نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۳۰-۱۵

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 1, Spring 2017, p. 15-30

ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های رشد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در سیستم‌های کشاورزی ارگانیک و متداول

مهدیه حاج غنی[۱]، امیر قلاوند[۲]* و سید علی محمد مدرس ثانوی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۰۷

حاج غنی، م.، قلاوند، ا.، و مدرس ثانوی، ع.م. ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های رشد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در سیستم‌های کشاورزی ارگانیک و متداول. بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۱): ۳۰-۱۵.

چکیده

استفاده از کودهای آلی در سیستم کشاورزی پایدار، پایداری تولید را در تولید گیاهان زراعی بهبود می‌بخشد. این تحقیق به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف ورمی‌کمپوست (صفر، سه، شش و نه تن در هکتار) و محلول‌پاشی اسیدهیومیک (صفر، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام) برگلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) بهاره (رقم محلی اصفهان) به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در منطقه کرمان طی دو سال ۹۲- ۱۳۹۱ انجام شد. تیمارهای ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک به ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی اعمال شدند. تیمار اسیدهیومیک به صورت محلول‌پاشی سطح برگ‌ها در دو مرحله طویل شدن ساقه و زمان گلدهی اعمال گردید. به علاوه یک تیمار شیمیایی تحت عنوان کشاورزی متداول به صورت جدا از تیمارهای ارگانیک برای هر تکرار در نظر گرفته شد. در این بررسی، شاخص‌های رشد، اجزای عملکرد و عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین، از دو آنالیز آماری مجزا برای مقایسه تیمارهای ارگانیک با هم و مقایسه تیمارهای آلی با کشاورزی متداول استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ (LAI)، ماده خشک کل (TDW) و سرعت رشد محصول (CGR) در تیمارهای ۹ تن ورمی‌کمپوست در هکتار و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک و کمترین میزان در کشاورزی متداول حاصل شد. همچنین، نتایج نشان داد که افزایش ورمی‌کمپوست منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، تعداد غوزه در بوته و تعداد دانه در غوزه گردید، اما وزن هزار دانه تحت تأثیر این تیمار قرار نگرفت. با افزایش غلظت اسیدهیومیک از ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه و عملکرد دانه نیز به طور معنی‌دار افزایش یافت؛ اما وزن هزار دانه کاهش پیدا کرد. اثر متقابل ۹ تن ورمی‌کمپوست در هکتار و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک دارای بالاترین میانگین تعداد غوزه در بوته (۲۴/۷۵)، تعداد دانه در غوزه (۵۶/۷۱) و عملکرد دانه (۴۲۶۸/۱۷ کیلوگرم در هکتار) در دو سال بود که در مقایسه با کشاورزی متداول به ترتیب ۷۹/۲، ۳۰/۴ و ۸۹/۵ درصد افزایش نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: اسیدهیومیک، تعداد غوزه در بوته، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، ورمی‌کمپوست

مقدمه

ویژگی اصلی سیستم کشاورزی متداول علاوه بر مصرف بالای کودهای شیمیایی، افت کیفیت خاک و محصولات غذایی به دلیل کاهش ماده آلی خاک است که در مناطق خشک و نیمه خشک اهمیت بیشتری دارد (Liu et al., 2009). افزایش رشد تقاضای مصرف کنندگان برای محصولات سالم‌تر و انتقاد از سیستم‌های تولید پرنهاده باعث شده که تأکید بیشتری روی تولید گیاهان زراعی تحت سیستم‌های ارگانیک باشد (Guarda et al., 2004). گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) بومی خاورمیانه و متعلق به خانواده کاسنی[۳] است (Weiss, 2000) و از ویژگی‌های ممتاز آن مقاومت به

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری اگرواکولوژی و استاد،گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران
(*- نویسنده مسئول: (Email: ghalavaa@modares.ac.ir
DOI:10.22067/jag.v9i1.31520

۳- Asteraceae

شوری، خشکی و قابلیت دسترسی به آب‌های لایه‌های زیرین است. این گیاه به دلیل صفات ارگانیک مطلوب، فواید بی‌شمار در تناوب با غلات و سایر گیاهان زراعی (Bradley & Johnson, 2001) و استفاده‌های دارویی پتانسیل زیادی برای توسعه دارد (Elfadl et al., 2009). از اسیدهیومیک به عنوان کود آلی دوستدار طبیعت نام برده می‌شود که مقادیر بسیار کم آن به دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثرات مفیدی در افزایش و بهبود تولید محصولات کشاورزی دارد (Samavat & Malakuti, 2006). اثر مواد هوموسی بر رشد گیاه بستگی به منبع، غلظت و وزن مولکولی این مواد دارد (Nardi et al., 2002). محلول‌پاشی برگی لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L. Walp) با اسیدهیومیک ماندگاری قطره‌ها را روی سطح برگ و جذب عناصر غذایی توسط گیاه را افزایش داد؛ برگ‌های تیمار شده، انبوه‌تر، شاداب‌تر و رنگ سبز تیره‌تری را داشتند که به فعالیت فتوسنتزی بالاتری منتهی شد (Astaraei & Ivani, 2008). کاربرد اسیدهیومیک همراه با روی، نیتروژن و یا به تنهایی در گندم نان (*Triticum aestivum* L.) و دوروم (*Triticum durum* Desf.)، وزن خشک ساقه و ریشه و عملکرد دانه را افزایش داد (Kaya et al., 2005). در مطالعه دیگری اسیدهیومیک (صفر، یک، دو و سه کیلوگرم در هکتار) رشد رویشی، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌ها، وزن تر، سطح برگ گیاه و عملکرد کل غلاف را در لوبیا چشم بلبلی افزایش داد (El-Hefny, 2010). محلول‌پاشی برگ‌های ارزن (*Panicum miliaceum* L.) با اسیدهیومیک طول ریشه، ارتفاع گیاه، طول خوشه، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، محتوای پروتئین خام و تعداد دانه در پانیکول را افزایش می‌دهد (Saruhan et al., 2011). ورمی‌کمپوست با به‌کارگیری کرم‌های خاکی تشکیل می‌شود که عمده‌ترین آن‌ها *ایسنیا فوتیدا*[1] می‌باشد سطح مواد مغذی در ورمی‌کمپوست نسبت به مواد اصلی کمپوست‌هایی که از روش‌های دیگری به دست می‌آیند بالاتر خواهد بود. ورمی‌کمپوست منبع غنی از عناصر پر-مصرف، کم‌مصرف، ویتامین‌ها، آنزیم‌ها و هورمون‌های محرک رشد گیاه است. از این‌رو، استفاده از آن در کشاورزی پایدار باعث افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک می‌گردد (Prabhaet al., 2007). طی فرآیند ورمی‌کمپوست عناصر ضروری گیاه مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم وکلسیم موجود در ضایعات آلی به شکل قابل دسترس برای گیاه تبدیل می‌شوند (Ndegwa & Thampson, 2001). ورمی‌کمپوست در تحریک گلدهی، افزایش تعداد، بیوماس گل‌ها (Arancon et al., 2008) و عملکرد میوه اثر مثبت دارد (Singh et al., 2008). در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) گزارش شده که کاربرد غلظت‌های مختلف ورمی‌کمپوست منجر به افزایش قطر طبق، وزن طبق، تعداد ریشه، طول ریشه و افزایش غلظت عناصر معدنی شده است (Ramasamy & Umavathi, 2011). استفاده از ورمی‌کمپوست در گیاه کرچک (*Ricinus communis* L.) منجر به افزایش معنی‌دار در تجمع ماده خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه و سرعت آسیمیلاسیون خالص در مقایسه با شاهد شد (Amin Ghafouri et al., 2011). در مورد زراعت ارگانیک گلرنگ کار زیادی انجام نشده است. نتیجه بررسی اثر سطوح مختلف کمپوست کود دامی بر بعضی خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد گلرنگ بیانگر این است که استفاده از سطوح مختلف کمپوست باعث افزایش معنی‌دار صفات مورفولوژیک، محتوای کارتامین گلبرگ‌ها و محتوای روغن بذر در مقایسه با تیمار شاهد می-شود (Kawthar et al., 2010). تحقیق حاضر با هدف تعیین اثر تیمارهای کود ارگانیک بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های رشد گلرنگ و مقایسه آن با کشاورزی متداول صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان (عرض جغرافیایی: ´۲۹ ۳۰ شمالی؛ طول جغرافیایی: ´۱۴ °۴۰ شرقی) طی دو سال ۹۲- ۱۳۹۱ انجام شد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۷۵۶ متر و میانگین بارش سالانه ۱۵۵ میلی‌متر می‌باشد (Meteorogical data of Kerman, 2013). این‌آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی ودر سه تکرار انجام شد که دو منبع آلی ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک به عنوان تیمارهای ارگانیک مورد بررسی قرار گرفتند. ویژگی‌ها و ترکیبات سازنده تیمارهای آزمایش در جدول ۱ آمده است. قبل از شروع آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه-برداری و بافت خاک، هدایت الکتریکی، pH، درصد کربن آلی و عناصر غذایی تعیین شد (جدول ۱).

