نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 9، شماره 3، پاییز 1396، ص. 820-805

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 3, Fall 2017, p. 805-820

تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست، محلول‌پاشی برگی چای‌کمپوست و اسید هیومیک بر شاخص‌های رشد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

مریم صفائی[1]، اصغر رحیمی[2]، بنیامین ترابی[3] و آزاده خرم قهفرخی[1*]

تاریخ دریافت: 1394/09/11
تاریخ پذیرش: 1395/05/28

صفائی، م.، رحیمی، ا.، ترابی، ب.، و خرم قهفرخی، آ. 1396. تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست، محلول‌پاشی برگی چای‌کمپوست و اسید هیومیک بر شاخص‌های رشد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) . بوم‌شناسی کشاورزی، 9(3): 805-820.

چکیده

تجزیه و تحلیل رشد، روش کاربردی و با ارزش در بررسی کمی رشد، نمو و تولید گیاهان زراعی به‌شمار می‌رود. به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد کود ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی برگی چای‌کمپوست و اسید هیومیک بر شاخص‌های رشد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان انجام شد. تیمارها شامل کاربرد ورمی‌کمپوست (صفر، 4، 8 و 12 تن در هکتار) به عنوان فاکتور اول و محلول‌پاشی (آب مقطر به‌عنوان شاهد، اسید هیومیک حاصل از ورمی‌کمپوست، اسید هیومیک تجاری و چای‌کمپوست) به عنوان فاکتور دوم بود. نتایج نشان داد که حداکثر شاخص سطح برگ، ماده خشک کل، سرعت رشد نسبی و عملکرد دانه تحت تأثیر اثرات اصلی ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی و حداکثر سرعت رشدمحصول و سرعت جذب خالص تحت تأثیر اثرات اصلی ورمی‌کمپوست، محلول‌پاشی و اثر متقابل ورمی‌کمپوست در محلول‌پاشی قرار گرفتند. بیش‌ترین میزان سرعت رشد محصول (35/05 گرم بر مترمربع بر روز) و سرعت جذب خالص (13/42 گرم بر مترمربع برگ بر روز) از تیمار 12 تن در هکتار ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی چای‌کمپوست به‌دست آمد. همچنین در بین تیمارهای کودی، کاربرد 12 تن در هکتار ورمی‌کمپوست و در تیمار محلول‌پاشی، محلول‌پاشی چای‌کمپوست باعث افزایش شاخص سطح برگ، ماده خشک کل، سرعت رشد نسبی و عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد کود زیستی ورمی‌کمپوست به میزان 12 تن در هکتار و محلول‌پاشی چای‌کمپوست مناسب‌ترین تیمار برای افزایش شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه گلرنگ در راستای نیل به کشاورزی پایدار بود.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، شاخص‌های فیزیولوژیک رشد، عملکرد دانه، ماده خشک

مقدمه

گلرنگ با نام علمی *Carthamus tinctorius* L. گیاهی یک‌ساله و از تیره مرکبه[4] است که با توجه به سازگاری بالا و نیاز آبی کم مورد توجه است (Amini et al., 2008). کشت گلرنگ در ابتدا به‌منظور استخراج رنگ از گلبرگ‌های آن انجام می‌گرفت ولی امروزه این گیاه برای تولید روغن، کنجاله، مواد دارویی، لوازم آرایشی و زینتی نیز کشت می‌شود (Yasari et al., 2013). کودهای شیمیایی به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر روی عملکرد گیاهان زراعی مطرح می‌باشند ولی استفاده زیاد از آن‌ها به‌ویژه هنگامی‌که با عملیات مدیریتی نامناسب مثل سوزاندن بقایای گیاهی همراه باشد ماده آلی خاک را به شدت کاهش می‌دهد (Pyrasteh Anoosheh et al., 2010). همچنین کاربرد زیاد کودهای شیمیایی با وجود نمک‌های

1، 2 و 3- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان و استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: Email: Azadeh_khoram@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v9i3.51879
4- Asteraceae

مخرب و قوی در درازمدت باعث تخریب خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و در نهایت باعث کاهش عملکرد می‌شود. بنابراین، نیاز فوری به تثبیت و افزایش بهره‌وری از طریق استفاده صحیح کودهای آلی نظیر ورمی‌کمپوست می‌تواند به غنی‌سازی خاک منطقه ریشه کمک کند. ورمی‌کمپوست نتیجه توانایی برخی از کرم‌های خاکی در مصرف طیف وسیعی از پس‌ماندهای آلی نظیر لجن فاضلاب، پس‌ماندههای حیوانی، بقایای گیاهی و پس‌ماندههای صنعتی است (Cavender et al., 2003). این کود غنی از عناصر کم‌مصرف و پرمصرف (Pant et al., 2011) و مقادیر زیادی از مواد هیومیکی می‌باشد که این مواد از طریق بهبود زیست‌فراهمی عناصر غذایی خاص، به‌ویژه آهن و روی و اثر مستقیم بر متابولیسم گیاه باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (Rashtbari & Alikhani, 2012). ورمی‌کمپوست دارای هومات می‌باشد که دارای اثرات مشابه هورمون‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند و وجود آن‌ها همراه مواد آلی در ورمی‌کمپوست باعث تحریک رشد گیاه و افزایش ماده خشک تولیدی می‌شود (Atiyeh et al., 2000). عصاره هوازی ورمی‌کمپوست که به عنوان چای‌کمپوست شناخته شده است، توجه تولیدکنندگان و پژوهشگران را به خود جلب کرده است. تأثیر مثبت چای‌کمپوست بر رشد گیاه تا حد زیادی به نیتروژن و جیبرلین موجود در چای و جذب مواد مغذی توسط گیاه مرتبط است و مصرف مداوم آن می‌تواند باعث افزایش رشد گیاه و غلظت مواد معدنی در بافت‌های گیاهی شود (Pant et al., 2012). چای‌کمپوست حاوی جمعیت بالایی از میکروارگانیسم‌های زنده نظیر *ریزوباکتر*، *تریکودرما* و گونه‌های *سودوموناس* می‌باشد که باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شوند (Loveland & Webb, 2003).

اسید هیومیک اصلی‌ترین بخش مواد هیومیکی و مهم‌ترین جزء ماده آلی خاک (هوموس) را تشکیل می‌دهد. اسید هیومیک یک ترکیب پلیمری آلی طبیعی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به‌وجود می‌آید که باعث افزایش عملکرد و کیفیت محصول می‌شود (Ghorbani et al., 2010). در مطالعه‌ای آیاس و گالسر (Ayas & Gulser, 2005) گزارش کردند که اسید هیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد، ارتفاع و به‌تبع آن عملکرد بیولوژیک می‌شود. در مطالعه‌ای کاربرد کود اسید هیومیک موجب افزایش وزن خشک برگ، ساقه و وزن خشک کل در لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) شد (Astaraei & Ivani, 2008).

تجزیه و تحلیل کمی رشد روشی است برای توجیه و تفسیر عکس العمل‌های گیاه نسبت به شرایط محیطی که گیاه در طول دوره رشد خود با آن مواجه می‌گردد. با این روش شناخت بهتری از چگونگی انتقال مواد ساخته شده فتوسنتزی به اندام‌های مختلف و انباشت آن‌ها از طریق اندازه‌گیری ماده خشک تولید شده در طول دوره رشد گیاه به‌دست می‌آمد (Ali et al., 2002). این روش بر مبنای اندازه‌گیری متوالی وزن خشک و سطح برگ گیاه منفرد و یا پوشش‌های گیاهی استوار است (Sarmadnia & Koocheki, 1993). هدف اصلی از روش تجزیه رشد و به‌کارگیری معادلات رشد، توضیح و توصیف چگونگی عکس‌العمل گیاه به شرایط محیطی و نیز تیمارهای به‌کار رفته روی گیاه است (Ali et al., 2002).

