treatments, and in generally, the efficiency of vermicompost in increase canola yield was more than waste compost.

Keywords: Compost, Morpho- physiological properties, Vermicompost, Water stress

مقدمه

کمپوست به عنوان کود زیستی را در رشد و بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه نشان داده است (هارگریوز و همکاران 2008). فرآیند تولید کمپوست به وسیله کرم‌ها یک تکنیک با ارزش، سریع و به صرفه (از نظر هزینه و زمان) برای مدیریت بهره برداری از بقایای آلی به منظور بازگرداندن بقایا به چرخه غذایی می‌باشد. ورمی کمپوست ظاهر و حالتی کاملاً متفاوت از مواد اولیه خود دارد. در طول فرایند تولید ورمی کمپوست توسط کرم‌ها سرعت تجزیه مواد آلی افزایش یافته و خواص فیزیکی و شیمیایی این مواد تغییر می‌کند و این مواد ناپایدار به طور هوازی اکسید شده و به حالت پایدار در می‌آیند (سوتار 2009). نیتروژن و فسفر پسماند و مواد دفعی کرم‌های کمپوستی اغلب به میزان پنج تا 11 برابر بیش از خاک بوده و سایر عناصر غذایی ماکرو و میکرو نیز در آن بیش از مقدار عناصر موجود در خاک می‌باشد، از طرفی ترشحات درون سیستم گوارشی کرم‌ها، قادر است عناصر غذایی با قابلیت دسترسی پایین را به صورت عناصر قابل دسترس برای جذب گیاه تبدیل کند (آرانکون و همکاران 2005).

سوهان (2008) گزارش داد که کاربرد تنها 2500 کیلوگرم ورمی کمپوست در هکتار در مزرعه گندم، نتیجه بهتری نسبت به کودهای شیمیایی در بر داشته است، همچنین ورمی کمپوست توانست نیاز آبی گیاه را حدوداً به میزان 40-30 درصد کاهش دهد. سینا و همکاران (2010) رشد قابل توجه ذرت و گندم در شرایط گلخانه‌ای را به علت مصرف ورمی کمپوست در مقایسه با کمپوست‌های متعارف و کودهای شیمیایی دانستند. روغنیان (1384) در بررسی تاثیر شیرابه زباله و کود کمپوست بر پاسخ‌های گیاه ذرت نشان داد که استفاده از کمپوست در هرسه سطح 15، 30 و 60 تن در هکتار باعث افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک گیاه گردید. نتایج آزمایش‌ها و بارکر (2004) نیز نشان دادند که کمپوست ضایعات کشاورزی باعث جذب مقادیر بالایی از عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ گیاه گوجه فرنگی می‌گردد.

گیاه کلزا از سال‌های گذشته وارد ایران شده و تحقیقات متعددی نیز روی آن انجام گرفته است. در سال‌های اخیر به دلیل توجه بیشتر به توسعه و ترویج کلزا سطح زیر کشت آن افزایش قابل ملاحظه ای یافته و در سال 1387-1388 به بیش از حدود 86 هزار هکتار رسیده و میزان کل تولید کشور نیز حدود 164 هزار تن برآورد شده است (بی نام 1390). ویژگی‌های گیاه کلزا و سازگاری آن با شرایط مختلف آب و هوایی، اهمیت این محصول را بیشتر نموده و بعنوان نقطه امیدیه جهت تامین روغن خوراکی مورد نیاز کشور به شمار می‌آید (فرزین و همکاران 1385).

کودهای شیمیایی بعنوان یکی از عوامل تاثیر گذار بر روی عملکرد گیاهان زراعی مطرح می‌باشند، ولی استفاده بیش از اندازه از آنها به ویژه هنگامی که با عملیات مدیریتی نامناسب مثل سوزاندن بقایای گیاهی همراه شوند، میزان ماده آلی خاک را به شدت کاهش می‌دهد. این موضوع روی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تاثیر گذاشته و امکان فرسایش خاک‌ها را افزایش می‌دهد. امروزه به دلیل افزایش اهمیت مسائل زیست محیطی توجه بیشتری به کودهای زیستی برای جایگزینی کودهای شیمیایی شده است (پیر انوشه و همکاران 1389).

از طرف دیگر افزایش روزافزون زباله‌های شهری و صنعتی و رها نمودن آن‌ها در زمین‌های اطراف شهرها، رودخانه‌ها، جنگل‌ها و مزارع، نیز به نوبه خود منجر به آلودگی زیست بوم‌های آبی-خاکی شده است. بازیافت زباله‌ها، بخصوص زباله‌های خانگی و تبدیل آنها به کمپوست می‌تواند راه حلی مناسب برای کاهش این مشکل باشد (هارگریوز و همکاران 2008).

تولید کمپوست می‌تواند به عنوان یک روش مدیریتی مناسب برای حذف مواد زاید جامد و تبدیل آن‌ها به موادی با ارزش محسوب شده و به عنوان ابزاری مناسب در کنترل انواع مختلف بقایا و کاهش مصرف کودهای معدنی به محصولات زراعی و افزایش جذب عناصر کم مصرف به وسیله گیاهان تلقی شود. انجام تحقیقات مختلف در این زمینه، برخی از تاثیرات مثبت

با آن مخلوط گردید. از گلدان‌های با ابعاد به قطر 15 سانتی متر و عمق 25 سانتی متر استفاده شد. ته هر گلدان پنج سوراخ به قطر یک سانتی‌متر ایجاد گردید. جهت زهکشی مناسب گلدان‌ها، لایه‌ای به ضخامت دو سانتی‌متر شن درشت در کف هر گلدان ریخته شد، سپس هر گلدان تا 2/5 سانتیمتری لبه بالایی آن، از خاک پر شد.