چهار سطح ورمی‌کمپوست (V: صفر، سه، شش و نه تن در هکتار) تولید شده در حومه شهر کرمان (شرف آباد) با توجه به نتایج

۱- *Eisenia fotida*

آزمون خاک، نیاز غذایی گیاه گلرنگ و درصد نیتروژن ورمی‌کمپوست در کرت‌های اصلی اعمال گردید. مقادیر ورمی کمپوست بر اساس مقدار نیاز بهینه، ۵۰ درصد بالاتر و پایین‌تر از آن برای گیاه گلرنگ در نظر گرفته شد. با توجه به درصد نیتروژن ورمی‌کمپوست (۱/۶ درصد) در این آزمایش سه، شش و نه تن ورمی‌کمپوست به ترتیب حاوی ۴۸، ۹۶ و ۱۴۴ کیلوگرم نیتروژن است که مبنای مقایسه با تیمارکود شیمیایی است؛ اما با توجه به این نکته که عناصرغذایی از کودهای آلی بر خلاف کودهای شیمیایی به تدریج آزاد و در اختیار گیاه قرار می‌گیرند مقدار بهینه ورمی‌کمپوست بر اساس میزان نیتروژن، بالاتر از معادل کود شیمیایی در نظر گرفته شد.

چهار غلظت اسیدهیومیک (HA: صفر، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام) به صورت هومات پتاسیم مایع با توجه به مقدار توصیه شده برای دانه‌های روغنی (طبق دستورالعمل کارخانه سازنده) در کرت‌های فرعی بررسی شدند. در این تحقیق به منظور مقایسه تیمارهای ارگانیک با کشاورزی متداول منطقه، به ازای هر تکرار یک تیمار کود شیمیایی (CA[۱]) نیز به صورت جدا از طرح آزمایشی مربوط به تیمارهای ارگانیک در نظر گرفته شد. در کشاورزی متداول ۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره (همزمان با کاشت و در مرحله طویل شدن ساقه)، ۵۰ کیلوگرم فسفر خالص (P_2O_5) از منبع سوپرفسفات و ۵۰ کیلوگرم پتاسیم خالص در هکتار (K_2O) به صورت سولفات پتاسیم قبل از کاشت به زمین داده شد.

این آزمایش در زمینی به مساحت ۱۲۰۰ مترمربع اجرا شد که کشت قبلی این زمین یونجه (*Medicago sativa* L.) چند ساله بوده است. قطعه آزمایشی طی فصل پاییز سال قبل از کشت شخم زده شد و عملیات آماده‌سازی در بهار صورت گرفت. زمان کشت با توجه به شرایط آب و هوایی سال زراعی و آمار هواشناسی منطقه در هشت اردیبهشت ماه (هر دو سال) صورت گرفت. هر کرت آزمایشی با ابعاد ۲ × ۷ متر شامل چهار ردیف کاشت با فواصل ۴۰ سانتی‌متر بود؛ فاصله روی خطوط ۱۰ سانتی‌متر (تراکم ۲۵۰۰۰۰ بوته در هکتار) در نظر گرفته شد. در این آزمایش از گلرنگ رقم محلی اصفهان (۲۸۱۹) استفاده شد که مقدار روغن دانه این رقم ۳۲ درصد، و وزن هزار دانه آن ۳۴ گرم می‌باشد (Ahmadzadeh et al., 2010). نحوه کشت به صورت جوی و پشته‌ای (فارویی) و کنار پشته‌ها بود. سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و مقادیر ذکر شده کود شیمیایی در تیمار کشاورزی متداول قبل از کاشت در سطح خاک مخلوط شد. کشت به صورت هیرم‌کاری در عمق ۴-۳ سانتی‌متری خاک انجام شده و بلافاصله بعد از عملیات کاشت آبیاری صورت گرفت. آبیاری به صورت نشتی و با فاصله یک هفته تا مرحله ساقه رفتن و سپس ۱۰ روز تا پایان رشد در نظر گرفته شد. طی فصل رشد عملیات وجین علف‌های هرز بر حسب نیاز و به صورت دستی انجام گرفت.

تیمار اسیدهیومیک دو بار به صورت محلول‌پاشی در مراحل طویل شدن ساقه (۴۰ روز پس از کاشت) و گلدهی (۶۵ روز پس از کاشت) اعمال گردید. در تیمار کشاورزی متداول نیز محلول‌پاشی ۱۰۰۰ پی-پی‌ام مخلوط روی و آهن در دو مرحله مذکور صورت گرفت.

در طول فصل رشد شاخص‌های رشد بر اساس درجه روز رشد ($GDD^{۲}$) مطابق معادله (۱) محاسبه شدند. سپس میانگین تجمعی دو سال برای هر مرحله رشد برای کل فصل رشد محاسبه گردید.

$$GDD = [(T_{min}+T_{max})/2] - T_b \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله، T_{max}: حداکثر دمای روزانه با حد بالای ۳۰°C، T_{min}: حداقل دمای روزانه با حد پایین ۵°C و T_b: دمای پایه است که برای گیاه گلرنگ ۵°C است (Weiss, 2002). برای تعیین شاخص-های رشد، نمونه‌برداری تخریبی در شش مرحله رشد با فواصل زمانی ۲۰ روز و در سطح نیم مترمربع انجام شد و شاخص‌های وزن خشک کل ($TDW^{۳}$)، شاخص سطح برگ ($LAI^{۴}$) و سرعت رشد محصول ($CGR^{۵}$) اندازه‌گیری شدند. LAI با اندازه‌گیری سطح برگ در واحد سطح زمین به‌دست آمد. CGR بر حسب گرم بر مترمربع (سطح زمین) بر درجه روز رشد مطابق معادله (۲) به دست آمد:

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{SA\,(dd_2 - dd_1)} \quad \text{معادله (۲)}$$

که W_1 و W_2: برابر با وزن خشک کل گیاه در ابتدا و پایان فاصله نمونه‌برداری، dd_1 و dd_2: برابر با GDD تجمعی در شروع و پایان نمونه‌برداری و SA: برابر با مترمربع سطح زمین اشغال شده توسط گیاهان در هر نمونه‌برداری می‌باشد.