هدف از تحقیق حاضر، بررسی امکان مصرف ورمی‌کمپوست به عنوان کود زیستی در زراعت گلرنگ، همچنین بررسی عکس‌العمل گلرنگ به محلول‌پاشی چای‌کمپوست و اسید هیومیک و تأثیر ورمی‌کمپوست، محلول‌پاشی چای‌کمپوست و اسید هیومیک بر شاخص‌های رشدی گیاه، تجمع ماده خشک و عملکرد دانه بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان در سال 1392 به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل‌های آزمایشی شامل سطوح مختلف ورمی‌کمپوست (صفر، 4، 8 و 12 تن در هکتار به‌صورت قبل از کاشت) به عنوان فاکتور اول و فاکتور دوم شامل چهار سطح محلول‌پاشی آب مقطر به عنوان شاهد، چای‌کمپوست، اسید هیومیک تجاری و اسید هیومیک حاصل از ورمی‌کمپوست بود. عملیات آماده سازی زمین شامل شخم، دیسک، کرت‌بندی و اضافه کردن کود زیستی ورمی‌کمپوست بود. فاصله بین ردیف‌ها 50 سانتی‌متر، اندازه هر کرت 2×2/5 متر و تراکم 40 بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. رقم گلرنگ مورد استفاده گلدشت بود و کشت در اوایل اسفند ماه 1392 صورت گرفت. اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت و آبیاری‌های بعدی هر هفت روز یک‌بار انجام گرفت. برای تهیه محلول چای‌کمپوست ترکیب ورمی‌کمپوست، اسید هیومیک، مخمر، عصاره جلبک دریایی و ملاس چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) به مدت 24 ساعت در 50 لیتر آب قرار گرفته و به‌خوبی هم خورد و با پمپ هوا،

هوادهی شد و در نهایت، چای‌کمپوست هوازی آماده گردید و با همین غلظت محلول‌پاشی گردید (Bess, 2000).

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1-Physical and Chemical characteristics of soil

بافت Texture	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	اسیدیته pH	شوری (میلی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Mn ($mg.kg^{-1}$)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zn ($mg.kg^{-1}$)	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cu ($mg.kg^{-1}$)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Fe ($mg.kg^{-1}$)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن درصد N (%)
لوم شنی Sandy loam	0.93	7.8	6.5	8.35	0.519	0.82	1.44	12	3810	0.1

جدول 2- ویژگی‌های شیمیایی ورمی‌کمپوست

Table 2- Chemical characteristics of vermicompost

اسیدیته pH	شوری (میلی‌زیمنس بر متر) EC $mS.m^{-1}$	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Mn ($mg.kg^{-1}$)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zn ($mg.kg^{-1}$)	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cu ($mg.kg^{-1}$)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Fe ($mg.kg^{-1}$)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن (درصد) N (%)	پتاسیم (درصد) K (%)
7.81	1.63	450	138	45	5200	3.65	1.18	0.55

اسید هیومیک تجاری از نوع هیومیکس[1] بود و آماده‌سازی اسید هیومیک حاصل از ورمی‌کمپوست به روش آلکالین صورت گرفت (Norman et al., 2006). محلول‌پاشی در اوایل، اواسط و اواخر گل‌دهی در صبح زود صورت گرفت. قبل از انجام آزمایش از عمق 30-0 سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری صورت گرفت و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید (جدول 1). همچنین برخی از خصوصیات ورمی‌کمپوست در جدول 2 ذکر شده است.

برای نمونه‌برداری نیم متر از بالا و پایین هر کرت به‌عنوان حاشیه منظور شدند و از سایر قسمت‌های هر کرت برای نمونه‌برداری در طول فصل رشد استفاده گردید. نمونه‌برداری‌ها از 30 روز پس از کاشت شروع شد به‌گونه‌ای که 10 مرحله نمونه‌برداری تخریبی در فواصل زمانی ده روزه برای تعیین روند تجمع وزن خشک کل، تغییرات شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، فتوسنتز خالص و سرعت رشد نسبی انجام گرفت. در هر نمونه‌برداری شش بوته از سطح خاک قطع و داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شدند و سپس به آزمایشگاه منتقل شدند. برای اندازه‌گیری سطح برگ، سطح تمامی برگ‌های شش بوته مربوط به هر کرت با دستگاه سنجش سطح برگ مدل Delta T, WD_3, UK اندازه‌گیری شدند. در ادامه به منظور بررسی روند تجمع ماده خشک کل، برگ‌ها از ساقه جدا شد و در پاکت‌های جداگانه درون آون الکتریکی به مدت 48 ساعت در دمای 72 درجه سانتی‌گراد خشک و سپس با دقت 0/01 گرم توزین شدند. به منظور تجزیه و تحلیل رشد گیاه از معادلاتی که توسط مک دونالد (McDonald, 1999) ارائه شد، استفاده گردید. به‌منظور بررسی دقیق‌تر و علمی‌تر شاخص‌های رشد مورد مطالعه از واحد درجه-روز رشد به جای فاصله زمانی برای بررسی روند شاخص‌های رشد در طی فصل رشد استفاده شد. این روش نسبت به فاصله زمانی نوسانات فصلی کم‌تری دارد و آن را تعدادی از محققان پیشنهاد کرده‌اند (Karimi & Siddique, 1991). درجه-روزهای رشد در هر مرحله نمونه‌برداری با توجه به آمارهای هواشناسی منطقه و دماهای پایه و حداکثر و حداقل گیاه و با استفاده از معادله (1) محاسبه شد:

$$GDD= \sum n[(T_{max}+T_{min})/2]-T_b \quad (1)$$

که در این معادله، GDD: درجه-روز رشد، T_{max}: حداکثر دمای شبانه روز، T_{min}: حداقل دمای شبانه روز، T_b: دمای پایه و n: تعداد روزهای رشد است. دمای پایه برای گلرنگ پنج درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. همچنین دمای بالاتر از 35 درجه و پایین‌تر از پنج درجه به‌ترتیب 35 و 5 درجه سانتی‌گراد منظور شدند (Koocheki &

1- Humix

(Bannayan Aval, 1994). در این تحقیق نقاط حداکثر مربوط به شاخص‌های سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص در 1145 درجه-روز رشد و هم‌چنین حداکثر وزن خشک کل در 1847 درجه-روز رشد و حداکثر سرعت رشد نسبی در 277 درجه-روز رشد در تیمارهای مختلف مورد آنالیز واریانس و مقایسه میانگین قرار گرفت. پس از جمع‌آوری داده‌ها تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج این تحقیق حاکی از این بود که استفاده از کود ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی موجب افزایش صفاتی نظیر شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، میزان فتوسنتز خالص، سرعت رشد نسبی و ماده خشک کل در گیاه گلرنگ شد.

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های رشد و عملکرد دانه گلرنگ تحت تأثیر ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of growth indices and grain yield of safflower affected as vermicompost and spraying

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	حداکثر شاخص سطح برگ LAI maximum	حداکثر سرعت رشد محصول CGR maximum	حداکثر ماده خشک کل TDM maximum	حداکثر سرعت جذب خالص NAR maximum	حداکثر سرعت رشد نسبی RGR maximum	عملکرد دانه Seed yield
بلوک Block	2	0.248 **	14.4 ^{ns}	20795 *	0.055 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	2266374**
ورمی‌کمپوست (A) Vermicompost (A)	3	0.722 **	292.16 **	583486 **	20.57 **	0.0009 **	3426091**
محلول‌پاشی(B) Foliar application (B)	3	1.19 **	399.97 **	188342**	48.41 **	0.0079 **	1263066**
A×B	9	0.064 ^{ns}	35.98 **	9695 ^{ns}	2.97 *	0.0003 ^{ns}	372495^{ns}
خطا Error	30	0.031	11.97	6160	1.05	0.0002	301209
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		9.37	16.70	8.82	10.46	13.03	17.77

** در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار، * در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار، ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار

**Significant at 1% probability level, * significant at 5% probability level, ^{ns} no significant difference

شاخص سطح برگ[1] (LAI)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی بر حداکثر شاخص سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل ورمی‌کمپوست در محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول 3). با افزایش سطوح کودی میزان شاخص سطح برگ افزایش یافت و کاربرد 12 تن در هکتار ورمی‌کمپوست موجب افزایش 26 درصدی شاخص سطح برگ نسبت به شاهد شد، به‌طوری‌که بالاترین میزان شاخص سطح برگ از تیمار 12 تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کم‌ترین میزان آن از تیمار شاهد در زمان دریافت حدود 1145 درجه-روز رشد به‌دست آمد. هم‌چنین بالاترین میزان شاخص سطح برگ از تیمار محلول‌پاشی با چای‌کمپوست و کم‌ترین میزان آن از تیمار شاهد به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و محلول‌پاشی چای‌کمپوست موجب افزایش 35 درصدی شاخص سطح برگ نسبت به شاهد شد (جدول 4). در کلیه تیمارهای مورد بررسی، روند کاهش شاخص سطح برگ از حدود 1145 درجه-روز رشد (ظهور اولین گل) مشاهده گردید. معمولاً قسمت اعظم رشد گونه‌های پربازده در ابتدای فصل رویش در جهت توسعه سطح برگ‌ها صورت می‌گیرد.

