نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 1، بهار 1395، ص. 119-107

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 107-119

تأثیر سیستم‌های تغذیه‌ای گوناگون شیمیایی، زیستی و آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت شرایط تنش رطوبتی

فاطمه سلیمانی[1]، گودرز احمدوند[2*] و علی اکبر صفری سنجانی[3]

تاریخ دریافت: 1394/03/23
تاریخ پذیرش: 1394/08/20

سلیمانی، ف.، احمدوند، گ.، و صفری سنجانی، ع.ا. 1395. تأثیر سیستم‌های تغذیه‌ای گوناگون شیمیایی، زیستی و آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت شرایط تنش رطوبتی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(1): 119-107.

چکیده

به منظور بررسی اثر سیستم‌های گوناگون تغذیه‌ای بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه روغنی آفتابگردان رقم یوروفلور (*Helianthus annuus* L.) در شرایط تنش رطوبتی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان در سال 93-1392 اجرا شد. تیمارها شامل دو سطح آبیاری بهینه و تنش کم آبیاری (به ترتیب آبیاری پس از 60 و 120 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) به عنوان کرت‌های اصلی و تیمارهای گوناگون تغذیه گیاهی شامل: 1- عدم کاربرد هر گونه کود شیمیایی و زیستی (شاهد)، 2- کاربرد 100 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده (NPK)، 3- کود آلی ورمی‌کمپوست، 4- کود زیستی فسفونیتروکارا، 5- ورمی‌کمپوست+ فسفونیتروکارا، 6- ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده، 7- فسفو نیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده، 8- ورمی‌کمپوست+ فسفونیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده و 9- 50 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده به عنوان کرت‌های فرعی بود. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که تنش کم آبی و تیمارهای تغذیه‌ای به طور معنی‌داری تمامی صفات اندازه‌گیری شده را تحت تأثیر قرار دادند. همچنین اثر متقابل سیستم تغذیه در آبیاری بر صفات وزن طبق، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. بالاترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری بهینه با کاربرد کامل کود شیمیایی به دست آمد (591 گرم در مترمربع)، در حالی‌که در شرایط تنش کم آبی، بیشترین عملکرد (314 گرم در مترمربع) به کاربرد ورمی‌کمپوست به همراه نیمی از کود شیمیایی توصیه شده تعلق داشت. به طور کلی، از مقایسه کودهای بررسی شده چنین به نظر می‌رسد که کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی آن با ورمی‌کمپوست می‌تواند در راستای نیل به کشاورزی پایدار در شرایط تنش رطوبتی، مؤثر واقع شود.

واژه‌های کلیدی: تنش رطوبتی، فسفونیتروکارا، کشاورزی پایدار، ورمی‌کمپوست

مقدمه

آفتابگردان با نام علمی (*Helianthus annuus* L.) به خانواده گل ستاره‌ای‌ها (Asteraceae) تعلق دارد. روغن استحصالی از آفتابگردان به دلیل دارا بودن مقدار زیادی اسید چرب غیراشباع لینولئیک، از کیفیت بالایی برخوردار است. این اسید چرب برای انسان بسیار ضروری است و بدن انسان قادر به تولید آن نمی‌باشد (Aleyari & Shekari, 2000). برای دستیابی به عملکرد اقتصادی بالا در هر گیاهی، تأمین رطوبت کافی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد، آن‌چنان که خشکی محدودکننده‌ترین عامل در رشد و تولید گیاهان زراعی در بیشتر نقاط ایران و جهان شناخته شده است. جذب عناصر غذایی توسط گیاه تحت تأثیر میزان آب موجود در خاک واقع می‌گردد. افزون بر تأمین رطوبت (Blum, 1997)، فراهم نمودن مقدار کافی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک (Reddy et al., 2003) از جنبه‌های بسیار مهم مدیریت زراعی به منظور افزایش عملکرد و

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشیار، گروه زراعت و استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا
(*- نویسنده مسئول: Email: gahmadvand@basu.ac.ir)