در مرحله رسیدگی فیزیولوژکی گیاه، تعداد ۲۵ گیاه از سطح یک

۱ - Conventional agriculture

۲- Growth degree day
۳- Total dry weight
۴- Leaf area index
۵- Crop growth rate

مترمربع دو خط میانی کرت‌ها برداشت شد و ۴۸ ساعت در کوره الکتریکی با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس صفات تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، وزن هزار دانه (گرم) و عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) اندازه‌گیری شدند. میانگین تعداد غوزه در بوته از شمارش غوزه‌های ۲۵ بوته برداشت شده در پایان فصل رشد محاسبه گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک

Table 1- Physical and chemical properties of the soil, vermicompost and humic acid

خاک Soil	عمق (۳۰-۰ سانتی‌متر) Depth (0-30 cm)									
بافت Texture	شن (درصد) Sand (%)	لوم (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	روی (پی‌پی‌ام) Zn (ppm)
شنی Sandy	76	14	10	7.9	0.83	0.58	0.06	8	253	0.88
ورمی‌کمپوست Vermicompost	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	آهن (پی‌پی‌ام) Fe (ppm)	روی (پی‌پی‌ام) Zn (ppm)	مس (پی‌پی‌ام) Cu (ppm)	منگنز (پی‌پی‌ام) Mn (ppm)	کادمیوم (پی‌پی‌ام) Cd (ppm)	
مقدار Value	15.8	1.6	1200	6000	0.78	7.32	0.88	7.68	0.21	
اسیدهیومیک Humic acid	آب (درصد) Water(%)	اسیدهیومیک (درصد) Humic acid (%)	اسیدفولویک (درصد) Fulvic acid (%)	هومات پتاسیم (درصد) Potassium humate (%)						
	82	12	3	3						

جدول ۲- GDD تجمعی و مراحل رشد بر حسب تاریخ نمونه‌برداری

Table 2-Accumulation GDD and growth stages based on sampling dates

مرحله رشد Growth stage	GDD تجمعی Cumulative GDD	روز پس از کاشت (DAP) Day after planting (DAP)	تاریخ نمونه‌برداری Date of sampling
دوبرگی Two- leaf	84.65	7	4/5/2012-2013
هشت برگی Eight-leaf	367.04	27	24/5/2012-2013
طویل شدن ساقه Stem elongation	740.79	47	13/6/2012-2013
ظهور غنچه‌ها Flower buds emergence	1131.29	67	3/7/2012-2013
اوج گلدهی Flowering peak	1542.59	87	23/7/2012-2013
پر شدن دانه Seed filling	1958.89	107	12/8/2012-2013

تعداد دانه در غوزه نیز برای ۲۰ غوزه از هر تیمار که به طور تصادفی انتخاب شده بودند مورد شمارش قرار گرفت و میانگین گرفته شد. عملکرد دانه در هر تیمار با توزین دانه‌های مربوط به ۲۵ بوته با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ محاسبه گردید و معادل آن در هکتار

به دست آمد. از بذرهای حاصل از عملکرد هر تیمار، ۱۰۰ دانه به تصادف برای محاسبه وزن هزار دانه شمارش گردید.

محاسبات آماری به صورت تجزیه مرکب نتایج دو ساله پس از آزمون بارتلت[1] با نرم افزار SAS نسخه ۹/۲ در دو بخش انجام شد: ۱- تجزیه مرکب کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی جهت مقایسه ۱۶ تیمار ارگانیک. ۲- تجزیه مرکب در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی جهت مقایسه تیمارهای آلی با تیمار کشاورزی متداول. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

شاخص‌های رشد

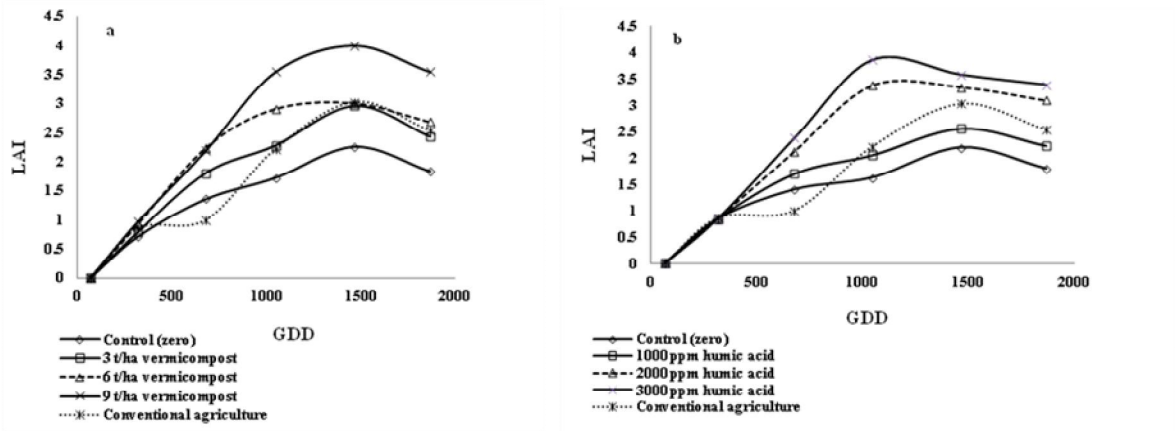
شاخص سطح برگ (LAI): با افزایش مصرف ورمی-کمپوست از صفر تا نه تن در هکتار پس از مرحله هشت برگی (۳۶۷= GDD)، میانگین LAI دوساله به طور معنی‌دار افزایش یافت (نتایج تجزیه واریانس مراحل مختلف رشد در این مقاله ذکر نشده). بیشترین میانگین LAI در همه تیمارها در مرحله اوج گلدهی به دست آمد (شکل ۱-a). در تمام مراحل رشد، LAI کشاورزی متداول کمتر از سطوح ورمی‌کمپوست بود؛ اما بین LAI کشاورزی متداول و تیمارهای سه و شش تن ورمی‌کمپوست از ظهور غنچه‌های گل تا پایان رشد تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (شکل ۱-a). با توجه به خاک شنی منطقه یکی از دلایل بالاتر بودن میانگین LAI در مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست و حتی کمترین سطح (سه تن) نسبت به کشاورزی متداول، رها شدن تدریجی عناصر مورد نیاز گیاه از ورمی-کمپوست، آبشویی کمتر عناصر و وجود تنظیم‌کننده‌های رشد هیومیکی در این ماده آلی است که در منابع شیمیایی وجود ندارند و حتی در غلظت‌های پایین تأثیر قابل توجهی بر رشد گیاه دارد (Arancon et al., 2008). پس از مرحله اوج گلدهی LAI به دلیل زرد شدن، خشک شدن و ریزش برگ‌های مسن کاهش یافت اما شیب این کاهش در تیمار نه تن ورمی‌کمپوست در هکتار کمتر بود (شکل ۱-a). تیمار نه تن بیشترین شاخص برگ (۳/۴۸) را داشت که پیامد آن جذب تشعشع بیشتر، ظرفیت فتوسنتزی بالاتر و در نتیجه عملکرد بیولوژیک و اقتصادی بالاتری نسبت به سایر تیمارها بود. نتایج حاصل با یافته‌های سایر محققان در کرچک، کنجد (*Sesamum indcum* L.) و گندم مطابقت داشت (Jaishankar & Wahab, 2005; Amin ghafuri et al., 2011; Kusum et al., 2012). از طرفی غلظت ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک دارای بالاترین میانگین LAI در طول دوره رشد بود (شکل ۱-b). در همه غلظت‌ها بیشترین مقدار LAI در مرحله اوج گلدهی (GDD =۱۵۴۲/۶) حاصل شد (شکل ۱-b). از زمان ظهور غنچه‌های گل تا پایان رشد، LAI کشاورزی متداول حد فاصل بین LA^2 غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک قرار داشت. اسیدهیومیک منجر به بهبود صفات مورفولوژیک، افزایش شاخص رشد و کاهش دوره رشد آهسته در گیاه می‌گردد (Atarzadeh et al., 2013). در مرحله طویل شدن ساقه به دلیل رشد سریع، گیاه عناصر غذایی بیشتری نیاز دارد. هیومیک اسید نیز احتمالاً به دلیل افزایش محتوای نیتروژن گیاه منجر به افزایش سطح برگ می‌گردد (Albayrak & Camas, 2005).