خاک مورد استفاده در این بررسی از مزرعه تحقیقاتی کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انتخاب گردید. خاک‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه، هوا خشک شده و پس از عبور از الک دو میلی متری برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن شامل بافت به روش هیدرومتر (گی و بودر 1986)، 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 105 درجه سانتی گراد، وزن مخصوص ظاهری خاک با روش پارافین مذاب (براوچ و آتاکور 1998)، کربنات کلسیم با روش کلسیمتری (احیایی و اصغرزاد 1373)، نیتروژن کل با روش کجدال (احیایی و اصغرزاد 1373)، فسفر قابل جذب با روش اولسن (گوپتا 2000)، پتاسیم با روش شعله سنجی (بولتز و هاول 1978) و کربن آلی خاک با روش والکی و بلک (1934) اندازه‌گیری شد. رطوبت ظرفیت مزرعه با استفاده از دستگاه صفحه فشاری تعیین گردید (جدول 1). همچنین برخی از خصوصیات کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست با روشهای متداول اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول 2 آورده شده است. گلدان‌ها پس از آماده‌سازی درون گلخانه قرار گرفتند. کاشت به صورت پنج بوته در گلدان‌های پلاستیکی پنج کیلوگرمی با دست صورت گرفت که بعد از استقرار کامل بوته‌ها، به سه بوته در هر گلدان تنک شد. در این تحقیق از رقم کلزا ساری گل استفاده گردید. دمای حداقل و حداکثر گلخانه به ترتیب 28 و 20 درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی حدود 55 تا 60 درصد بود،

با توجه به اهمیت گیاه کلزا در برنامه خود کفایی کشور در زمینه استحصال روغن و همچنین رویکرد جوامع بین‌المللی به حفاظت از منابع طبیعی در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی استفاده از کودهای زیستی از جمله کمپوست و ورمی کمپوست می‌تواند به عنوان ابزاری مفید و کارآمد در کشاورزی پایدار به شمار آید. از این رو هدف از این پژوهش مقایسه و تعیین سطوح مناسب کاربرد دو کود کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست به عنوان کودهای زیستی و آلی در بهبود ویژگی‌های مورفو-فیزیولوژیکی و عملکرد گیاه کلزا در شرایط تنش خشکی بوده است.

مواد و روش‌ها

این بررسی در سال 1388 در گلخانه گروه مهندسی علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش در این بررسی عبارت از سه سطح آبیاری (I) شامل I₁: آبیاری نرمال (آبیاری در 75 درصد رطوبت ظرفیت مزرعه (FC))، I₂: تنش ملایم (آبیاری در 55 درصد رطوبت FC)، I₃: تنش شدید (آبیاری در 35 درصد رطوبت FC)؛ به عنوان کرت‌های اصلی و بر اساس رطوبت وزنی گلدان‌ها محاسبه و اعمال گردید، و پنج سطح کود زیستی (BF) شامل عدم مصرف کود زیستی (BF₁) به عنوان شاهد، مصرف دو (BF₂) و چهار (BF₃) درصد ورمی کمپوست و مصرف دو (BF₄) و چهار (BF₅) درصد کمپوست در کرت فرعی قرار داده شدند.

نحوه اعمال تیمار آبیاری بدین گونه بود که در طول دوره رشد هر دو روز یکبار رطوبت هر گلدان به صورت وزنی کنترل و درصد رطوبت‌های مورد نظر برای هر سطح آبیاری اعمال گردید. همچنین نحوه اعمال تیمارهای کود زیستی بدین ترتیب بود که کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست به میزان دو و چهار درصد وزنی گلدان به ترتیب معادل 100 و 200 گرم در گلدان‌های پنج کیلوگرمی به خاک گلدان اضافه و

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک

| وزن مخصوص ظاهری (g/cm ³) | رطوبت ظرفیت زراعی (%) | بافت خاک | کربنات کلسیم (%) | K (mg/kg) | P (mg/kg) | N کل (%) | کربن آلی (%) | EC (dSm ⁻¹) | pH |
|--|--------------------------|-------------|---------------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|----------------------------|-----|
| 1/52 | 22 | لوم رسی | 7 | 290 | 19/9 | 0/082 | 0/75 | 1/95 | 8/1 |

جدول 2- برخی خصوصیات شیمیایی کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست

| ماده آلی (%) | کربن آلی (%) | EC (dSm ⁻¹) | pH |
|--------------|--------------|-------------------------|-----|
| 16/2 | 9/4 | 5/03 | 7/5 |
| 21/03 | 12/2 | 5/46 | 8/1 |

استفاده از نسبت سطح برگ به وزن خشک گیاه (کوچکی و سرمدنیا 1385) محاسبه گشت. درصد ماده خشک از رابطه [1] (ایرانی پور و همکاران 1386) و محتوی نسبی آب برگ (RWC) نیز از رابطه [2] (برتامینی و همکاران 2006) محاسبه شدند.

وزن خشک نمونه گیاه در دمای

$$RWC = \frac{75 \text{ درجه سانتی‌گراد (گرم)}}{\text{وزن تر نمونه گیاه (گرم)}} \times 100 \quad [1]$$

$$RWC = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر نمونه}}{\text{وزن خشک} - \text{وزن تورژسانس}} \times 100 \quad [2]$$

داده‌ها با نرم افزار SAS تجزیه شدند و مقایسه میانگین‌ها نیز با روش آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد توسط نرم افزار MSTAT-C محاسبه گردیدند.