1- Leaf area index

جدول 4- مقایسه میانگین اثر ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی بر حداکثر مقادیر شاخص‌های رشد و عملکرد دانه گلرنگ

Table 4- Mean comparisons the effects of vermicompost and foliar application on maximum growth indices and seed yield of safflower

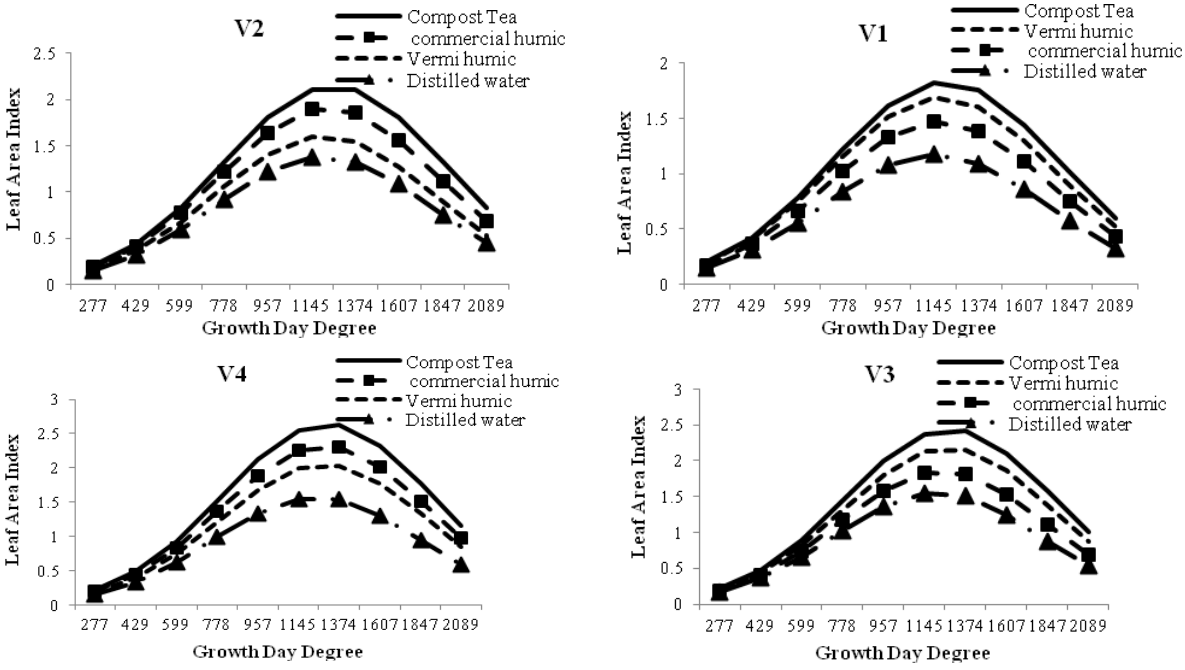
تیمارهای آزمایش Experiment treatments	حداکثر شاخص سطح برگ LAI maximum	حداکثر سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع بر روز) CGR maximum ($g.m^{-2}.day^{-1}$)	حداکثر ماده خشک کل (گرم بر متر مربع) TDM maximum ($g.m^{-2}$)	حداکثر سرعت جذب خالص (گرم بر متر مربع برگ بر روز) NAR maximum ($g.m^{-2}.day^{-1}$)	حداکثر سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم بر روز) RGR maximum ($g.g^{-1}.day^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)
سطوح ورمی‌کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost level ($t.ha^{-1}$)						
0	1.54[c*]	14.47[c]	637[d]	8.08[c]	0.103[b]	2644[b]
4	1.71[b]	19.31[b]	837[c]	9.59[b]	0.117[a]	2639[b]
8	1.97[a]	23.25[a]	911[b]	10.61[a]	0.118[a]	3358 [a]
12	2.09[a]	25.78[a]	1170[a]	11.02[a]	0.123[a]	3709[a]
محلول‌پاشی Foliar application						
آب مقطر Distilled water	1.41[c]	13.66[c]	737[c]	7.31[c]	0.085[c]	2664[b]
اسید هیومیک حاصل از ورمی‌کمپوست Acid humic derived from vermicompost	1.84[b]	20.59[b]	882[b]	9.88[b]	0.112[b]	3013 [ab]
اسید هیومیک تجاری Commercial acid humic	1.86[b]	20.76[b]	892[b]	9.90[b]	0.116[b]	3280 [a]
چای‌کمپوست Compost tea	2.18[a]	27.80[a]	1044[a]	12.23[a]	0.148[a]	3393 [a]

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک برای هر جزء بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.

*Means in each column for each component followed by similar letter(s) are not significantly different at %5 probability level, using Duncan test.

در نتیجه آن تشعشع خورشیدی نیز با کارایی بیش‌تری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Sarmadnia & Koocheki, 1993). معمولاً این ویژگی باعث افزایش توان فتوسنتزی گیاه و در نتیجه باعث افزایش عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی می‌گردد. گزارش شده ورمی‌کمپوست دارای عناصر غذایی به فرم قابل جذب برای گیاهان می‌باشد و عناصری مانند نیتروژن به فرم نیترات در ورمی‌کمپوست به راحتی برای گیاهان قابل جذب هستند (Alikhani, Rashtbari & 2012). ازاین‌رو، می‌توان گفت که ورمی‌کمپوست موجب افزایش رشد برگ‌ها و افزایش سطح آن‌ها شده است و در نتیجه سطح برگ نسبت به زمینی که اشغال کرده است بیش‌تر از تیمارهایی خواهد بود که مقدار ورمی‌کمپوست کم‌تری در آن‌ها مصرف شده است. با توجه به شکل 1 کاربرد 12 تن در هکتار ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی چای‌کمپوست موجب افزایش شاخص سطح برگ در طی زمان‌های مختلف در گیاه گلرنگ شد. در مطالعه‌ای کاربرد 10 تن در هکتار ورمی‌کمپوست باعث افزایش 34 درصدی سطح برگ سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) نسبت به تیمار شاهد شد (Hameeda et al., 2007). در آزمایشی کاربرد پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست و 25 درصد کود شیمیایی باعث افزایش شاخص سطح برگ گیاه ذرت (*Zea mays* L.) شده است (Patra & Biswas, 2009). چای‌کمپوست غنی از میکروارگانیسم‌هایی است که باعث افزایش معنی‌دار تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نظیر جیبرلین و سیتوکینین می‌شوند (Pant et al., 2011) از طرفی وجود سیتوکینین

باعث افزایش تقسیم‌سلولی و بزرگ شدن سلولی شده که در نتیجه آن سطح برگ افزایش می‌یابد (Nemati Darbandi et al., 2013). در مورد اثرات مثبت محلول‌پاشی چای‌کمپوست بر شاخص سطح برگ نیز صدیقی و همکاران (Siddiqui et al., 2008) افزایش سطح برگ را در گیاه دارویی آب بشقابی (*Centella asiatica* L.) گزارش کردند. در آزمایشی گزارش شد، چای‌کمپوست استخراج شده به روش‌های مختلف باعث افزایش معنی‌دار سطح برگ گیاه شلغم (*Brassica rapa* L.) نسبت به تیمار شاهد شد، درحالی‌که بیشترین سطح برگ در تیمار چای‌کمپوست هوادهی نشده بود. تیمارهای آزمایش شامل چای‌کمپوست هوادهی نشده، چای‌کمپوست هوادهی شده با جمعیت میکروبی، چای‌کمپوست هوادهی شده و شاهد بود (Pant et al., 2009). پانت و همکاران (Pant et al., 2009) در تحقیق دیگر گزارش کردند که مصرف چای‌کمپوست حاصل از کمپوست کود مرغی باعث افزایش سطح برگ گیاه شلغم شده است.