وزن خشک کل (TDW): روند افزایش ماده خشک در همه تیمارها به صورت منحنی سیگموئیدی (s مانند) بود. در ابتدای رشد سرعت تجمع ماده خشک به ویژه در تیمارهای شاهد و کشاورزی متداول پایین بود (شکل ۲-a و b). با گذشت زمان شاخص برگ، فتوسنتز کانوپی و شیب تجمع ماده خشک افزایش پیدا کرد. پس از آن به دلیل سایه‌اندازی برگ‌های بالایی، افزایش میزان تنفس، زرد شدن، پیری و ریزش برگ‌های پایین کانوپی از سرعت تجمع ماده خشک کاسته شد (Sajadi Nik & Yadavi, 2013). بالاترین میانگین دوساله TDW در بین تیمارهای آزمایشی طی فصل رشد متعلق به تیمارهای ارگانیک نه تن ورمی‌کمپوست در هکتار و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک بود (شکل ۲-a و b). میانگین TDW کشاورزی متداول پس از مرحله اوج گلدهی به دلیل زرد شدن و ریزش سریع‌تر برگ‌های مسن در مقایسه با تیمارهای ارگانیک با سرعت بالاتری کاهش پیدا کرد (شکل ۲-a و b). اسیدهیومیک با افزایش جذب عناصر پرمصرف و ریزمغذی‌ها منجر به تحریک رشد گیاه، تحریک یا ممانعت از فعالیت‌های آنزیمی، تغییر در نفوذپذیری غشای سلولی و در نتیجه افزایش تولید بیوماس خواهد شد (El-Ghamry et al., 2009). هیومیک اسید با افزایش محتوای نیتروژن گیاه باعث افزایش رشد، طول ساقه و عملکرد بیولوژیک می‌گردد

۱-Bartlett´s test

۲ - Leaf Area

(Ayas & Gulser, 2005). مصرف ورمی‌کمپوست در خاک‌های زراعی به دلیل دارا بودن ویژگی‌هایی مانند تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری زیاد رطوبت، سطح جذب زیاد برای آب و مواد منجر به بهبود وضعیت تخلخل خاک، ظرفیت نگهداری آب و در نتیجه فراهمی بیشتر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌گردد (Claudio et al., 2009). عناصر غذایی موجود در ورمی‌کمپوست به دلیل تحریک رشد رویشی، انتقال مجدد دیرتر از برگ‌های مسن به جوان و در نتیجه تعویق پیری برگ‌ها می‌تواند منجر به افزایش تجمع ماده خشک از طریق بهبود شاخص‌های رشد مانند LAI، CGR و NAR گردد (Sajadi Nik & Yadavi, 2013).

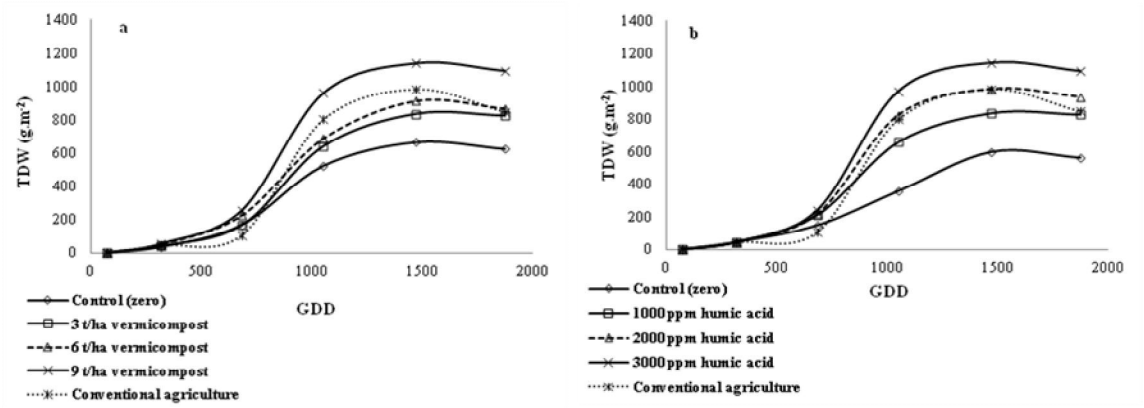


شکل ۱- شاخص سطح برگ (LAI) گلرنگ در تیمارهای ارگانیک مختلف و کشاورزی متداول (a : ورمی‌کمپوست و کشاورزی متداول، b: اسیدهیومیک و کشاورزی متداول)

Fig. 1- Leaf area index (LAI) of safflower treated with organic and conventional treatments (a: vermicompost and conventional agriculture, b: humic acid and conventional agriculture)

میانگین دوساله GDDهای تجمعی (درجه روز رشدهای تجمعی) با توجه به جدول ۲ برابر است با: ۸۴/۶۵ (مرحله دوبرگی)، ۳۶۷/۰۴ (مرحله هشت برگی)، ۷۴۰/۷۹ (طویل شدن ساقه)، ۱۱۳۱/۲۹ (ظهور غنچه‌های گل)، ۱۵۴۲/۵۹ (اوج گلدهی) و ۱۹۵۸/۸۹ (پر شدن دانه)

Two years average of cumulative GDDs (cumulative Growoth Degree Days) according to Table 2 are 84.65(two- leaf stage), 367.04 (eight-leaf stage), 740.79 (stem elongation), 1131.29 (the emergence offlower buds), 1542.59 (peak flowering) and 1958.89 (seed filling)



شکل ۲- وزن خشک کل (TDW) گلرنگ در تیمارهای ارگانیک مختلف و کشاورزی متداول (a: ورمی‌کمپوست و کشاورزی متداول، b: اسیدهیومیک و کشاورزی متداول)

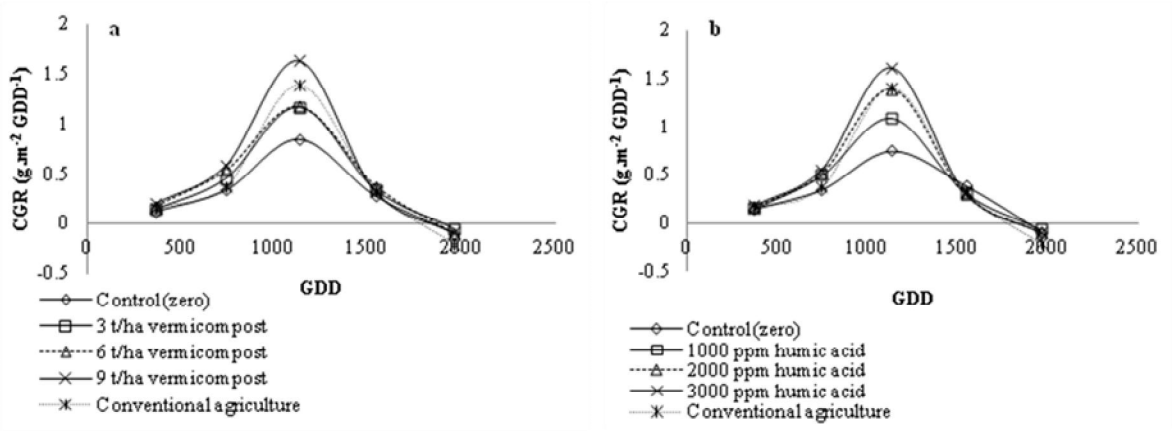
Fig. 2- Total dry weight (TDW) of safflower treated with organic and conventional treatments (a: vermicompost and conventional agriculture, b: humic acid and conventional agriculture)

میانگین دوساله GDDهای تجمعی (درجه روز رشدهای تجمعی) با توجه به جدول ۲ برابر است با: ۸۴/۶۵ (مرحله دوبرگی)، ۳۶۷/۰۴ (مرحله هشت برگی)، ۷۴۰/۷۹ (طویل شدن ساقه)، ۱۱۳۱/۲۹ (ظهور غنچه‌های گل)، ۱۵۴۲/۵۹ (اوج گلدهی) و ۱۹۵۸/۸۹ (پر شدن دانه)

Two years average of cumulative GDDs (cumulative Growoth Degree Days) according to Table 2 are 84.65(two- leaf stage), 367.04

(eight-leaf stage), 740.79 (stem elongation), 1131.29 (the emergence offlower buds), 1542.59 (peak flowering) and 1958.89 (seed filling)