نتایج و بحث

طول بوته، قطر ساقه، تعداد برگ، سطح برگ، محتوی نسبی آب برگ و نسبت سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی تیمارهای آبیاری و کود زیستی بر روی صفات طول بوته، تعداد برگ، سطح برگ، محتوی آب نسبی برگ و

همچنین بوته‌های کلزا روزانه در معرض 14 ساعت روشنایی (ترکیبی از لامپ فلورسنت و تنگستن) قرار داشتند (پیر انوشه و همکاران 1389). عملیات کشت گلخانه‌ای در دی ماه 1389 انجام شده و پس از دوره رشد پنج ماهه در اواخر اردیبهشت 1390 برداشت گردید.

در پایان دوره رشد، عمل برداشت انجام گشت و بوته‌های کلزا از بخش هوایی قطع شده و پس از توزین و به منظور اندازه گیری وزن خشک اندام ها در آون و در دمای 60 درجه سانتی‌گراد به مدت 72 ساعت قرار داده شدند. سطح برگ نیز توسط دستگاه اندازه گیری سطح برگ، مدل Delta T-Devices UK (Delta T Area Meter MK2) محاسبه گردید. همچنین از عدد SPAD (SPAD-502, Minolta, Japan) که توسط دستگاه اندازه‌گیری شد، به عنوان شاخصی برای میزان کلروفیل برگ کلزا در مرحله پر شدن دانه استفاده گردید. قرائت شاخص کلروفیل (SPAD) در سه برگ کاملاً توسعه یافته با موقعیت مشابه در هر گیاه و در سه نقطه از برگ (نوک، وسط و قاعده برگ) به عنوان معیار مربوط به هر برگ و میانگین سه برگ به عنوان معیار کلروفیل گیاه منظور گردید، در نهایت نیز میانگین قرائت دو بوته در گلدان به عنوان متوسط قرائت شاخص کلروفیل (SPAD) برای هر یک از تیمارها در نظر گرفته شد (خان و همکاران 2010). میزان نسبت سطح برگ، با

دادند که با افزایش شدت تنش آبی، میزان محتوی آب نسبی برگ کاهش می یابد. تارومینکنگ و کوتو (2003) دلایل کاهش محتوی آب نسبی برگ را تاخیر در رشد ریشه و فعالیت آن و همچنین افزایش میزان تبخیر و تعرق بیان نمودند. بنابراین به نظر می رسد که افزایش رشد گیاه در شرایط تنش خشکی به دلیل بهبود حاصله در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در نتیجه کاربرد کودهای زیستی کمپوست و ورمی کمپوست باشد (رهبریان و همکاران 2010). از آنجایی که رشد و نمو گیاه شدیداً وابسته به پارامترهای حاصلخیزی خاک می باشد (چاندا و همکاران 2011) به نظر می رسد که بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی بستر کشت به وسیله کمپوست زباله شهری (باچمن و متزگر 2007) و ورمی کمپوست (چاندا و همکاران 2011) دلیل افزایش رشد گیاه نسبت به تیمار شاهد می باشد. استوس و همکاران (2008) نیز در بررسی خود افزایش طول بوته گیاه را با استفاده از کمپوست زباله شهری گزارش نمودند، این محققین دلیل این امر را وجود مقادیر زیاد عناصر غذایی بویژه نیتروژن و فسفر در کمپوست زباله شهری دانستند. از طرفی می توان دلیل مزیت نسبی ورمی کمپوست به کمپوست زباله شهری در افزایش رشد گیاه را به علت تولید مواد هومیک و سایر مواد محرک رشد نظیر هورمون های رشد گیاهی، در طول فرآیند تولید ورمی کمپوست توسط ریزموجودات و در نتیجه افزایش زیست توده، فعالیت و تنوع زیستی میکروبی و بهبود حاصلخیزی خاک دانست (یوما و مالاتی 2009). کارایی کمپوست و ورمی کمپوست در افزایش مقاومت گیاه به تنش خشکی عموماً به اثرات سودمند کاربرد آن ها در خاک و گیاه نسبت داده می شود، زیرا اجزای تشکیل دهنده کمپوست و ورمی کمپوست نقش مهمی در تحریک فرآیندهای متابولیک، افزایش رشد و افزایش تولید و تجمع متابولیت ها در بافت های گیاهی در شرایط تنش های محیطی را دارند.

قطر ساقه معنی دار بود، همچنین اثر متقابل آبیاری در کود زیستی برای تمامی صفات به جز صفت نسبت سطح برگ معنی دار بود (جدول 3). 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 باعث افزایش صفات اندازه گیری شده گردیدند. در کل نیز بیشترین مقدار طول بوته، قطر ساقه، تعداد برگ، سطح برگ و محتوی آب نسبی برگ از تیمار آبیاری نرمال و کاربرد چهار درصد ورمی کمپوست بدست آمد، که البته در صفات طول بوته، قطر ساقه و تعداد برگ اختلاف تیمار مذکور با تیمار آبیاری نرمال و کاربرد چهار درصد کمپوست نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی دار شاخص های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه از قبیل سطح برگ و محتوی نسبی آب برگ می گردد. رضادوست و همکاران (1388) نشان دادند با افزایش تنش خشکی ارتفاع بوته کلزا کاهش می یابد. با توجه به نامحدود بودن رشد کلزا، به نظر می رسد وقوع تنش خشکی از طریق کاهش فتوسنتز و انتقال شیره پرورده به بخش های فوقانی گیاه موجب کاهش ارتفاع بوته گردیده است. شیخ و همکاران (1384) معتقدند ارتفاع بیشتر، می تواند دلیلی بر وجود تعداد برگ و طول ساقه و در نتیجه سطح فتوسنتز کننده بالاتر باشد که این عوامل منجر به افزایش تولید مواد فتوسنتزی و رشد گیاه می شوند. همچنین از آنجایی که سوخت و ساز گیاه در شرایط تنش خشکی به میزان زیادی توسط دو عامل اصلی سطح برگ و فتوسنتز در هر واحد سطح برگ کنترل می شود، در شرایط کمبود آب، افزایش میزان اسید آبسزیک از طریق کاهش میزان تکثیر سلول در مریستم برگ و کاهش فعالیت های حل کنندگی دیواره سلولی که لازمی طولی شدن برگ می باشد، از توسعه سطح برگ جلوگیری می کند (ادماس و همکاران 1996، بانزیگر و همکاران 2000). رهبریان و همکاران (2010) نشان