شکل 1- روند تغییرات شاخص سطح برگ گلرنگ تحت تیمارهای مختلف ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی

V_1: شاهد (صفر)، V_2: 4، V_3: 8 و V_4: 12 تن بر هکتار ورمی‌کمپوست

Fig. 1- Leaf area index change trend of safflower under different vermicompost fertilizer application and foliar application

V_1: control (0), V_2: 4, V_3: 8 and V_4: 12 $t.ha^{-1}$ vermicompost

سرعت رشد محصول[1] (CGR)

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس مربوط به سرعت رشد محصول در زمان دریافت حدود 1145 درجه-روز رشد نشان داد که اثر تیمارهای مربوط به اثرات اصلی ورمی‌کمپوست، محلول‌پاشی و اثر متقابل ورمی‌کمپوست در محلول‌پاشی بر حداکثر سرعت رشد محصول در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3). در این آزمایش بیش‌ترین سرعت رشد محصول (35/05 گرم بر مترمربع بر روز) از تیمار 12 تن در هکتار ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی چای‌کمپوست به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار 8 تن در هکتار ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی چای‌کمپوست نداشت و کم‌ترین آن (10/63 گرم بر مترمربع بر روز) از تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول 5).

همان‌طورکه در شکل 2 مشاهده می‌شود سرعت رشد محصول در ابتدای فصل رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و کم بودن سطح دریافت‌کننده تابش (برگ‌ها) کم است، اما در اواسط دوره رشد با رشد سریع گیاه و افزایش سطح برگ، جذب تابش و سرعت رشد محصول افزایش می‌یابد و در اواخر فصل رشد روند کاهشی در سرعت رشد محصول مشاهده شد و این زمانی رخ می‌دهد که گیاه به

1- Crop growth rate

جای تولید مواد فتوسنتزی بیش‌تر به انتقال مواد از اندام‌های مختلف به دانه‌ها می‌پردازد.

جدول 5- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی بر حداکثر سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص گلرنگ

Table 5- Means comparison of interaction effect of vermicompost and foliar application on CGR and NAR maximum of safflower

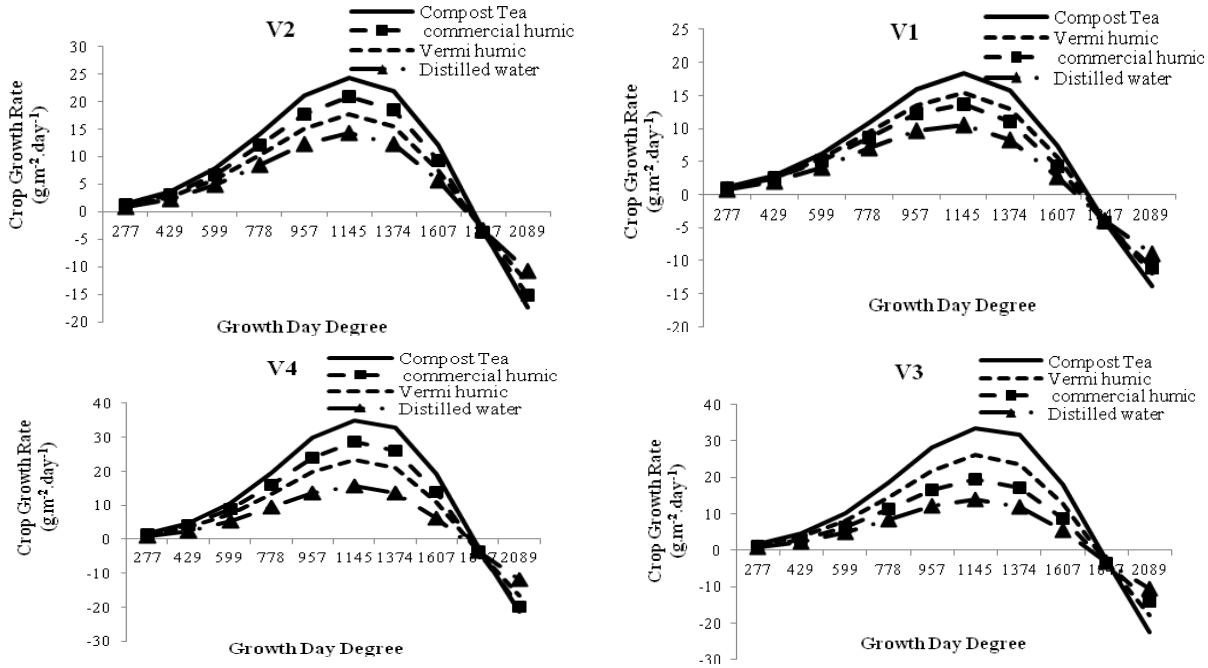
سطوح ورمی‌کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost level ($t.ha^{-1}$)	محلول‌پاشی Foliar application	حداکثر سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع بر روز) CGR maximum ($g.m^{-2}.day^{-1}$)	حداکثر سرعت جذب خالص (گرم بر متر مربع برگ بر روز) NAR maximum ($g.m^{-2}.day^{-1}$)
0	آب مقطر Distilled water	10.63^{i*}	5.31^{h}
	اسید هیومیک حاصل از ورمی‌کمپوست Acid humic derived from vermicompost	15.14^{ghi}	9.05^{ef}
	اسید هیومیک تجاری commercial acid humid	13.69^{hi}	6.94^{gh}
	چای‌کمپوست Compost tea	18.42^{efgh}	11.04^{bcd}
4	آب مقطر Distilled water	14.28^{hi}	6.99^{gh}
	اسید هیومیک حاصل از ورمی‌کمپوست Acid humic derived from vermicompost	17.70^{fgh}	8.88^{ef}
	اسید هیومیک تجاری commercial acid humid	20.92^{defg}	10.73^{cde}
	چای‌کمپوست Compost tea	24.35^{cde}	11.78^{abcd}
8	آب مقطر Distilled water	13.95^{hi}	8.32^{fg}
	اسید هیومیک حاصل از ورمی‌کمپوست Acid humic derived from vermicompost	26.09^{cd}	11.58^{abcd}
	اسید هیومیک تجاری commercial acid humid	19.57^{efgh}	9.87^{def}
	چای‌کمپوست Compost tea	33.38^{ab}	12.70^{ab}
12	آب مقطر Distilled water	15.78^{ghi}	8.65^{fg}
	اسید هیومیک حاصل از ورمی‌کمپوست Acid humic derived from vermicompost	23.45^{cdef}	10.01^{def}
	اسید هیومیک تجاری commercial acid humid	28.82^{bc}	12.01^{abc}
	چای‌کمپوست Compost tea	35.05^{a}	13.42^{a}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.

*Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at %5 probability level, using Duncan test.

به همین دلیل CGR در اواخر دوره رشد منفی شده است (Sarmadnia & Koocheki, 1993). همچنین بالا بودن میزان تنفس نسبت به فتوسنتز جاری در مراحل انتهایی رشد، نیز باعث کاهش شدیدتر سرعت رشد محصول شده است. شکل 2 نشان داد که در بین تیمارهای کودی بیش‌ترین سرعت رشد محصول در اثر کاربرد 12 تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد که دلیل این امر می‌تواند به خاطر افزایش سطح برگ و گسترش زودتر سطح برگ در این تیمار باشد، درمورد تیمارهای مربوط به محلول‌پاشی، تیمار محلول‌پاشی با چای‌کمپوست بیش‌ترین سرعت رشد محصول را در تمامی سطوح کودی دارا بود. ارزشمندترین ویژگی ورمی‌کمپوست در عملکرد

آنزیم‌ها، میکروارگانیسم‌ها و هورمون‌های مختلف موجود در آن است. ورمی‌کمپوست دارای آنزیم‌هایی مانند پروتئاز، لیپاز، آمیلاز و سلولاز است که در تجزیه مواد آلی خاک و در نتیجه در دسترس قرار دادن مواد مغذی مورد لزوم گیاهان نقش مؤثری دارد و با فراهم آوردن محیط رشد مناسب موجب افزایش سرعت رشد محصول می‌شود (Sajadi Nik & Yadavi, 2013). در یک بررسی که توسط آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2004) بر روی گیاه توت‌فرنگی (*Fragaria vesca* L.) و با استفاده از مقادیر 5 و 10 تن ورمی‌کمپوست در هکتار صورت گرفت، مشخص گردید که کاربرد ورمی‌کمپوست به طور معنی‌داری سطح برگ، زیست‌توده اندام هوایی و سرعت رشد گیاه توت‌فرنگی را در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش داد. آن‌ها این برتری را به افزایش جمعیت میکروبی خاک و تولید مواد محرک رشد مانند هورمون‌های گیاهی توسط آن‌ها که ناشی از فعالیت کرم‌های خاکی در ورمی‌کمپوست بود، نسبت دادند.