سرعت رشد محصول (CGR): تغییرات سرعت رشد محصول به دو عامل شاخص سطح برگ و سرعت جذب خالص وابسته است. در طول فصل رشد CGR تیمارهای نه تن ورمی-کمپوست در هکتار و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک نسبت به سایر تیمارها افزایش بیشتری نشان داد (شکل ۳-a و b). بیشترین مقدار میانگین CGR دوساله در مرحله ظهور غنچه‌ها (GDD =۱۱۳۱/۳) مشاهده شد. در ابتدای رشد و قبل از مرحله طویل شدن ساقه، CGR کشاورزی متداول نسبت به سایر تیمارهای ارگانیک پایین‌تر بود (شکل ۳-a وb). از مرحله طویل شدن ساقه تا اوج گلدهی، CGR کشاورزی متداول پس از تیمارهای نه تن ورمی‌کمپوست و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک بالاترین میانگین را نشان داد و تقریباً با تیمار ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک برابری داشت (شکل ۳-b). پس از مرحله اوج گلدهی تا پایان رشد، شاخص CGR در کشاورزی متداول به دلیل کاهش سریع‌تر وزن خشک نسبت به تیمارهای ارگانیک با سرعت بیشتری کاهش یافت. در مرحله پر شدن دانه‌ها، CGR در همه تیمارهای آزمایش منفی شد؛ به طوری‌که میزان کاهش در کشاورزی متداول بیشتر بود (۰/۲۱- گرم بر متر مربع بر درجه روز رشد). در تیمار کشاورزی متداول احتمالاً افزایش بیشتر سرعت تنفس نسبت به فتوسنتز در پایان فصل رشد همراه با زرد شدن و ریزش سریع‌تر برگ‌ها (طول عمر کمتر) منجر به کاهش بیشتر CGR در مقایسه با تیمارهای ارگانیک شد. نتایج سایر محققان نیز بیانگر اثرات مثبت ورمی‌کمپوست (Amin ghafuri et al., 2011; Kusum et al., 2012) و اسیدهیومیک (Haghighi et al., 2011; Gaikwad et al., 2012) در افزایش CGR بوده‌است.



شکل ۳- سرعت رشد محصول (CGR) گلرنک در تیمارهای ارگانیک مختلف و کشاورزی متداول (a: ورمی‌کمپوست و کشاورزی متداول، b: اسیدهیومیک و کشاورزی متداول)

Fig 3- Crop growth rate (CGR) of safflower treated with organic and conventional treatments (a: vermicompost and conventional agriculture, b: humic acid and conventional agriculture)

میانگین دوساله GDD های تجمعی (درجه روز رشدهای تجمعی) با توجه به جدول ۲ برابر است با: ۸۴/۶۵ (مرحله دوبرگی)، ۳۶۷/۰۴ (مرحله هشت برگی)، ۷۴۰/۷۹ (طویل شدن ساقه)، ۱۱۳۱/۲۹ (ظهور غنچه‌های گل)، ۱۵۴۲/۵۹ (اوج گلدهی) و ۱۹۵۸/۸۹ (پر شدن دانه)

Two years average of cumulative GDDs (cumulative Growoth Degree Days) according to Table 2 are 84.65(two- leaf stage), 367.04 (eight-leaf stage), 740.79 (stem elongation), 1131.29 (the emergence offlower buds), 1542.59 (peak flowering) and 1958.89 (seed filling)

عملکرد دانه و اجزای آن

در این آزمایش دو آنالیز آماری جداگانه انجام شد. بخش اول جهت مقایسه تیمارهای ارگانیک (۱۶ تیمار) و بخش دوم جهت مقایسه تیمارهای ارگانیک با کشاورزی متداول (۱۷ تیمار) انجام شد که نتایج هر دو تجزیه واریانس به ترتیب در جدول ۳ آمده است. در تجزیه آماری اول، اولویت بیان نتایج به ترتیب با اثرات متقابل سه-جانبه و دوجانبه معنی‌دار بود. درصورت معنی‌دار نبودن اثرات متقابل، اثرات اصلی تیمارها بیان گردید. در تجزیه آماری دوم نیز اثر تیمارها

(ارگانیک + متداول) بر میانگین صفات مورد بررسی بیان گردید. نتایج تجزیه واریانس اول نشان داد که اثر متقابل ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر میانگین تعداد غوزه در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دارگردید (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس و میانگین مربعات دوساله عملکرد دانه و اجزای عملکرد گلرنگ تحت تیمارهای ارگانیک

Table 3- Analysis of variance and mean squares of seed yield and yield components of safflower that were affected by organic treatments in two years

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد غوزه در بوته Head number per plant	تعداد دانه درغوزه Seed number per head	وزن هزار دانه 1000- seed weight	عملکرد دانه Seed yield
سال Year (Y)	1	62^{ns}	777.8^{ns}	1.5^{ns}	1749735^{ns}
خطای اول First error	4	18.5	267	24.3	295896.8
ورمی‌کمپوست Vermicompost (V)	3	234.9^{**}	498.7^{**}	5.5^{ns}	22722731.1^{**}
سال × ورمی‌کمپوست Y × V	3	9.2^{ns}	56^{ns}	9^{ns}	2605748.3^{**}
خطای دوم Seconr error	12	6.7	36.1	9.6	279100.6
اسیدهیومیک Humic acid (HA)	3	252.1^{**}	1051.7^{**}	47.9^{**}	4589301.5^{**}
Y × HA	3	7.1^{ns}	15.9^{ns}	6.2^{**}	520425.9^{**}
V × HA	9	21.3^{**}	22.6^{ns}	5.9^{**}	184499.8^{*}
Y × V × HA	9	6.3^{ns}	14.2^{ns}	4.1^{**}	37348.2^{ns}
خطای سوم Third error	48	3.4	51.9	0.4	83852.3
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		10.70	17.14	2.40	12.52
سال Year	1	82.9^{ns}	726.7^{ns}	0.3^{ns}	1537014.1^{ns}
خطای اول First error	4	20.1	248.9	24.8	446596.7
تیمار (ارگانیک + کشاورزی متداول) Treatment (Organic + Conventional agriculture)	16	107.2^{**}	308.7^{**}	14.6^{**}	5226036.9^{**}
سال × تیمار Y× T	16	7.5^{*}	24.7^{ns}	5.6^{**}	622473.2^{**}
خطای دوم Seconr error	64	3.9	50.4	2.4	139665.3
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		11.42	16.62	5.38	16.94

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

Ns,* and **: non significant, significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

میانگین تعداد دانه در غوزه تحت تاثیر معنی‌دار تیمارهای ورمی-کمپوست ($p\leq$۰/۰۱) و اسیدهیومیک ($p\leq$۰/۰۱) قرار گرفت (جدول ۳). اثر متقابل سه‌جانبه سال، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک فقط بر میانگین وزن هزار دانه معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱)گردید (جدول ۳). اثرات متقابل دوجانبه سال در ورمی‌کمپوست و سال در اسیدهیومیک بر میانگین عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند، در

حالی‌که اثر متقابل دوجانبه ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر میانگین عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس دوم نیز نشان داد که اختلاف بین تیمارهای ارگانیک و کشاورزی متداول در همه صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دارگردید (جدول ۳).

تعداد غوزه در بوته: اثر متقابل ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر میانگین این صفت نشان داد که با افزایش مقدار ورمی‌کمپوست (صفرتا نه تن در هکتار) در مقادیر مختلف محلول-پاشی، میانگین تعداد غوزه در بوته به‌طور معنی‌دار افزایش یافت به طوری که بالاترین مقادیر در تیمار نه تن به‌دست آمد (جدول ۴). با افزایش غلظت محلول‌پاشی درسطوح مختلف ورمی‌کمپوست نیز میانگین تعداد غوزه در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد به طوری که بیشترین اختلاف معنی‌دار بین غلظت‌ها درسطح نه تن ورمی‌کمپوست مشاهده گردید. کمترین میانگین تعداد غوزه در بوته در تیمار شاهد (۱۰/۹۵) حاصل شد و بیشترین میانگین (۲۴/۷۵) درتیمار نه تن ورمی‌کمپوست+ ۳۰۰۰پی‌پی‌ام اسیدهیومیک به‌دست آمد (جدول ۴) که ۱۲۶/۰۳ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داشت و بیشترین تفاوت معنی‌دار را با کشاورزی متداول (۷۹/۲ درصد) نشان داد (جدول ۴).