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در رابطه با تاثیر و کارایی کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست تحت شرایط تنش خشکی در کلزا

| میانگین مربعات | | | | | | | |
|--------------------|-------------------|----------|-----------|----------|----------|------------|----------------|
| نسبت سطح برگ (LAR) | محتوی آب نسبی برگ | سطح برگ | تعداد برگ | قطر ساقه | طول بوته | درجه آزادی | منابع تغییرات |
| 0/2 | 61/4** | 29/3 | 3* | 1/7 | 69/2** | 3 | بلوک |
| 1/2* | 1161/4** | 5835** | 229/6** | 157** | 2386** | 2 | آبیاری (I) |
| 6/0** | 616/6** | 1683/2** | 27/9** | 85/6** | 559/4** | 4 | کود زیستی (BF) |
| 0/7 | 20/1** | 264/7** | 7/2** | 2/6* | 60/8** | 8 | I×BF |
| 0/35 | 6/7 | 37/4 | 1 | 1 | 15/6 | 42 | خطا |
| 13/5 | 3/6 | 10/4 | 6/6 | 9/9 | 8/5 | - | ضریب تغییرات |

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 1% و 5%.

جدول 4- نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل صفات مورد بررسی در رابطه با تاثیر و کارایی کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست تحت شرایط تنش خشکی در کلزا

| نسبت سطح برگ (LAR) | محتوی آب نسبی برگ (%) | سطح برگ (cm ²) | تعداد برگ | قطر ساقه (mm) | طول بوته (cm) | I×BF |
|--------------------|-----------------------|----------------------------|-----------|---------------|---------------|---------------------------------|
| 3/69efg | 72/08ef | 52/2fg | 14/7de | 7/8g | 41/4f | I ₁ ×BF ₁ |
| 4/78bcd | 77/92cd | 76/6bc | 19/5b | 12/9bc | 59/5b | I ₁ ×BF ₂ |
| 5/53ab | 88/91a | 106/5a | 21/3a | 16/7a | 68/3a | I ₁ ×BF ₃ |
| 3/34g | 77/06d | 62de | 18/8b | 13/4b | 57/7bc | I ₁ ×BF ₄ |
| 4/20defg | 82/85b | 84/3b | 21/3a | 15/3a | 65/5a | I ₁ ×BF ₅ |
| 3/90defg | 64/15hi | 46/5ghi | 13fg | 5/6h | 35/2gh | I ₂ ×BF ₁ |
| 4/53cde | 70/27fg | 56/8ef | 14/7de | 10/3de | 44/7ef | I ₂ ×BF ₂ |
| 5/97a | 81/06bc | 68/1cd | 15/6cd | 12/3bc | 47/8de | I ₂ ×BF ₃ |
| 4/12defg | 68/51fg | 50fgh | 14/1def | 9/9def | 42/8ef | I ₂ ×BF ₄ |
| 4/78bcd | 74/72de | 61/7de | 17c | 11/4cd | 53/1cd | I ₂ ×BF ₅ |
| 4/36cdef | 50/45j | 36j | 12/3g | 3/8i | 31/8h | I ₃ ×BF ₁ |
| 3/98defg | 66/7ghi | 41/9hij | 12/7fg | 8/9g | 38/5fg | I ₃ ×BF ₂ |
| 5/23abc | 75/19de | 52/2fg | 13/6efg | 9efg | 41/4f | I ₃ ×BF ₃ |
| 3/87defg | 62/86i | 39/2ij | 10/8h | 8/8efg | 33/6gh | I ₃ ×BF ₄ |
| 3/50fg | 67/44gh | 42/2hij | 12/5fg | 8/6fg | 39/4fg | I ₃ ×BF ₅ |

I: سطوح آبیاری، I₁: آبیاری نرمال (آبیاری در 75 درصد رطوبت ظرفیت مزرعه (FC))، I₂: تنش ملایم (آبیاری در 55 درصد رطوبت (FC))، I₃: تنش شدید (آبیاری در 35 درصد رطوبت (FC))؛ BF: کود زیستی، BF₁: عدم مصرف کود (شاهد)، BF₂: ورمی کمپوست 2 درصد، BF₃: ورمی کمپوست 4 درصد، BF₄: کمپوست 2 درصد، BF₅: کمپوست 4 درصد.

نسبت به تیمار آبیاری نرمال شدند (شکل A-1). تیمار کاربرد چهار درصد کمپوست زباله شهری و چهار درصد ورمی کمپوست باعث افزایش معنی‌دار درصد نیتروژن گیاه نسبت به کاربرد دو درصد این کودهای زیستی شد، البته بیشترین مقدار این صفت از تیمار کاربرد چهار درصد ورمی کمپوست بدست آمد، که اختلاف این تیمار با تیمار کاربرد چهار درصد کمپوست زباله شهری برای درصد نیتروژن گیاه معنی‌دار بود (شکل B-1).