شکل2- روند تغییرات سرعت رشد گلرنگ تحت تیمارهای مختلف ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی

V_1: شاهد (صفر)، V_2: 4، V_3: 8 و V_4: 12 تن بر هکتار ورمی‌کمپوست

Fig. 2- Crop growth rate change trend of safflower under different vermicompost fertilizer application and foliar application

V_1: control, V_2: 4 V_3:8 and V_4: 12 $t.ha^{-1}$ vermicompost

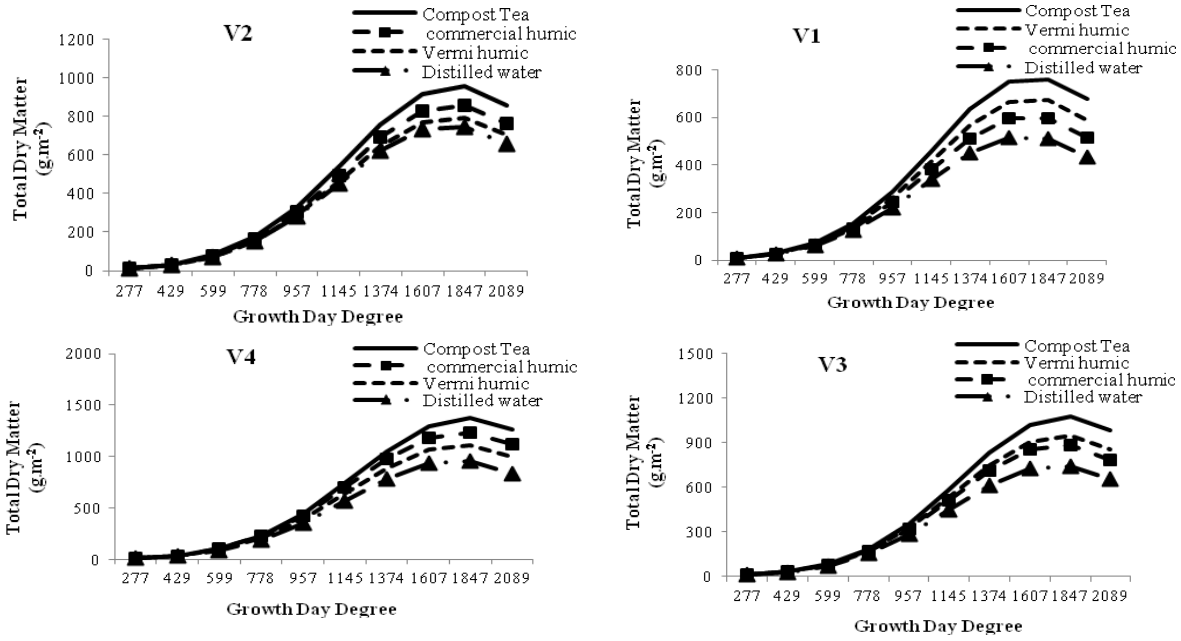
ماده خشک کل[1] (TDM)

وزن خشک بوته در واحد سطح یکی از متغیرهای مهم در تحقیقات به‌زراعی است، زیرا بیانگر توان تولید گیاه در طول فصل رشد است. نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس مربوط به ماده خشک کل در زمان دریافت حدود 1847 درجه-روز رشد نشان داد که اثر تیمارهای مربوط به اثرات اصلی ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی بر حداکثر ماده خشک کل در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3).

با افزایش سطوح کودی میزان وزن خشک کل گیاه گلرنگ افزایش یافت، به‌طوری‌که کاربرد 12 تن در هکتار ورمی‌کمپوست موجب افزایش 45 درصدی وزن خشک کل نسبت به شاهد در گلرنگ شد. با توجه به جدول 4 بیش‌ترین میزان ماده خشک (1170 گرم بر متر-مربع) از تیمار 12 تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح ورمی‌کمپوست و شاهد داشت و کم‌ترین آن (637 گرم بر مترمربع) از تیمار شاهد به‌دست آمد. هم‌چنین در تیمارهای محلول‌پاشی بیش‌ترین وزن خشک کل (1044 گرم بر متر-مربع) از تیمار چای‌کمپوست و کم‌ترین میزان آن از شاهد به‌دست آمد

1- Total dry matter

و محلول‌پاشی چای‌کمپوست موجب افزایش 29 درصدی وزن خشک کل در مقایسه با شاهد شد (جدول 4). شکل 3 نشان می‌دهد که روند افزایش ماده خشک در تیمارهای مختلف از یک روند معقولی پیروی می‌کند، به‌طوری‌که دیده می‌شود در ابتدای فصل رشد به‌دلیل پایین بودن دما و کم بودن سطح فتوسنتزی، تجمع ماده خشک روند کندی داشته و این روند در همه تیمارها مشاهده می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش کاربرد ورمی‌کمپوست روند تجمع ماده خشک نیز در گیاهان بیش‌تر می‌شود و تیمار 12 تن در هکتار ورمی‌کمپوست بالاتر از سایر تیمارها قرار گرفته است. علت افزایش تجمع ماده خشک با افزایش کاربرد ورمی‌کمپوست، تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست در افزایش رشد رویشی و در نتیجه بالا رفتن وزن خشک گیاه است. همچنین محلول‌پاشی چای‌کمپوست در همه سطوح کودی، بیش‌ترین میزان ماده خشک کل را به خود اختصاص داد. عناصر غذایی موجود در ورمی‌کمپوست، اعم از کم‌مصرف و پرمصرف به دلیل تحریک رشد رویشی و نیز انتقال دوباره مواد از برگ‌های مسن به برگ‌های جوان و در نتیجه ظهور دیرتر علایم پیری، از طریق بهبود شاخص‌های فیزیولوژیک مانند شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و فتوسنتز خالص، تأثیر خود را در افزایش تجمع ماده خشک نشان می‌دهد. در آزمایشی که با هدف مدیریت تلفیقی عناصر بر رشد، عملکرد و بازده اقتصادی ذرت انجام شد، کاربرد پنج تن درهکتار ورمی‌کمپوست و 25 درصد کود شیمیایی باعث افزایش تجمع ماده خشک در گیاه ذرت شد (Patra & Biswas, 2009). در آزمایشی که روی شبدر سفید (*Trifolium repense* L.) و یونجه (*Medicago sativa* L.) انجام شد، بیشترین بیوماس ساقه در شبدر سفید و یونجه به ترتیب از تیمار 5 و 20 درصد وزنی ورمی‌کمپوست به‌دست آمد و کمترین زیست‌توده مربوط به تیمار شاهد بود (Junying et al., 2009). در مطالعه‌ای در گیاه گاوزبان (*Borago officinalis* L.) مصرف چای‌کمپوست باعث افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام هوایی شد (El-Din & Hendawy, 2010) که با نتایج ما مطابقت داشت. می‌توان گفت وجود میکروارگانیسم‌ها، عناصر ریز مغذی و درشت مغذی موجود در چای‌کمپوست موجب افزایش وزن خشک گلرنگ شده است.



شکل 3- روند تغییرات ماده خشک کل گلرنگ تحت تیمارهای مختلف ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی

V_1: شاهد (صفر)، V_2: 4، V_3: 8 و V_4: 12 تن بر هکتار ورمی‌کمپوست

Fig. 3- Total dry matter change trend of safflower under different vermicompost fertilizer application and foliar application

V_1: control, V_2: 4 V_3:8 and V_4: 12 $t.ha^{-1}$ vermicompost

در مطالعه‌ای افزایش طول ساقه، سطح برگ و وزن خشک در گیاه موز (*Musa sapientum* L.) به دلیل وجود عناصر میکرو، اسید هیومیک و اسید فولیک موجود در چای‌کمپوست گزارش شد (Aremu et al., 2012).