بهبود کیفیت محصول گیاهان زراعی است. میزان تولید محصول، با میزان عرضه عناصر معدنی و آلی خاک که برای آن قابل بهره‌گیری باشد، متناسب بوده و از دیرباز بشر به اهمیت عناصر معدنی و آلی در رشد گیاه و تولید محصول پی برده است. امروزه از کودها به عنوان ابزاری برای دستیابی به حداکثر تولید در واحد سطح بهره‌گیری می‌شود. هر چند بهره‌گیری از عناصر غذایی شیمیایی از عوامل مهم به زراعی هستند که بر رشد و نمو و عملکرد و کیفیت محصول تأثیر قابل توجهی دارند، اما مدیریت عناصر غذایی به روش متداول و با کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی موجب دشواری‌های زیست‌محیطی فراوانی از جمله آلودگی منابع آب و خاک، افت کیفیت محصولات کشاورزی، و کاهش حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است (Sharma, 2002). این عوامل موجب جلب توجه به سوی نظام‌های زراعی سالم و پایدار از نظر اکولوژیک شده است. در این میان بهره‌گیری از فرآورده‌های آلی و زیستی در جهت تغذیه گیاهان زراعی یکی از راه حل‌ها در مسیر دستیابی به بخشی از اهداف کشاورزی پایدار به حساب می‌آید (Saleh Rastin, 2001). کودهای زیستی از یک یا چند گونه ریزجاندار سودمند به همراه مواد نگهدارنده و یا فرآورده‌های آن‌ها ساخته شده‌اند (Vessey, 2003). این ریزجانداران با ساخت هورمون‌های گیاهی، افزایش قابلیت دسترسی عناصر در خاک، کاهش تنش ناشی از عناصر سنگین و ساخت کنترل‌گرهای زیستی در برابر پاتوژن‌های گیاهی، رشد گیاه را افزایش می‌دهند (Gharib et al., 2008). گروهی از این ریزجانداران سودمند باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هستند که به عنوان کود زیستی، علاوه بر رفع کمبود نیتروژن و بهبود حاصلخیزی خاک، باعث افزایش عملکرد و کاهش آلودگی منابع آبی می‌شوند (Hungria et al., 1997). باکتری‌های حل‌کننده فسفات نیز گروه دیگری از ریزموجودات را در بر می‌گیرند که قادرند فسفر نامحلول در خاک را به فرم محلول و قابل دسترس برای گیاه تبدیل کنند. کودهای آلی باعث افزایش ماده آلی خاک می‌شوند و از طریق بهبود خصوصیات شیمیایی خاک از جمله pH، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و میزان دسترسی به مواد غذایی، افزایش باروری خاک را سبب می‌شوند (Renato et al., 2003). ورمی‌کمپوست کودی آلی و شامل مخلوط زیستی بسیار فعال از باکتری‌ها، آنزیم‌ها، بقایای گیاهی، کود حیوانی و کپسول‌های کرم خاکی می‌باشد که سبب ادامه تجزیه مواد آلی خاک و پیشرفت فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی در بستر کشت گیاه می‌گردد (Bremness, 1999). علاوه بر این، از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب، آزادسازی عناصر غذایی موجود در خاک و تولید هورمون‌های گیاهی، می‌تواند رشد و نمو گیاهان را بهبود بخشد (Tomati et al., 1988). تحقیقات بسیاری در زمینه تعیین سودمندی کودهای زیستی تحت شرایط گوناگون انجام شده است. جلیلیان و همکاران (Jalilian et al., 2012) در بررسی پیامدهای کاربرد باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن به همراه کود نیتروژن بر آفتابگردان تحت رژیم‌های گوناگون آبیاری پی بردند که عملکرد بذر آفتابگردان با کاربرد همزمان کود نیتروژن و باکتری‌های فوق الذکر بهبود پیدا می‌کند. در مطالعات بیست ساله جیانگ و هنجسدیک (Jiang & Hengsdijk, 2006) اثر کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد گندم زمستانه (*Triticum aestivum* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) بیشتر از اثر این کودها به صورت مستقل بود. در بررسی تأثیر تنش آبی و کاربرد کود فسفره بیولوژیک در گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)، بهترین عملکرد بذر در آبیاری معمول و کاربرد تلفیقی فسفر شیمیایی و زیستی به دست آمد (Sanoie et al., 2013). نتایج بسیاری از مطالعات نیز مبین تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست در بهبود رشد و کیفیت محصول گیاه زراعی می‌باشد (Rezvani Moghaddam et al., 2010; Pant et al., 2011). با نگاه به آن‌چه یاد شد، این پژوهش با هدف ارزیابی و سنجش پیامد تیمارهای تغذیه‌ای گوناگون اعم از شیمیایی، زیستی و آلی تحت شرایط عدم تنش و تنش کم آبی بر آفتابگردان در شرایط آب و هوایی همدان، انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا، همدان با مختصات عرض جغرافیایی 34 درجه و 52 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 48 درجه و 32 دقیقه شرقی، با ارتفاع 1741 متر از سطح دریا و متوسط بارندگی 330 میلی‌متر در سال زراعی 93-1392، انجام شد. قبل از انجام آزمایش به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش نمونه‌ای مرکب از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری خاک مزرعه تهیه که نتایج تجزیه آن در جدول 1 ارائه گردیده است. میزان عناصر غذایی و برخی خصوصیات ورمی‌کمپوست مورد استفاده نیز تعیین شد (جدول 1).