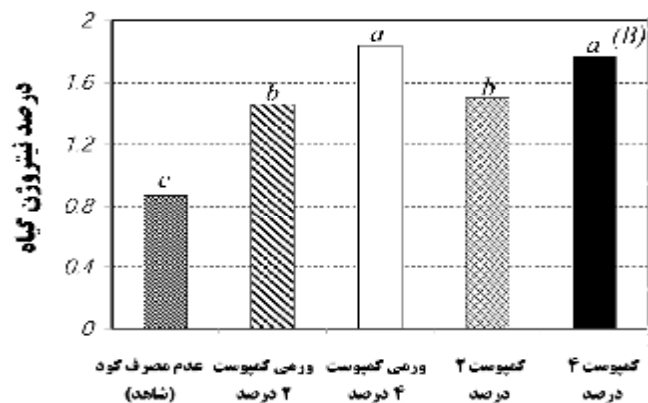
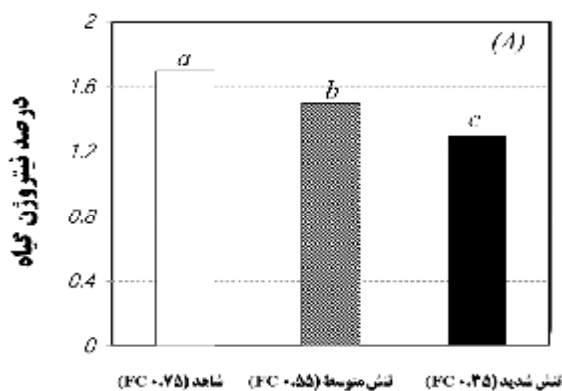
میزان نیتروژن و شاخص کلروفیل برگ (SPAD)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی آبیاری و کود زیستی بر روی صفات درصد نیتروژن گیاه و شاخص کلروفیل برگ (SPAD) معنی‌دار بوده، اما اثر متقابل آبیاری در کود زیستی تنها برای صفت شاخص کلروفیل برگ (SPAD) معنی‌دار بود (جدول 5). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد نیتروژن گیاه از تیمار آبیاری نرمال بدست آمد و تیمارهای تنش ملایم باعث کاهش 13/3 درصدی و تنش شدید نیز باعث کاهش 30/7 درصدی نیتروژن گیاه

جدول 5- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در رابطه با تاثیر و کارایی کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست تحت شرایط تنش خشکی در کلزا

| میانگین مربعات | | | | | | | | |
|----------------|------------|--------------|-------------------------|---------------------|--------------|--------------------------|---------------|-------------|
| منابع تغییرات | درجه آزادی | نیتروژن گیاه | شاخص کلروفیل برگ (SPAD) | وزن خشک اندام هوایی | وزن خشک ریشه | نسبت ریشه به اندام هوایی | درصد ماده خشک | عملکرد دانه |
| بلوک | 3 | 0/006 | 18/9 | 4/6 | 0/3** | 4/6** | 0/0006 | 0/45** |
| آبیاری (I) | 2 | 0/9** | 1945/8** | 297/7** | 15** | 4/3** | 0/01** | 30/7** |
| کود زیستی (BF) | 4 | 1/8** | 496/5** | 19/7** | 4/4** | 6/7** | 0/002** | 12/7** |
| I×BF | 8 | 0/01 | 38/2** | 6/4** | 0/5** | 3/13** | 0/001** | 0/5** |
| خطا | 42 | 0/02 | 8/5 | 1/7 | 0/1 | 0/71 | 0/0004 | 0/079 |
| ضریب تغییرات | - | 8/6 | 5/7 | 9/7 | 9/7 | 15/39 | 8/2 | 7/37 |

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 1% و 5%.



شکل 1- اثرات اصلی (A) آبیاری و (ب) کود زیستی در درصد نیتروژن گیاه تحت شرایط تنش خشکی در گیاه کلزا. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول 5). نتایج بدست آمده از محاسبات مقیسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش سطح تنش نسبت به شرایط آبیاری نرمال میزان رشد، زیست توده و عملکرد گیاه کلزا کاهش می‌یابد. همچنین استفاده از کود زیستی کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست در هر دو سطح نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش معنی‌دار این صفات گشت. اثر متقابل آبیاری در کود زیستی برای صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه، درصد ماده خشک و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 5). بیشترین میزان صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه (شکل A-2)، و عملکرد دانه (شکل B-2) در شرایط آبیاری نرمال، تنش ملایم و تنش شدید از تیمار کاربرد چهار درصد ورمی کمپوست بدست آمد. بیشترین میزان نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه نیز در شرایط آبیاری نرمال از تیمار ورمی کمپوست چهار درصد، و در شرایط تنش ملایم و تنش شدید خشکی نیز حداکثر این مقدار از تیمار عدم مصرف کود زیستی (شاهد) حاصل گردید (جدول 6). به نظر می‌رسد که تحت شرایط تنش خشکی فرآورده‌های فتوسنتزی بیشتری به ریشه‌ها تخصیص داده می‌شود. بنابراین برخی از گیاهان در پاسخ به 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 به مقدار بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. نتایج نشان داد که تنش خشکی در کلزا باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (سینکی و همکاران 2007). پاک نژاد و همکاران (2007) نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در گیاهان زراعی می‌گردد. بررسی‌ها نشان داده‌اند که استفاده از کودهای زیستی کمپوستی و غیر کمپوستی باعث افزایش عملکرد دانه در گیاه می‌گردد (بابائیان و همکاران 2011). استفاده از ورمی کمپوست اثرات مثبتی روی ماده خشک، عملکرد دانه و میزان پروتئین، جذب عناصر غذایی توسط گیاه دارد. اثر مطلوب ورمی کمپوست احتمالاً به دلیل مقادیر