سرعت جذب خالص[1] (NAR)

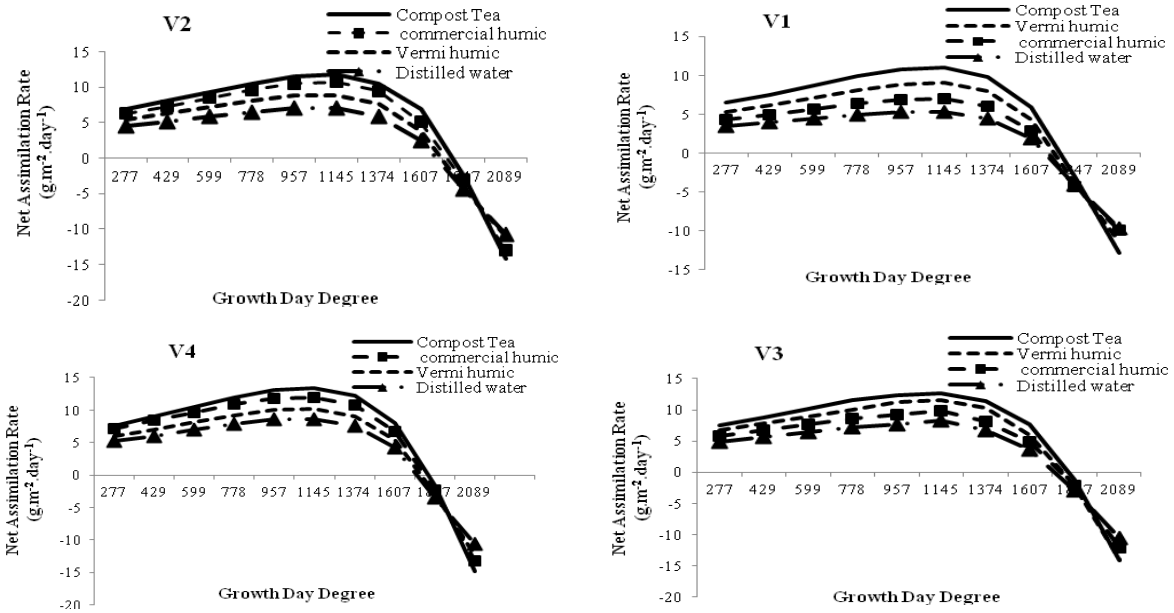
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی در سطح یک درصد و اثر متقابل ورمی‌کمپوست در محلول‌پاشی در سطح پنج درصد بر حداکثر سرعت جذب خالص در 1145 درجه-روز رشد معنی‌دار بود (جدول 3). با توجه به جدول 5 بالاترین میزان سرعت جذب خالص (13/42 گرم بر متر-مربع برگ بر روز) از تیمار 12 تن در هکتار ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی چای‌کمپوست و کمترین میزان سرعت جذب خالص (5/31 گرم بر مترمربع برگ بر روز) از تیمار شاهد به‌دست آمد. همان‌طورکه در شکل 4 مشاهده می‌شود، تا 1145 درجه-روز رشد سرعت جذب خالص افزایش می‌یابد، اما پس از آن با گذشت زمان به سرعت کاهش می‌یابد. در ابتدای فصل رشد چون رشد گلرنگ به صورت رزت است به علت هم‌پوشانی برگ‌ها، شدت فتوسنتز در برگ‌ها و میزان جذب خالص با سرعت کمی افزایش پیدا می‌کند، اما با افزایش رشد، برگ‌ها از هم باز می‌شوند و در معرض تشعشع خورشیدی قرار می‌گیرند و در نتیجه میزان فتوسنتز در آن‌ها بالا می‌رود. در نهایت، با وجود سطح برگ کم چون ماده خشک در آن‌ها نسبت به واحد سطح برگ بیش‌تر می‌شود، بنابراین میزان جذب خالص نیز افزایش پیدا می‌کند، اما دوباره با افزایش رشد بوته‌ها و برگ‌ها، سایه‌اندازی آن‌ها روی یکدیگر بیشتر می‌شود؛ سپس، شدت فتوسنتز و نسبت ماده خشک تولیدی به سطح برگ کاهش می‌یابد و به‌دنبال آن میزان جذب نیز کم می‌شود و نمودار آن روند نزولی پیدا می‌کند. در مطالعه‌ای روی ارقام گلرنگ مشاهده شد، روند سرعت جذب خالص در ابتدای فصل رشد (مرحله رشد سریع ساقه)، به‌صورت افزایشی و پس از آن، یعنی در مرحله انتهای گلدهی به صورت کاهشی است (Kashiri et al., 2004). همان‌طور که در روند سرعت جذب خالص (شکل 4) مشاهده می‌شود تیمار 12 تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دلیل دارا بودن تعداد برگ بیش‌تر نسبت به سایر تیمارها در انتهای مراحل رشدی کاهش بیش‌تری داشته که به‌نظر می‌رسد این امر به دلیل سایه‌اندازی و ریزش برگ‌ها در مراحل انتهایی رشد باشد و تیمار شاهد نیز به دلیل تولید تعداد برگ کم‌تر در مراحل انتهایی کاهش کم‌تری داشته است. در مورد تیمارهای محلول‌پاشی بالاترین سرعت جذب خالص در تمامی تیمارهای کودی از محلول‌پاشی چای‌کمپوست به‌دست آمد. به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی چای‌کمپوست با افزایش شاخص سطح برگ باعث کاهش کم‌تر در سرعت فتوسنتز می‌گردد که این امر می‌تواند به دلیل گسترش و بسته شدن سریع‌تر پوشش گیاهی باشد.

سرعت رشد نسبی[2] (RGR)

روند تغییرات سرعت رشد نسبی در همه تیمارها تقریبا شبیه هم بود. حداکثر سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد و با دریافت 277 درجه-روز رشد حاصل شد و پس از آن، کاهش یافت. با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر اصلی ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی بر حداکثر سرعت رشد نسبی در زمان دریافت 277 درجه-روز رشد در سطح یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل ورمی‌کمپوست در محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول 3). بیش‌ترین میزان سرعت رشد نسبی (0/123 گرم بر گرم بر روز) از تیمار 12 تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح ورمی‌کمپوست نداشت و کم‌ترین میزان آن (0/103 گرم بر گرم بر روز) از تیمار شاهد به‌دست آمد. همچنین در تیمارهای محلول‌پاشی بیش‌ترین سرعت رشد نسبی (0/148 گرم بر گرم بر روز) از تیمار محلول‌پاشی چای‌کمپوست و کم‌ترین آن (0/085 گرم بر گرم بر روز) از تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول 4). تغییرات سرعت رشد نسبی بر مبنای درجه-روز رشد در ترکیبات تیماری مختلف نشان می‌دهد که در تمام ترکیبات تیماری، سرعت رشد گیاه با افزایش سن گیاه کاهش یافته است، تغییرات سرعت رشد نسبی (شکل 5) نشان می‌دهد که در تمام ترکیبات تیماری، سرعت رشد نسبی با افزایش سن گیاه کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد که در تیمار 12 تن در هکتار ورمی‌کمپوست رقابت بر سر آب و مواد غذایی در دوره کم‌تری از فصل رشد بوده و در نتیجه میزان فتوسنتز خالص و سرعت رشد نسبی افزایش بیش‌تری نسبت به سایر سطوح کودی داشته است. در تیمارهای محلول‌پاشی، محلول‌پاشی چای‌کمپوست بیش‌ترین مقدار سرعت رشد نسبی را در همه زمان‌ها و همه سطوح کودی داشت.