جدول ٤- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در تیمارهای ارگانیک و کشاورزی متداول

Table 4- Comparison means of seed yield and yield components of safflower in organic treatments and conventional agriculture

تیمار Treatment		صفت Trait			
ورمی‌کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost (t.ha^{-1})	اسیدهیومیک (پی‌پی‌ام) Humic acid (ppm)	تعداد غوزه در بوته Number of heads per plant	تعداد دانه در غوزه Number of seeds per head	وزن هزاردانه (گرم) 1000- seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})
0	0	10.95^{h}	26.33^{g}	27.35^{ab}	866.67^{j}
0	1000	$12.61f^{gh}$	34.17^{fg}	27.45^{ab}	1187.83^{ij}
0	2000	13.83^{efg}	42.12^{bcdef}	26.82^{ab}	1383.33^{hi}
0	3000	13.81^{efg}	42^{bcdef}	27.43^{ab}	1469.92^{hi}
3	0	11.99^{gh}	35.37^{ef}	28.42^{a}	1370.08^{hi}
3	1000	13.65^{efg}	39.92^{cdef}	27.45^{ab}	1717.5^{gh}
3	2000	22.24^{b}	43.12^{bcdef}	25.77^{bc}	2170.67^{fg}
3	3000	21.53^{b}	46.5^{bcd}	24.70^{cd}	2308.92^{ef}
6	0	14.85^{ef}	36.04^{ef}	28.43^{a}	2126.75^{fg}
6	1000	17.39^{d}	41.79^{bcdef}	26.67^{ab}	2538.75^{def}
6	2000	21.23^{b}	46.75^{bc}	25.72^{bc}	2882.58^{cd}
6	3000	20.58^{bc}	51.25^{ab}	23.92^{d}	3027.08^{cd}
9	0	16.03^{de}	37.04^{def}	28.63^{a}	2722.5^{de}
9	1000	18.37^{cd}	44.37^{bcde}	26.88^{ab}	3225^{c}
9	2000	21.14^{b}	49.37^{abc}	26.17^{bc}	3725^{b}
9	3000	24.75^{a}	56.71^{a}	23.52^{d}	4268.17^{a}
کشاورزی متداول Conventional agriculture		13.81^{efg}	43.5^{bcdef}	28.45^{a}	2252.42^{ef}

میانگین‌های هر ستون با حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن (p=۰/۰۵) تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means for each column followed by the same letter do not differ significantly according to the duncan test ($P = 0.05$).

مقادیر این صفت در سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بدون مصرف اسیدهیومیک با کشاورزی متداول تفاوت معنی‌دار نداشتند. گزارش شده که مصرف ورمی‌کمپوست در گلرنگ به دلیل تأمین بهینه عناصرغذایی، جذب بهتر آب و افزایش فتوسنتز در پی گسترش سیستم ریشه، افزایش گلدهی و تعداد غوزه را به دنبال داشته است (Taleshi, et al., 2011). نتایج حاصل با یافته‌های حاصل از مصرف

ورمی‌کمپوست وترکیبات هیومیکی در آفتابگردان، ذرت و کنجد مطابقت داشت (Ramasamy & Umavathi, 2011; Gaikwad et al., 2012; Sajadi Nik & Yadavi, 2013).

تعداد دانه در غوزه: اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر میانگین این صفت نشان داد که بیشترین میانگین تعداد دانه در غوزه در تیمار نه تن ورمی‌کمپوست به دست آمد (۴۶/۸۷) که در مقایسه با تیمار شاهد ۲۹/۸ درصد افزایش داشت؛ در حالی‌که بین سطوح شش و نه تن ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۵). همچنین با افزایش غلظت اسیدهیومیک از صفر تا ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام، میانگین این صفت ۴۵/۷ درصد افزایش یافت، اما بین غلظت‌های ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۵). مقایسه تیمارهای ارگانیک با کشاورزی متداول نشان داد که تیمار تلفیقی نه تن ورمی‌کمپوست + ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک بالاترین میانگین تعداد دانه در غوزه (۵۶/۷۱) و بیشترین اختلاف معنی‌دار (۳۰/۴ درصد) را با کشاورزی متداول نشان داد (جدول ۴). نتایج این تحقیق با یافته‌های سایرین در کنجد (Jaishankar & Wahab, 2005)، ذرت (*Zea mays* L.) (Ghorbani et al., 2010)، ارزن (Saruhan et al., 2011) و گلرنگ (Taleshi et al., 2011) مشابه بود. نتایج یک بررسی نشان داد که با افزایش غلظت اسیدهیومیک از صفر تا ۳۵۰۰ گرم در هکتار، میانگین تعداد دانه در ردیف بلال افزایش یافت (Ghorbani et al., 2010). همچنین، گزارش شده که مصرف ورمی‌کمپوست در خاک زراعی به همراه کود شیمیایی در مقایسه با تیمار کود شیمیایی باعث افزایش تعداد دانه در کپسول‌های کنجد و غوزه‌های گلرنگ شده است (Jaishankar & Wahab, 2005; Taleshi et al., 2011).

جدول ۵- مقایسه میانگین تعداد دانه در غوزه گلرنگ در سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک

Table 5- Mean comparisons for values number of seeds per head of safflower under four levels of vermicompost and humic acid

تیمار Treatment	صفت Trait
ورمی‌کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost ($t.ha^{-1}$)	تعداد دانه در غوزه Seed number per head
0	36.16^{c*}
3	41.23^{bc}
6	43.96^{ab}
9	46.87^{a}
اسیدهیومیک (پی‌پی‌ام) Humic acid (ppm)	
0	33.70^{c}
1000	40.06^{b}
2000	45.34^{a}
3000	49.11^{a}

*میانگین‌های هر ستون با حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن (p=۰/۰۵) تفاوت معنی‌دار ندارند.

*Means for each column followed by the same letter do not differ significantly according to the duncan test (P = 0.05).

وزن هزار دانه: اثر متقابل سه جانبه سال، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک نشان داد که کمترین میانگین وزن هزاردانه در هر دو سال در تیمار ۹ تن ورمی‌کمپوست + ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک به دست آمد (جدول ۶). نتایج نشان داد که مصرف ورمی‌کمپوست همراه با محلول‌پاشی اسیدهیومیک منجر به کاهش معنی‌دار این صفت گردید. بیشترین میانگین این صفت در سال اول در تیمار نه تن ورمی‌کمپوست بدون مصرف اسیدهیومیک (۳۰/۲۷) حاصل شد؛ در حالی‌که در سال دوم تیمارهای شاهد (۲۹/۳۰) و سه تن ورمی‌کمپوست بدون اسیدهیومیک (۲۹/۲۳) بیشترین میانگین را نشان دادند (جدول ۶). همچنین، مقایسه تیمارهای ارگانیک با کشاورزی متداول نشان داد که تیمارهای تلفیقی شش و نه تن ورمی‌کمپوست + ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک با کمترین وزن هزار دانه، بیشترین

تفاوت معنی‌دار را با کشاورزی متداول نشان دادند (جدول ۴). در این تحقیق، مصرف توأم کودهای آلی میانگین تعداد دانه در غوزه را افزایش داد؛ در حالی که وزن هزار دانه کاهش یافت. به نظر می رسد که با افزایش تعداد دانه‌ها، اندازه و وزن دانه کمتر می‌شود. این نتایج با گزارشات مصرف اسیدهیومیک در لوبیا چشم بلبلی (El-Hefny, 2010) و ارزن (Saruhan et al., 2011) مطابقت نداشت. در یک بررسی گزارش شده که ورمی‌کمپوست با افزایش سطح برگ و گسترش سیستم ریشه، تعداد دانه در غوزه را افزایش داده؛ اما گیاه قادر به پر کردن کامل دانه‌های جدید از مواد فتوسنتزی نمی‌باشد (Taleshi et al., 2011).