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که علی‌رغم معنی‌دار نشدن اثر متقابل برای صفت درصد نیتروژن گیاه با این حال، بیشترین درصد نیتروژن گیاه و همچنین شاخص کلروفیل برگ (SPAD) در شرایط آبیاری نرمال و با کاربرد ورمی کمپوست به میزان چهار درصد بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با کاربرد کمپوست زباله شهری سطح چهار درصد نداشت. اما در شرایط تنش ملایم و تنش شدید بیشترین درصد نیتروژن گیاه از کاربرد چهار درصد ورمی کمپوست و بیشترین میزان شاخص کلروفیل برگ (SPAD) از تیمار کاربرد چهار درصد کمپوست زباله شهری بدست آمد (جدول 6). افزایش مقادیر جذب نیتروژن احتمالاً به دلیل مقدار بالاتر آن در این کودهای زیستی می‌باشد (جات و اهلاوات 2008). مطالعات زیادی نشان داده‌اند که تنش خشکی میزان کلروفیل گیاه را کاهش می‌دهد (بلترانو و رونکو 2008، نیکولاوا و همکاران، 2010). اخوا و همکاران (2011) نشان دادند که میزان کلروفیل برگ با افزایش تنش خشکی کاهش می‌یابد. نیکولاوا و همکاران (2010) نیز کاهش 13 تا 15 درصدی میزان کلروفیل برگ در گیاهان تحت تنش نسبت به شاهد را گزارش نمودند. میزان فتوسنتز در پاسخ به تنش خشکی بدلیل عوامل روزنه‌ای (بسته شدن روزنه) و غیر روزنه‌ای (نقص در فرآیندهای متابولیک) محدود شده و در کل میزان کلروفیل کاهش می‌یابد (مفاخری و همکاران 2010). بعلاوه تحت شرایط تنش خشکی بازیابی مواد و بویژه نیتروژن کاهش می‌یابد، و از آنجایی که کلروپلاست‌ها برای ساخت کلروفیل نیازمند نیتروژن می‌باشند، سرعت تولید کلروفیل کاهش یافته و کندتر می‌گردد (پاک نژاد و همکاران 2007).

وزن خشک اندام هوایی و ریشه، نسبت ریشه به اندام هوایی، درصد ماده خشک و عملکرد دانه:

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان دادند که اثرات اصلی آبیاری و کود زیستی از نظر صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه، درصد ماده خشک و عملکرد دانه

و مواد آلی، کمپوست و ورمی کمپوست دارای مقادیر زیادی مواد هیومیکی می‌باشد، که این مواد از طریق بهبود زیست‌فراهمی عناصر غذایی خاص، بویژه آهن و روی (چن و همکاران 2004) و اثر مستقیم بر متابولسیم گیاهی (ناردی و همکاران 2002) باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌گردند (تارتورا 2010).

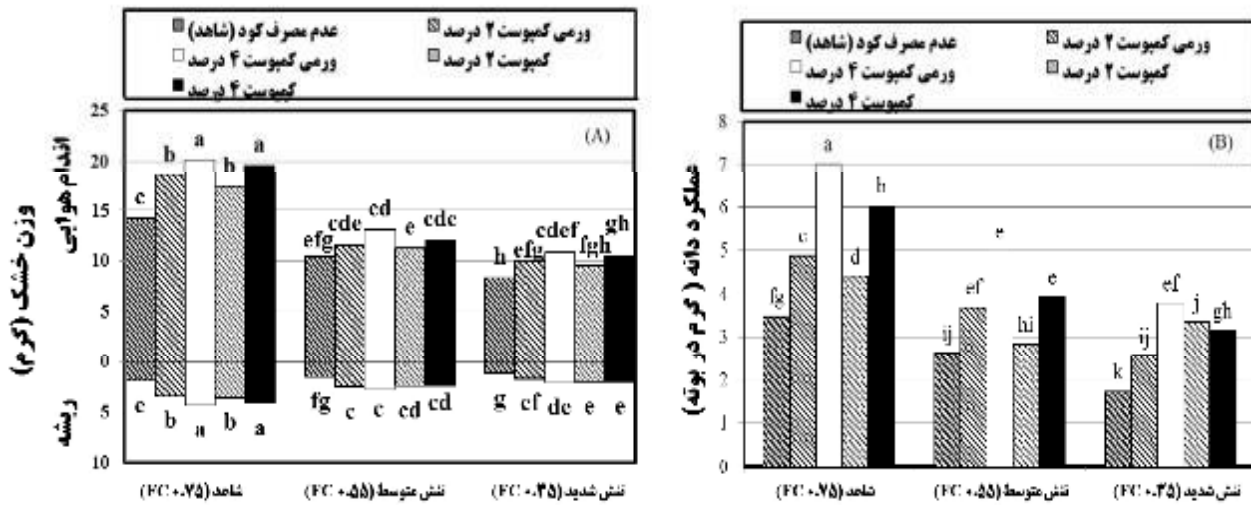
نسبتاً بالاتر عناصر غذایی و از این رو افزایش فراهمی عناصر غذایی ماکرو و میکرو می‌باشد (جات و اهلاوات 2008). کومار و همکاران (2011) افزایش عملکرد را با افزایش مقدار ورمی کمپوست گزارش نمودند. این افزایش عملکرد احتمالاً بدلیل وجود مقادیر بالاتر نیتروژن در دسترس می‌باشد که برای تولید پروتئین‌های ساختاری ضروری هستند. علاوه بر عناصر غذایی

جدول 6- نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات ساده و متقابل صفات مورد بررسی در رابطه با تاثیر و کارایی

کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست تحت شرایط تنش خشکی در کلزا

| درصد ماده خشک | نسبت ریشه به اندام هوایی | شاخص کلروفیل برگ (SPAD) | نیتروژن گیاه (%) | I×BF |
|---------------|--------------------------|-------------------------|------------------|---------------------------------|
| 0/30a | 4/77d | 47/7e | 1/03h | I ₁ ×BF ₁ |
| 0/27abc | 4/84d | 60/9b | 1/66cde | I ₁ ×BF ₂ |
| 0/26bcd | 5/25cd | 70/7a | 2/15a | I ₁ ×BF ₃ |
| 0/28ab | 5/24cd | 61/1b | 1/7cde | I ₁ ×BF ₄ |
| 0/25cd | 4/8d | 66/7a | 1/97ab | I ₁ ×BF ₅ |
| 0/26bcd | 8/2a | 42/5f | 0/83i | I ₂ ×BF ₁ |
| 0/26bc | 4/98cd | 50de | 1/44fg | I ₂ ×BF ₂ |
| 0/22e | 4/22d | 57bc | 0/83i | I ₂ ×BF ₃ |
| 0/23ed | 5/2cd | 50de | 1/53ef | I ₂ ×BF ₄ |
| 0/22e | 5/37cd | 53/5cd | 1/73cd | I ₂ ×BF ₅ |
| 0/21e | 7/3ab | 36g | 0/75i | I ₃ ×BF ₁ |
| 0/26bcd | 5/62cd | 41/9f | 1/26g | I ₃ ×BF ₂ |
| 0/22e | 4/98cd | 52/2de | 1/56def | I ₃ ×BF ₃ |
| 0/21e | 5/25cd | 39/2fg | 1/26g | I ₃ ×BF ₄ |
| 0/23ed | 6/3bc | 39/3fg | 1/59def | I ₃ ×BF ₅ |

I: سطوح آبیاری، I₁: آبیاری نرمال (آبیاری در 75 درصد رطوبت ظرفیت مزرعه (FC))، I₂: تنش ملایم (آبیاری در 55 درصد رطوبت (FC))، I₃: تنش شدید (آبیاری در 35 درصد رطوبت (FC))؛ BF: کود زیستی، BF₁: عدم مصرف کود (شاهد)، BF₂: ورمی کمپوست 2 درصد، BF₃: ورمی کمپوست 4 درصد، BF₄: کمپوست 2 درصد، BF₅: کمپوست 4 درصد.



شکل 2- اثرات متقابل (A) وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و (B) عملکرد دانه در تاثیر و کارایی کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست تحت شرایط تنش خشکی در گیاه کلزا. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

زیستی در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، زیستی و حاصلخیزی خاک تامین سطوح مناسب این مواد در خاک به منظور کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی در راستای تحقق اهداف کشاورزی پایدار به منظور دستیابی به یک عملکرد پایدار ضروری می‌باشد.

تشکر و قدر دانی

بدین‌وسیله از زحمات آقای مهندس مهدی قورچانی و بویژه سرکار خانم مهندس محمدی، تکنسین آزمایشگاه بیولوژی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج که ما را در انجام این پژوهش یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را بعمل می‌آوریم.

نتیجه گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که کودهای زیستی کمپوست و ورمی کمپوست، به ویژه ورمی کمپوست در افزایش رشد، زیست توده و عملکرد کلزا در هر دو شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی دارای اثرات مثبت می‌باشند. کاربرد چهار درصد ورمی کمپوست در شرایط آبیاری نرمال، تنش متوسط و شدید باعث افزایش ویژگی‌های مورفو-فیزیولوژیکی و عملکرد گیاه کلزا در مقایسه با سایر تیمارهای کود زیستی گشت و در کل نیز کاربرد تیمار ورمی کمپوست نسبت به کمپوست از مزیت نسبی بیشتری در افزایش عملکرد کلزا برخوردار بود. با توجه به نقش مهم کودهای

منابع مورد استفاده

احیائی م و اصغرزاد ع، 1375. شرح روشهای تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره 983. موسسه تحقیقات خاک وآب، تهران، ایران. 128 صفحه.

ایرانی‌پور ر، ملکوتی م ج، عابدی م ج و سجادی ا، 1386. اثرات اصلی خاک فسفات، گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر شاخص‌های عملکرد محصول ذرت و اثرات باقیمانده آن بر عملکرد محصول جو. مجله علوم خاک و آب شماره (2)21: صفحه‌های 195-205.

بی‌نام، 1389. آمارنامه محصولات کشاورزی، جلد اول، محصولات زراعی، سال زراعی 1387-1388. وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات. تهران. ایران. 114 صفحه.

پیر انوشه ه، امام ی و جمالی ر، 1389. مقایسه اثر کودهای زیستی با کودهای شیمیایی بر رشد، عملکرد و درصد روغن آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در سطوح مختلف تنش خشکی. نشریه بوم شناسی کشاورزی، جلد دوم، شماره 3، صفحه های 492-501.

رضادوست س، رشدی م و حاجی حسنی اصل ن، 1388. تاثیر کم آبیاری بر عملکرد دانه و روغن ارقام کلزا در منطقه خوی. مجله پژوهش در علوم زراعی، سال دوم، شماره 6، صفحه‌های 1-11.

روغنیان س، 1384. بررسی تاثیر شیرابه زباله و کمپوست بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک و پاسخ های گیاه ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

شیخ ف، تورچی م، ولیزاده م، شکبیا ر و پاسبان اسلام ب، 1384. ارزیابی تحمل به خشکی ارقام بهاره کلزا. مجله دانش کشاورزی، شماره (2)2: صفحه‌های 1-10.

فرزین ا، نور محمدی ق و شیرانی راد ا ح، 1385. ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی 25 رقم کلزای پاییزه. مجله علوم کشاورزی، سال دوازدهم، شماره 2، صفحه‌های 429-437.

کوچکی ع و سرمد نیا غ ح، 1390. فیزیولوژی گیاهان زراعی، ترجمه، چاپ شانزدهم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. 400 صفحه.

Akhkha A, Boutraa T and Alhejely A, 2011. The rates of photosynthesis, chlorophyll Content, dark respiration, proline and abscisic acid (ABA) in wheat (*Triticum durum*) under water deficit conditions, Int. J. Agric. Biol. 13: 215–221.