1- Net assimilation rate

2- Relative growth rate

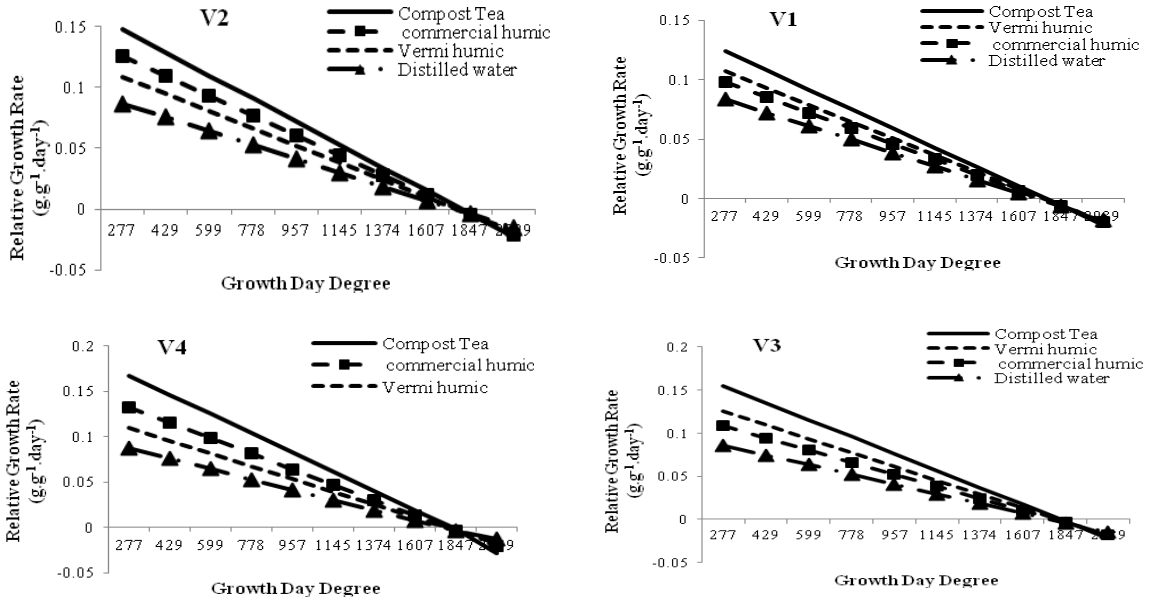


شکل 4- روند تغییرات سرعت فتوسنتز خالص گلرنگ تحت تیمارهای مختلف ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی

V_1: شاهد (صفر)، V_2: 4، V_3: 8 و V_4: 12 تن بر هکتار ورمی‌کمپوست

Fig. 4- Net assimilation rate change trend of safflower under different vermicompost fertilizer application and foliar application

V_1: control, V_2: 4 V_3:8 and V_4: 12 $t.ha^{-1}$ vermicompost



شکل 5- روند تغییرات سرعت رشد نسبی گلرنگ تحت تیمارهای مختلف ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی

V_1: شاهد (صفر)، V_2: 4، V_3: 8 و V_4: 12 تن بر هکتار ورمی‌کمپوست

Fig. 5- Relative growth rate change trend of safflower under different vermicompost fertilizer application and foliar application

V_1: control, V_2: 4 V_3:8 and V_4: 12 $t.ha^{-1}$ vermicompost

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه داشت، اما اثر متقابل ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت (جدول 3). به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه (3709 کیلوگرم بر هکتار) از تیمار 12 تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار هشت تن در هکتار نداشت و کمترین آن (2639 کیلوگرم بر هکتار) از تیمار چهار تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت (جدول 4). استفاده از ورمی‌کمپوست علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک (قارچ‌های میکوریز و میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات)، با فراهم کردن دسترسی گیاه به عناصر غذایی مورد نیاز آن مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شود (Arancon et al., 2004). می‌توان علت افزایش عملکرد دانه را در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی چای‌کمپوست به بالا بودن شاخص سطح برگ و وزن خشک گیاه نسبت داد. با افزایش شاخص سطح برگ، نور بیش‌تری توسط گیاه دریافت می‌کند و در نتیجه به‌علت فتوسنتز بیش‌تر، سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک نیز افزایش می‌یابد و افزایش شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود. مهشبابو و همکاران (Maheshbabu et al., 2008) با بررسی مصرف تلفیقی کودهای آلی در سویا دریافتند که عملکرد دانه با مصرف تلفیقی ورمی‌کمپوست و کودهای دامی افزایش معنی‌داری را نشان داد. سوجاتا و همکاران (Sujatha et al., 2008) نیز در زمینه کاربرد تلفیقی ورمی‌کمپوست با کودهای آلی نتایج مشابهی را بر روی گیاه ذرت گزارش نمودند. در مطالعه‌ای بر روی کنجد (*Sesamum indicum* L.) کاربرد 10 تن در هکتار ورمی‌کمپوست موجب افزایش عملکرد دانه در این گیاه شد (Sajadi Nik &Yadavi, 2013). در مطالعه‌ای رشد بهتر و عملکرد بالاتر گیاهان در اثر کاربرد چای‌کمپوست و ورمی‌واش را به آزادسازی آهسته عناصر غذایی به همراه اکسین و جیبرلین ناشی از کاربرد این کود ها نسبت دادند (Ansari, 2008). در مطالعه‌ای بر روی کلزا (*Brassica napus* L.) مصرف چای‌کمپوست باعث افزایش عملکرد دانه در این گیاه شد (Pant et al., 2009) که با نتایج آزمایش ما مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص سطح برگ، ماده خشک کل، سرعت رشد نسبی و عملکرد دانه تحت تأثیر اثرات اصلی ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی قرار گرفت، به‌طوری‌که در بین سطوح کودی، کاربرد 12 تن در هکتار ورمی‌کمپوست و در تیمارهای محلول‌پاشی، محلول‌پاشی چای‌کمپوست موجب افزایش صفات فوق نسبت به تیمار شاهد شد. سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص علاوه بر اثرات اصلی، تحت تأثیر اثرات متقابل ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی نیز قرار گرفت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص از تیمار 12 تن در هکتار ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی چای‌کمپوست به‌دست آمد. در این بررسی می‌توان دلیل افزایش عملکرد دانه را افزایش کلیه شاخص‌های رشدی با کاربرد ورمی‌کمپوست و چای‌کمپوست ذکر کرد. در مجموع می‌توان گفت در شرایط آب و هوایی مشابه رفسنجان (گرم و خشک)، از لحاظ اقتصادی کاربرد کود زیستی ورمی‌کمپوست به میزان 12 تن در هکتار و در مورد محلول‌پاشی، محلول‌پاشی چای کمپوست مناسب‌ترین تیمار برای افزایش شاخص‌های رشدی و عملکرد گیاه گلرنگ است.

منابع

Ali, S., Khan, A.R., Miraj, G., Arif, M., Fida, M., and Bibi, S. 2002. Assessment of different crop nutrient management practices for yield improvement. Australian Journal of Crop Science 2(3): 150-157.

Amini, F., Saeidi, G., and Arzani, A. 2008. Relationship among seed yield and its components in genotypes of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 12(45): 525-535. (In Persian)

Ansari, A.A. 2008. Effect of vermicompost and vermiwash on the productivity of spinach (*Spinacia oleracea*), onion (*Allium cepa*) and potato (*Solanum tuberosum*). World Journal of Agricultural Sciences 4(5): 554-557.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Biology Resource Technology 93: 145-153.

Aremu, A.O., Kulkarni, M.G., Bairu, M.W., Finnie, J.F., and Van Staden, J. 2012. Growth stimulation effects of smoke-water and vermicompost leachate on greenhouse grown-tissue-cultured 'Williams' bananas. Plant Growth Regulation 66: 111-118.

Astaraei, A.R., and Ivani, R. 2008. Effect of organic sources as foliar spray and root media on nutrition of cowpea plant. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 3: 352-356.

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: 175-180.

Ayas, H., and Gulser, F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of Biological Sciences 5: 801- 804.

Bess, V.H. 2000. Understanding compost tea. Biocycle 41: 71-72.

Cavender, N.D., Atiyeh, R.M., and Knee, M. 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of *Sorghum bicolor* L. at the expense of plant growth. Pedobiologia 47: 85-89.

El-Din, A.A.E., and Hendawy, S. 2010. Effect of dry yeast and compost tea on growth and oil content of *Borago officinalis* plant. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 6(4): 424-430.

Fritz, J., Franke-Whittle, I., Haindl, S., Insam, H., and Braun, R. 2012. Microbiological community analysis of vermicompost tea and its influence on the growth of vegetables and cereals. Canadian Journal of Microbiology 58: 836-847.

Ghorbani, S., Khazaie, H.R., Kafi, M., and Bannayan Aval, M. 2010. Effects of humic acid application in irrigation water on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). Journal of Agroecology 2(1): 123-131. (In Persian with English Summary)

Hameeda, B., Harini, G., Rupela, O., and Reddy, G. 2007. Effect of composts or vermicomposts on sorghum growth and mycorrhizal colonization. African Journal of Biotechnology 6: 9-12.