جدول 1- مشخصات خاک و ورمی‌کمپوست

Table 1- Characteristics of the soil and vermicompost

	ماده آلی (درصد) O.C (%)	نیتروژن کل (درصد) N_{total} (%)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) $K_{available}$ ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) $P_{available}$ ($mg.kg^{-1}$)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
Soil خاک	1	0.1	345	10.8	7.6	4.6
Vermicompost ورمی‌کمپوست	9.51	0.84	1727	1200	8	3.36

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل آبیاری در دو سطح: آبیاری بهینه (آبیاری پس از 60 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و تنش کم آبیاری (آبیاری پس از 120 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) به عنوان کرت‌های اصلی و ترکیبی از تیمارهای گوناگون تغذیه گیاهی در نه سطح شامل: 1- عدم کاربرد هر گونه کود شیمیایی و زیستی (شاهد)، 2- کاربرد 100 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده بر اساس آزمون خاک (NPK)، 3- کود آلی ورمی‌کمپوست، 4- کود زیستی فسفونیتروکارا، 5- ورمی‌کمپوست+ فسفونیتروکارا، 6- ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده، 7- فسفو نیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده، 8- ورمی‌کمپوست+ فسفونیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده و 9- 50 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده بدون کود زیستی به عنوان کرت‌های فرعی بود.

زمین محل اجرای آزمایش در سال قبل آیش بود. تهیه بستر، شامل عملیات شخم و دیسک‌زنی در اردیبهشت ماه 1393 انجام شد. کاشت بذور آفتابگردان رقم یوروفلور با دست و به صورت خشکه‌کاری در اول تیر ماه انجام گرفت. در هر کرت آزمایشی پنج خط به طول پنج متر در نظر گرفته شد و فاصله خطوط 60 سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت، 20 سانتی‌متر بود. با توجه به تیمارهای حاصلخیزی خاک مورد نظر، کود شیمیایی نیتروژنی از منبع اوره به میزان 200 کیلوگرم در هکتار (یک سوم به صورت پایه و دو سوم به صورت سرک در زمان آغاز رشد سریع بوته‌ها و قبل از گلدهی) و فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل بر اساس آزمون خاک به اندازه 50 کیلوگرم در هکتار و نیمی از میزان پیشنهاد شده در خاک به کار رفت. جهت تأمین پتاسیم مورد نیاز نیز از کلرور پتاسیم به میزان 50 کیلوگرم در هکتار استفاده شد. فسفونیتروکارا که دارای باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن (*باسیلوس کوآگولانس*، *ازتوباکتر کروکوکوم* و *آزوسپیریلوم لیپوفروم*) است به میزان پیشنهاد شده توسط شرکت سازنده (110 سی‌سی به ازاء 10 کیلوگرم بذر) و به صورت بذرمال استفاده شد. پس از تلقیح، کلیه بذور تیمار شده در سایه و به دور از نور خورشید خشک شدند و بلافاصله پس از خشک شدن کامل بذور تلقیح شده آفتابگردان، در کرت‌های مربوطه کشت انجام شد. کود آلی ورمی‌کمپوست نیز در تیمارهای مورد نظر بر پایه میزان 15 تن در هکتار پیش از کاشت با خاک آمیخته شد. با تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) به روش فائو-پنمن مونتیث و ضرایب گیاهی (K_c) در مراحل مختلف رشد، نیاز آبی گیاه (ET_{Crop}) در منطقه مورد آزمایش از معادله (1) تعیین (Allen et al., 1998) و سپس با در نظر گرفتن بارندگی مؤثر، راندمان آبیاری (60 درصد) و 45 درصد تخلیه مجاز رطوبتی در منطقه توسعه ریشه، حجم آبیاری برآورد شد (Doorenbos & Kassam, 1979). آبیاری با استفاده از لوله پلی اتیلن انجام و مقدار آب مصرفی در هر بار آبیاری با استفاده از کنتور کنترل گردید. زمان شروع اعمال تنش کم آبیاری پس از استقرار گیاه در مرحله 8-6 برگی بود (Chimenti & Hall, 2002).