جدول ٦- اثر متقابل سال، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر میانگین وزن هزار دانه گلرنگ طی سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

Table 6 –The year, vermicompost and humic acid interaction effect on 1000- seed weight of safflower during 2012 and 2013

تیمار Treatment		صفت Trait	
ورمی‌کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost ($t.ha^{-1}$)	اسیدهیومیک (پی‌پی‌ام) Humic acid (ppm)	وزن هزاردانه (گرم) 1000- seed weight (g)	
		2012	2013
0	0	25.40^{ijkl*}	29.30^{ab}
	1000	26.40^{fghi}	28.43^{bed}
	2000	27.27^{defgh}	26.37^{fghi}
	3000	28.73^{bc}	26.13^{ghijk}
3	0	27.60^{cdef}	29.23^{ab}
	1000	26.53^{fghi}	28.37^{bcd}
	2000	25.40^{ijkl}	26.13^{ghijk}
	3000	24.27^{lm}	25.13^{jkl}
6	0	27.80^{cde}	29.06^{b}
	1000	26.20^{ghijk}	27.13^{efgh}
	2000	25^{kl}	26.43^{fghi}
	3000	24.40^{lm}	23.43^{mn}
9	0	30.27^{a}	27^{efgh}
	1000	27.33^{defgh}	26.43^{fghi}
	2000	26.07^{hijk}	26.27^{ghij}
	3000	24.60^{l}	22.43^{n}

*میانگین‌های هر ستون با حروف مشابه براساس آزمون دانکن (p=۰/۰۵) تفاوت معنی‌دار ندارند.

*Means for each column followed by the same letter do not differ significantly according to the duncan test ($P = 0.05$).

عملکرد دانه: اثر متقابل سال و ورمی‌کمپوست نشان داد که با افزایش مقدار ورمی‌کمپوست عملکرد دانه در هر دو سال به طور معنی‌دار افزایش یافت (جدول ۷). در سال اول مصرف نه تن ورمی-کمپوست در هکتار نسبت به شاهد عملکرد دانه را به میزان ۹۶ درصد افزایش داد در حالی‌که تفاوت بین سطوح سه و شش تن معنی‌دار نبود. در سال دوم مصرف نه تن ورمی کمپوست در مقایسه با شاهد عملکرد دانه را تا ۳۹۷/۴ درصد افزایش داد (جدول ۷). اثر متقابل سال و اسیدهیومیک نشان داد که افزایش غلظت اسیدهیومیک از صفر تا ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام، عملکرد دانه را به طور معنی‌دار افزایش داد. در هر دو سال بیشترین عملکرد دانه در غلظت ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام حاصل شد که در سال اول و دوم به ترتیب نسبت به شاهد ۷۶/۲ و ۳۷/۴ درصد افزایش نشان داد. در سال دوم بین غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰پی‌پی-ام، اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۷). اثر متقابل ورمی-کمپوست و اسیدهیومیک نشان داد که مصرف نه تن ورمی‌کمپوست + ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک، بالاترین میانگین عملکرد را داشته که در مقایسه با تیمارهای شاهد و کشاورزی متداول به ترتیب ۳۹۲/۵ و ۸۹/۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). میانگین عملکرد دانه در تیمار کشاورزی متداول با عملکرد حاصل از مصرف سه تن ورمی-کمپوست در هکتار و محلول‌پاشی ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک برابری داشت (جدول ۴). مصرف ورمی‌کمپوست با فراهم ساختن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و شرایط بهینه رشد از طریق بهبود فعالیت‌های آنزیمی و میکروارگانیسم‌های خاک با تسریع در روند

تجزیه ماده آلی خاک و دارا بودن اثرات هورمونی محرک رشد در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌شود (Sajadi Nik & Yadavi, 2013). نتایج حاصل با نتایج مصرف ورمی کمپوست در کرچک (Amin Ghafuri, 2011)، آفتابگردان (Ramasamy & Umavathi, 2011) و گلرنگ (Taleshi et al., 2011) نیز برابری داشت. در این بررسی محلول‌پاشی اسیدهیومیک همراه با ورمی-کمپوست در سطوح بالا به دلیل داشتن اثرات هورمونی محرک رشد باعث بهبود شاخص‌های رشد و تحریک رشد سیستم ریشه‌ای گیاه شد و به عنوان مکمل اثرات ورمی‌کمپوست منجر به افزایش عملکرد دانه و اجزای عملکرد شد. افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در اثر مصرف اسید هیومیک توسط سایر پژوهشگران در گندم (Kaya et al., 2005)، باقلا (*Vicia faba* L.) (El- Ghamry etal., 2009)، لوبیا چشم بلبلی (El- Hefny, 2010)، ذرت (Gaikwad et al., 2012) و ارزن (Saruhan et al., 2011) نیزگزارش شده‌است.

جدول ۷- اثرات متقابل سال در ورمی‌کمپوست و سال در اسیدهیومیک بر میانگین عملکرد دانه گلرنگ

Table 7- Interaction effects of year × vermicompost and year × humic acid on seed yield of safflower

تیمار Treatment			صفت Trait
سال Year	ورمی‌کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost ($t.ha^{-1}$)	اسیدهیومیک (پی‌پی‌ام) Humic acid (ppm)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)
2012	0		1721.87[d*]
	3		2223.96[c]
	6		2467.71[bc]
	9		3374.17[a]
2013	0		723[e]
	3		1559.62[d]
	6		2819.87[b]
	9		3596.17[a]
2012		0	1720.83[e]
		1000	2252.08[d]
		2000	2782.29[b]
		3000	3032.5[a]
2013		0	1822.17[e]
		1000	2082.46[d]
		2000	2298.5[cd]
		3000	2504.5[4c]

*میانگین‌های هر ستون با حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

*Means for each column followed by the same letter do not differ significantly according to the duncan test ($P = 0.05$).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه روی اثر سطوح ورمی کمپوست و محلول پاشی با اسید هیومیک بر گلرنگ نشان داد که اثر تیمارها بر رشد و عملکرد گیاه گلرنگ معنی‌دار بوده و با افزایش مقدار ورمی‌کمپوست و محلول پاشی خصوصیات گلرنگ تغییر یافت، به طوری‌که بیشترین شاخص سطح برگ، ماده خشک کل و سرعت رشد محصول در تیمارهای ۹ تن ورمی‌کمپوست در هکتار و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک و کمترین میزان در کشاورزی متداول حاصل شد. همچنین، نتایج نشان داد که افزایش ورمی‌کمپوست منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، تعداد غوزه در بوته و تعداد دانه در غوزه گردید، اما وزن هزار دانه تحت تأثیر این تیمار قرار نگرفت. با افزایش غلظت اسیدهیومیک از ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه و عملکرد دانه نیز به طور معنی‌دار افزایش یافت؛ اما وزن هزار دانه کاهش پیدا کرد. اثر متقابل ۹ تن ورمی‌کمپوست در هکتار و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک دارای بالاترین میانگین تعداد غوزه در بوته (۲۴/۷۵)، تعداد دانه در غوزه (۵۶/۷۱) و عملکرد دانه (۴۲۶۸/۱۷ کیلوگرم در هکتار) در دو سال بود که در مقایسه با کشاورزی متداول به ترتیب ۷۹/۲، ۳۰/۴ و ۸۹/۵ درصد افزایش نشان دادند.

منابع

Ahmadzadeh, S., Kadivar, M., and Saidi, G.H. 2010. Characterization of seed oil content and composition of some varieties of safflower. Journal of Food Science and Technology 10: 136. (In Persian with English Summary)

Albayrak, S., and Camas, N. 2005. Effect of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield component of forage turpin. Journal of Agronomy 42: 130-133.

Amin Ghafouri, A., Rezvani Moghaddam, P., and Nassiri Mahallati, M. 2011. Effect of bio-fertilizers and vermicompost on growth indices of castor (*Ricinus communis* L.). First National Conference on Sustainable Agriculture and Healthy Product. Isfahan, Iran. (In Persian with English Summary)

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Babenko, A., Cannon, J., Galvis, P., and Metzger, J.D. 2008. Influences of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattlemanure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. Applied Soil Ecology 39: 91-99.

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 Sciences 3: 352-356.

Atarzadeh, S.H., Mojaddam, M., and Saki Nejad, T. 2013. The interactive effects humic acid application and several of nitrogen fertilizer on remobilization star wheat. International Journal of Biosciences 3(8): 116-123.

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(6): 801-804.

Bradley, V.L., and Johnson, R.C. 2001. Managing the U.S. safflower collection. In: Bergman, J.W., Mundel, H.H. (Eds.), Proceedings of the 5th International Safflower Conference, Williston, North Dakota, Sidney, Montana, USA, July 23-27, p. 143-147.