Junying, Z., Yongli, X., and Fuping, L. 2009. Influence of cow manure vermicompost on plant growth and microbes in rhizosphere on iron tailing. Bioinformatics and Biomedical Engineering. 3th International Conference, 11-13 June 2009, Beijing, China, 1-4.

Karimi, M.M., and Siddique, H.M. 1991. Crop growth and relative growth rate of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agriculture Research 42: 13-20.

Kashiri, M., Latifi, N., and Ghasemi, M. 2004. Growth analysis of four safflower cultivars at different plant arrangement in dryland condition. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 10(4): 85-95. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., and Bannayan Aval, M. 1994. Physiology of Crop Yield. Publications University of Mashhad, Mashhad, Iran 424 pp. (In Persian)

Loveland, P., and Webb, J. 2003. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: A review. Soil and Tillage Research 70: 1-18.

Maheshbabu, H.M., Hunje, R., Biradarpatil, N.K., and Babalad, H.B. 2008. Effect of organic manures on plant growth, seed yield and quality of soybean. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 21(2): 219-221.

McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. Seed Science and Technology 27: 177-237.

Nemati Darbandi, H., Azizi, M., Mohammadi, S., and KarimPour, S. 2013. Reviewing the effect of vermiwash foliar application on morphological characteristics, percentage and yield of lemon balm essence (*Melissa officinalis* L.). Journal of Horticultural Science 27(4): 411-417. (In Persian)

Norman, Q., Edwards, A., Lee, S., and Byrne, R. 2006. Effect of humic acids from vermicomposts on plant growth. European Journal of Soil Biology 42: 65-69.

Pant, A.P., Radovich, T.J., Hue, N.V., Talcott, S.T., and Krenek, K.A. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. Journal of the Science of Food and Agriculture 89: 2383-2392.

Pant, A.P., Radovich, T.J., Hue, N.V., and Paull, R.E. 2012. Biochemical properties of compost tea associated with compost quality and effects on pak choi growth. Scientia Horticulturae 148: 138-146.

Pant, A., Radovich, T., Hue, N., and Arancon, N. 2011. Effects of vermicompost tea (aqueous extract) on pak choi yield, quality and on soil biological properties. Compost Science and Utilization 19: 279-292.

Patra, P., and Biswas, S. 2009. Integrated nutrient management on growth, yield and economics of maize (*Zea mays* L) under terai region. Journal of Crop and Weed 5(1): 136-139.

Pyrasteh Anoosheh, H., Emam Y., and Jamali Ramin, F. 2010. Comparing between the effect of biological and chemical fertilizer on growth, yield a sunflower oil percentage in different levels of drought tension. Journal of Agroecology 2(3): 492-501. (In Persian with English Summary)

Rashtbari, M., and Alikhani, H.A. 2012. Effect and efficiency of municipal solid waste compost and vermicompost on morpho-physiological properties and yield of canola under drought stress conditions. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production 22(2): 113-127. (In Persian with English Summary)

Sajadi Nik, R., and Yadavi, A.R. 2013. Effect of nitrogen fertilizer, vermicompost and nitroxin on growth indexes, phonological stages and grain yield of Sesame. Electronic Journal of Crop Production 6(2): 73-99. (In Persian with English Summary)

Sarmadnia, G.H., and Koocheki, A. 1993. Crop Physiology. Publications University of Mashhad, Mashhad, Iran 468 pp. (In Persian)

Siddiqui, Y., Meon, S., Ismail, R., Rahmani, M., and Ali, A. 2008. Bio-efficiency of compost extracts on the wet rot incidence, morphological and physiological growth of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). Scientia Horticulturae 117: 9-14.

Sujatha, M.G., Lingaraju, B.S., Palled, Y.B., and Ashalatha, K.V. 2008. Importance of integrated nutrient management practices in maize under rain fed condition. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 21: 334-338.

Yasari, T., Khoshhal, J., and Shahsavari, M. 2013. Planting dates zoning of safflower varieties in Esfahan province. Geography and Environmental Planning Journal 24(1): 171-182. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 3, Fall 2017, p. 805-820

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 9، شماره 3، پاییز 1396، ص. 820-805

Effect of Vermi-compost Fertilizer Application and Foliar Spraying of Compost Tea and Acid Humic on Growth Indices of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

M. Safaee[1], A. Rahimi[2], B. Torabi[3] and A. Khoram Ghahfarokhi[1*]

Submitted: 02-12-2015
Accepted: 18-08-2016

Safaee, M., Rahimi, A., Torabi, B., and Khoram Ghahfarokhi, A. 2017. Effect of vermicompost fertilizer application and foliar spraying of compost tea and acid humic on growth indices of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 9(3): 805-820.

Introduction

Safflower (*Carthamus tinctorius*) is an annual crop with high environmental compatibility and resistant to drought condition. Vermi-compost is the ability of some species of earthworms to consume and break down a wide range of organic residues such as sewage sludge, animal wastes, crop residues and industrial refuse. Vermi-composts are usually more stable than their parent materials with increased availability of nutrients and improved physicochemical and microbiological properties. Aerial compost tea contains high populations of live microorganism consisting of rhizobactria, trichoderma and pseudomonas species which increase the growth and yield of the plant. Acid humic is the main humic substance and the important ingredient of soil organic matter (humus) which increase crop yield and quality. The aim of this study is evaluating potential use of vermi-compost as a biological fertilizer in safflower production and assessment of foliar application of compost tea and humic acid related to vermi-compost utilization in safflower production.

Material and Methods

In order to study the effect of vermi-compost and foliar application of compost tea and acid humic on growth indices of safflower (*Carthamus tinctorius* L.), an experiment was conducted as a factorial based on complete randomized design with three replications in agricultural research farm at Vali-e-Asr University of Rafsanjan. Treatments were included application of vermi-compost (0 (control), 4, 8 and 12 $t.ha^{-1}$) and 4 level of foliar application (distilled water as control, acid humic derived from vermi-compost, commercial acid humic and compost tea). Samples collected from the center of each treatment plot with observance of margin effect. Samples were taken 30 days after planting which is collected 10 times over the growth stage every 10 days for determine of total dry weight, LAI change trend, CGR, NAR and RGR.

Results and Discussion

Results indicated that vermi-compost and foliar application treatment significantly affected LAI, CGR, NAR, TDM and RGR. Applying more vermi-compost resulted in higher CGR and NAR which is observed under 12 $t.ha^{-1}$ vermi-compost and the lowest level of vermi-compost (control) resulted in 1145 GDD. The highest and the lowest LAI, CGR and NAR obtained under tea compost foliar application treatment and control, respectively. Under all treatments declining trend observed from 1145 GDD (first flower appearance). The highest total dry matter obtained under the 12 $t.ha^{-1}$ vermi-compost at 1847 GDD and the maximum of RGR observed in early growth (277 GDD) in 12 $t.ha^{-1}$ vermi-compost with foliar application of tea compost and then declined. It is also resulted that the highest seed yield obtained from 8 $t.ha^{-1}$ vermi-compost with no significant difference with 12 $t.ha^{-1}$ vermi-compost. Vermi-compost have available plant nutrient solution which increase leaf area indices compared with none use vermi-compost treatment. Hameeda et al. (2007) reported that using 10 $t.ha^{-1}$ vermi-compost increased the leaf area of sorghum more than 34 % compared with control. Arancon et al. (2004) also reported that using 5 and 10 $t.ha^{-1}$ vermi-compost significantly increased leaf area, shoot dry matter and RGR in strawberry. Vermi-comost due to containing micro and macro element, plant growth stimulate and hormones can

1 1, 2 and 3- MSc Graduated Student, Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan and Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Azadeh_khoram@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v9i3.51879

improvement of physiological indices like LA, CGR and NAR and finally total dry weight. Vermi-compost have different enzyme like protease, lipase, amylase and cellules which decompose the soil organic matter and the plant remains and increase the plant availability of nutritional element.

Conclusion

Results indicated that using 12 $t.ha^{-1}$ vermi-compost and foliar application of compost tea caused increasing of LAI, CGR, TDM, NAR and RGR compared with control. It is also resulted that using 8 and 12 $t.ha^{-1}$ vermi-compost significantly increased safflower yield while no significant effect observed from foliar application. Totally, it is concluded that in Rafsanjan climate, using 12 $t.ha^{-1}$ vermi-compost is the best treatment for increasing growth indices and seed yield of safflower.

Keywords: Leaf area, Physiological growth indices, Seed yield, Dry matter