$$ET_{Crop} = K_c \times ET_0 \quad (1)$$

در پایان فصل، برداشت نهایی از هر کرت با رعایت اثر حاشیه و با کوادراتی به مساحت یک مترمربع انجام شد. سپس وزن طبق، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و اقتصادی آفتابگردان اندازه‌گیری شد. پردازش داده‌ها با بهره‌گیری از نرم‌افزار

SAS 9.2 و ترسم نمودارها نیز توسط نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

اثر تنش کم‌آبی و تیمارهای گوناگون کودی بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. برهمکنش سیستم کودی در آبیاری بر صفات وزن طبق، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و بیولوژیک معنی-دار و در سایر صفات غیرمعنی‌دار بود (جدول 2).

قطر طبق: تنش کم‌آبی و سیستم‌های گوناگون کودی، قطر طبق آفتابگردان را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند، اما برهمکنش آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول 2). با توجه به نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها، قطر طبق در شرایط تنش کم‌آبی نسبت به آبیاری بهینه به طور معنی‌داری به میزان 24 درصد کاهش یافت (جدول 3). گوکسوی و همکاران (Goksoy et al., 2004) نیز نتیجه گرفتند که تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار قطر طبق می‌شود. دانشیان و جباری (Daneshian & Jabbari, 2008) نیز طی یک مطالعه مشاهده کردند که، اعمال تنش کم آبیاری در سطوح 100، 150 و 200 میلی‌متر تبخیر، به ترتیب سبب کاهش 14، 27 و 39 درصدی قطر طبق در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود.

نتایج آزمایش مبین اثر مثبت منابع کودی مورد استفاده بر صفت قطر طبق بود (جدول 3). مقایسه میانگین تیمارهای گوناگون کودی نشان داد که بیشترین قطر طبق (17/03 سانتی‌متر) در تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست به دست آمد که در مقایسه با شاهد عدم مصرف هر گونه کود 9/5 درصد بیشتر بود. کمترین قطر طبق (14/07 و 14/05سانتی‌متر) نیز در تیمارهای فسفونیتروکارا و کاربرد تلفیقی فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست+ نیمی از کود شیمیایی توصیه شده مشاهده شد.

جدول 2- تجزیه واریانس اثر سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و شاخص برداشت آفتابگردان

Table 2- Analysis of variance of irrigation levels and fertilizer treatments effect on yield, yield components and harvest index of sunflower

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares						
		قطرطبق Head diameter	وزن طبق Head weight	تعداد دانه در طبق Seed per head	وزن هزاردانه 1000-Seed weight	عملکرد دانه GY	عملکرد بیولوژیک BY	شاخص برداشت HI
تکرار Replication	2	5.66^{ns}	2919.46^{ns}	16814.30^{ns}	5.55^{ns}	7361.79^{ns}	12718.22^{ns}	38.37^{ns}
آبیاری Irrigation	1	254.8*	1162480.1**	1008053.41**	2535.18**	603145.35**	4194490.74**	496.46*
خطای a Error a	2	7.61	14378.39	12800.30	7.41	4043.46	60183.41	23.83
کود Fertilizer	8	8.44**	121859.05**	125978.92**	87.50*	34504.52**	331717.37**	46.02*
کود x آبیاری Fertilizer xirrigation	8	1.63^{ns}	34105.67**	59691.45**	41.43^{ns}	7761.52**	75707.12**	19.12^{ns}
خطای b Error b	32	1.38	4790.97	9123.11	33.04	2667.52	21465.54	20.52
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		7.47	8.75	9.45	11.12	16.24	12.36	17.31

ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد است.

ns, * and **: Non significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

GY، BY و HI: به ترتیب عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت هستند.