Arancon NQ, Edwards CA, Bierman P, Metzger JD, Lucht C, 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. Pedobiologia 49:297–306.

Babaeian M, Esmailian Y, Tavassoli A, Asgharzade A and Sadeghi M, 2011. The effects of water stress, manure and chemical fertilizer on grain yield and grain nutrient content in barley, Scientific Research and Essays 6(17): 3697-3701.

Bachman GR and Metzger JD, 2007. Physical and chemical characteristics of a commercial potting substrate amended with vermicompost produced from two different manure sources. Hort Tech. 17. 336-340.

- Banziger M, Edmeades GO, Beck D and Bellon M, 2000. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize, from theory to practice. CIMMYT, Mexico DF.
- Baruach IC and Athakur HB, 1998. Handbook of soil analysis. Xia-Quan publishing house PVT Ltd, New Delhi, India. Pp:11-62.
- Beltrano J and Ronco MG, 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: Effect on growth and cell membrane stability. Brazilian J. Plant Physiol. 20: 29–37.
- Bertamini ML, Zulini K and Nedunchezhian, 2006. Effect of water deficit on photosynthetic and other physiological response in grapevine (*Vitis Viniera* L. cv.Riesling) plants. Photosynthetica 44(1):151-154.
- Boltz DF and Howel JA, 1978. Colorimetric Determination of non-metals. John whily and sons; New York: 197-202.
- Chanda GK, Bhunia G and Chakraborty SK, 2011. The effect of vermicompost and other fertilizers on cultivation of tomato plants. J. Horti. and Forestry, 3(2): 42-45.
- Chen Y, De-Nobili M and Aviad M, 2004. Stimulatory effects of humic substances on plant growth. Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture. CRC Press, Boca Raton, Florida, Pp: 103-129.
- Edmeades G.O., Bänziger M., Mickelson H.R., and Peña-Valdivia C.B. 1996. Developing drought- and low N tolerant maize. P. 1-558. Proceedings of a symposium sustainable maize and wheat systems for the poor, 25-29 March 1996. CIMMYT, El Batán, Mexico.
- Gee GW and Bauder JW, 1986. Particle size analysis in methods of soil analysis. Part 1: Physical and Mineralogical methods. 2nd Ed. Klute. A. American Society of Agronomy. WI. Pp: 383-412.
- Gupta PK, 2000. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios pub. Bikaner, India.
- Hargreaves JC, Adl MS and Warman PR, 2008. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. Agri. Eco. Env. 123: 1–14.
- Hu Y and Barker A, 2004. Effects of composts and their combinations with other materials on nutrient accumulation in tomato leaves. Communications in Soil sci. and Plant Analysis. 35: 2809-2823.
- Jat RS and Ahlawat IPS, 2008. Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. J. Sust. Agri. 28(1): 41-54.
- Khan MA, Shereen A, Mumtaz MY, Aqil Siddiqui MU and Kaleri GM, 2010. Evaluation of high yielding canola type Brassica genotypers/mutants for drought tolerance using physiological indices as screening tool. Pak. J. Bot. 42(6): 3807-3816.

- Kumar GA, Bishwas R, Mahendra PS, Vibha U and Chandan KS, 2011. Effect of fertilizers and vermicompost on growth, yield and biochemical changes in *abelmoschus esculentus*, Plant Archives 11(1): 285-287.
- Mafakheri A, Siosemardeh A, Bahramnejad B, Struik PC and Sohrabi E, 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. Australian Journal of Crop Science 4(8):580-585.
- Nardi S, Pizzeghello D, Muscolo A and Vianello A, 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biol. Biochem. 34:1527-1536.
- Nikolaeva MK, Maevskaya SN, Shugaev AG and Bukhov NG, 2010. Effect of drought on chlorophyll content and antioxidant enzyme activities in leaves of three wheat cultivars varying in productivity. Russian J. Plant Physiol. 57: 87-95.
- Ostos JC, Lopez-Garrido R, Murillo JM and Lopez R, 2008. Substitution of peat for municipal solid waste and sewage sludge-based composts in nursery growing media: Effects on growth and nutrition of the native shrub *Pistacia lentiscus* L. Bioresource Tech. 99. 1793-1800.
- Paknejad F, Nasri M and Tohidi Moghadam HR, 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. J. Bio. Sci. 7(6): 841-847.
- Rahbarian P, Afsharmaneshb G and Shirzadic MH, 2010. Effects of drought stress and manure on relative water content and cell membrane stability in dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.), Plant Ecophysiol 2: 13-19.
- Sinaki JE, Heravan M and Shirani-Rad A, 2007. The Effect of water deficit during growth stage of canola (*Brassica napus* L.). American-Eurasian Agric and Environ.Sci. 2 (4):417-422.
- Sinha RK, 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. J. Agri. Biotechnol. Sustainable Development 2(7): 113-128.
- Suhane RK, Sinha RK and Singh PK, 2008. Vermicompost, cattle-dung compost and chemical fertilizers: Impacts on yield of wheat crops. Communication of Rajendra Agriculture University, Pusa, Bihar, India.
- Suthar S, 2009. Impact of vermicompost and composted farmyard manure on growth and yield of garlic (*Allium stivum* L.) field crop. Inter. J. Plant Produc. 3(1): 6814-1735.
- Tartoura AH, 2010. Alleviation of oxidative-stress induced by drought through application of compost in wheat (*Triticum aestivum* L.) plants. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 9(2): 208-216.
- Tarumingkeng RC and Coto Z, 2003. Effects of drought stress on growth and yield of soybean. Kisman, Science Philosophy PPs 702. Agricultural University.

Uma B and Malathi M, 2009. Vermicompost as a soil supplement to improve growth and yield of *Amaranthus* species. Res. J. Agri. and Bio. Sci. 5(6): 1054-1060.

Walkley A and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 34: 29-38.