Claudio, P.J., Raphael, B., Alves, F., Kamiila, L.R.S., Brunade, N., and Priscila, M.B. 2009. Zn (ll) adsorption from syntheyic solution and kaolin wastewater on vermicompost. Science of the Total Environment 162: 804-811.

Elfadl, E., Reinbrecht, C., Frick, C., and Claupein, W. 2009. Optimization of nitrogen rate and seed density for safflower (*Carthamus tinctorius* L.) production under low-input farming conditions in temperate climate. Field Crops Research 114: 2-13.

El-Ghamry, A.M., Abd El-Hai, K.M., and Ghoneem, K.M. 2009. Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance of faba bean cultivated in clayed soil. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3(2): 731-739.

El-Hefny, E.M. 2010. Effect of Saline Irrigation Water and humic acid application on growth and productivity of two cultivars of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). Australian Journal of Basic and Applied Sciences 4(12): 6154-6168.

Gaikwad, S.B., Deotale, R.D., Uke, A.P., and Parihar, L.B. 2012. Influence of foliar sprays of humic acid through vermicompost wash on growth, yield and yield contributing parameters of maize. Journal of Soils and Crops 22(1): 115-121.

Ghorbani, S., Khazaei, 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)

Guarda, G., Padovan, S., and Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. European Journal of Agronomy 21: 181-192.

Haghighi, S., Saki Nejad, T., and Lack, S. 2011. Calculate the growth dynamics of root and shoot of bean plants. Journal of American Science 7(6): 19-26.

Jaishankar, S., and Wahab, K. 2005. Effect of integrated nutrient management on the growth, yield components and yield of sesame. Sesame and Safflower Newsletter. No. 20 p. unpaginated.

Kawthar, A.E.R., Manaf, H.H., Hasnaa, A.H.G., and Shahat, I.M. 2010. Influence of compost and rock amendments on growth and active ingredients of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Australian Journal of Basic and Applied Sciences 4(7): 1626-1631.

Kaya, M., Atak, M., Ciftci, C.Y., and Unver, S. 2005. Effects of zinc and humic acid applications on yield and some yield components of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences 9(3): 116-126.

Kusum, L., Singh, K.P., Nandal, D.P., Hari, O., and Thakral, S.K. 2012. Effect of organic and inorganic sources of fertilizer on growth parameters and productivity of wheat in rice-wheat system. Annals of Biology 28(1): 36-40.

Liu, M., Hu, F., Chen, X., Huang, Q., Jiao, J., Zhang, B., and Li, H. 2009. Organic amendments with reduced chemical fertilizer promotes soil microbial development and nutrient availability in a subtropical paddy field: the influence of quantity, type and application time of organic amendments. Applied Soil Ecology 42: 166-175.

Meteorogical data of Kerman. 2013. In http://weather.kr.ir/

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances in plant growth. Soil Biology and Biochemistry 34(11): 1527-1536.

Ndegwa, P.M., and Thompson, S.A. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. Bioresource Technology 76: 107-112.

Prabha, M.L., Jayraaj, I.A., Jayraaj, R., and Rao, D.S. 2007. Effective of vermicompost on growth parameters of selected vegetable and medicinal plants. Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences 9: 321-326.

Ramasamy, P.K., and Umavathi, S. 2011. Efficacy of vermicompost on the head yield status of the sunflower plant (*Helianthus Annus* L.). Pollution Research 29(3): 417-420.

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

Samavat, S., and Malakooti, M. 2006. Important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. Water and Soil Researchers' Technical Issue 463: 1- 13.

Saruhan, V., Kusvuran, A., and Babat, S. 2011.The effect of different humic acid fertilization on yield and yield components performances of common millet (*Panicum miliaceum* L.). Scientific Research and Essays 6(3): 663-669.

Singh, R., Sharma, R.R., Kumar, S., Gupta, R.K., and Patil, R.T. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria xananassa* Duch.). Bioresource Technology 99: 8507-8511.

Taleshi, K., shokoh-far, A., Rafiee, M., Noormahamadi, G., and Sakinejhad, T. 2011. Effect of vermicompost and nitrogen levels on yield and yield component of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Under late season drought stress. International Journal of Agronomy and Plant Production 2(1): 15-22.

Weiss, E.A. 2000. Oilseed Crops. Blackwell Publishing Limited, London, UK.

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 1, Spring 2017, p. 15-30

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۳۰-۱۵

Evaluation of Yield, Yield Components and Growth Indices of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Conventional and Organic Farming Systems

M. Hajghani[3], A. Ghalavand[2*] and S.A.M. Modarres Sanavy[2]

Submitted: 25-01-2014
Accepted: 29-10-2014

Hajghani, M., Ghalavand, A., and Modarres Sanavy, S.A.M. 2017. Evaluation the yield, yield components and growth indices of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in conventional and organic farming systems. Journal of Agroecology 9(1): 15-30.

Introduction

Application of organic fertilizers in sustainable agriculture systems improves yield sustainability of field crop. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is native to Middle East and belongs to the Asteraceae family. It is resistant to saline conditions, water stress, and can reach the deep-lying water of soil. The humic acid (HA) mentioned as an environmentally friendly, organic matter with low levels of hormonal-like compounds is useful in improving agriculture production (Samavat and Malakuti 2006). The HA influence on plant growth depends on the source, concentration and molecular weight of the substance. Vermicompost is produced by earthworms, mainly *Eisenia foetida,* it has higher levels of available nutrients compared to the original materials of composts produced by other methods. Recent evidences suggest that using different amounts of vermicompost increased vegetative traits and concentration of minerals in sunflower. However, there has been little discussion about organic farming of safflower. The main objectives of the present study were to determine the effect of organic treatments on yield, yield components, and growth indices of safflower and to compare it with conventional agriculture.

Materials and methods

This research was conducted in Agricultural and Natural Resources Research Station in Kerman, Iran during 2012–2013. It was carried out in a randomized complete block (RCB) design and had three replications. The current research has been performed to investigate the effects of two different sources of organic fertilizer on spring safflower. Four levels of vermicompost (V: 0, 3, 6 and 9 t ha^{-1}) were considered in the main plots. Liquid humic acid at four different concentrations (HA: 0, 1000, 2000 and 3000 ppm) were examined and kept in the subplots. Humic acid as a foliar treatment on leaf surface was applied twice at the beginning of stem elongation and at flowering times. In this study, aimed to compare organic farming with conventional farming, inorganic fertilization was considered as a conventional agriculture (CA) for each replication. Growth indices were assessed based on the growing degree days (GDD). After harvested, the head number per plant, seed number per head, 1000 seed weight and seed yield were evaluated. Also, two separate statistical analyses were used for comparison organic treatments with each other and conventional agriculture with organic treatments.

Results and discussion

The results showed that the maximum LAI, TDW and CGR have been determined at 9 t ha^{-1} vermicompost and 3000 ppm humic acid in CA. Likewise, the results indicated that vermicompost leads to a significant increase in seed yield, flower yield and yield components except 1000 seed weight. Head number per plant, seed number per head and seed yield were affected by humic acid treatments and increased significantly from 1000 to 3000 ppm. However, 1000 seed weight decreased with the increasing concentration of humic acid. It should be mentioned that, 9 t ha^{-1} vermicompost and 3000 ppm humic acid produced the highest head number per plant (24.75), seed number per head (56.71) and seed yield (4268.17 kg ha^{-1}) in two years that in comparison with CA were increased 79.22%, 30.37% and 89.49%, respectively.

Conclusion

The results of this study indicated that acceptable yield was obtained with increasing HA concentration at

3 and 2- PhD Student of Agronomy and Professor in Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University of Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: ghalavaa@modares.ac.ir)

lower levels of vermicompost compared to the higher amount of vermicompost without HA that is economically beneficial. For example, application of 6 t ha^{-1} vermicompost + 3000 ppm HA had higher seed yield (3027.08 kg ha^{-1}) than 9 t ha^{-1} vermicompost without foliar application of HA (2722.5 $kg.ha^{-1}$), although there was no significant difference between them.

Keywords: Crop growth rate (CGR), Head number per plant, Humic acid, Leaf area index (LAI), Vermicompost