GY, BY and HI: Are seed yield, biological yield and harvest index, respectively.

چنین به نظر می‌رسد که در مطالعه حاضر کاربرد توأم انواع کودها اثر مثبتی بر عملکرد و اجزاء عملکرد آفتابگردان نداشته است که می‌توان بخشی از این تأثیر منفی را در ارتباط با شرایط خاک به ویژه در ناحیه ریشه و عدم استقرار مطلوب ریزجانداران دانست که می‌تواند بر جمعیت باکتری‌های مفید تأثیر نامطلوبی داشته باشد (نتایج مربوط به جمعیت ریزجانداران نشان داده نشده است).

وزن هزار دانه: اثر ساده آبیاری و سیستم‌های کودی بر وزن هزار دانه آفتابگردان معنی‌دار شد اما اثر متقابل آن‌ها بر این جزء از عملکرد معنی‌دار نبود (جدول 2). با توجه به این‌که آب در فعالیت‌های مختلف فیزیولوژیک گیاه، فتوسنتز، آسیمیلاسیون، نقل و انتقال شیره پرورده و انتقال مجدد مواد به سوی دانه‌ها نقش به سزایی دارد کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش آبی دور از انتظار نیست. به طوری‌که در مطالعه حاضر نیز احتمالاً به علت تولید و انتقال کمتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها تحت تنش رطوبتی، در تیمار کم‌آبیاری، وزن هزار دانه آفتابگردان 23/4 درصد کمتر از آبیاری بهینه بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین مقدار وزن هزار دانه آفتابگردان (56/67 گرم) با کاربرد توأم کود آلی ورمی‌کمپوست به همراه نیمی از میزان پیشنهاد شده کود شیمیایی به دست آمد. هر چند تفاوت معنی‌داری بین تیمار مذکور با کاربرد کامل کود شیمیایی نبود اما استفاده تلفیقی از ورمی‌کمپوست با کود شیمیایی به میزان 15 درصد نسبت به عدم کاربرد هر گونه کود، افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه را به همراه داشت (جدول 3). مطالعات نانجاپا و همکاران (Nanjappa et al., 2001) در ذرت نیز نشان داد که مصرف ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه می‌شود.

جدول 3- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در سطوح آبیاری و تیمارهای کودی

Table 3- Means comparison of studied traits in irrigation levels and fertilizer treatments

تیمارها Treatments	قطرطبق (سانتی‌متر) Head diameter (cm)	وزن طبق (گرم) Head weight (g)	تعداد دانه در طبق Seed per head	وزن هزار دانه (گرم) 1000- Seed weight (g)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield ($g.m^{-2}$)	شاخص برداشت Harvest index
سطوح آبیاری Irrigation levels							
I_1	17.92^{a*}	937.81^{a}	1147.04^{a}	58.52^{a}	423.67^{a}	1463.59^{a}	29.19^{a}
I_2	13.58^{b}	644.37^{b}	873.78^{b}	44.81^{b}	212.30^{b}	906.19^{b}	23.21^{b}
انواع کود Fertilizer types							
V	17.03^{a}	892.83^{b}	1162.50^{ab}	54.17^{ab}	404.67^{a}	1388.17^{b}	25.52^{ab}
Vcf	16.95^{ab}	902.33^{b}	1112.83^{bc}	56.67^{a}	405.33^{a}	1298.67^{bc}	30.83^{a}
Ccf	16.72^{ab}	1052.50^{a}	1250.67^{a}	55.83^{ab}	418.83^{a}	1679.83^{a}	24.11^{b}
Hcf	16.70^{ab}	794.83^{c}	1043.17^{cd}	49.17^{abc}	304.83^{bc}	1169.00^{cd}	25.71^{ab}
Pcf	15.77^{abc}	798.17^{c}	$953.17d^{ef}$	53.33^{ab}	317.17^{b}	1078.50^{de}	28.85^{ab}
Na	15.42^{bcd}	584.00^{e}	836.50^{f}	48.33^{bc}	219.17^{d}	933.17^{e}	23.38^{b}
Pv	15.05^{cd}	$738.17c^{d}$	992.00^{de}	50.00^{abc}	300.33^{bc}	1091.17^{de}	26.90^{ab}
P	14.07^{d}	691.00^{d}	832.33^{f}	52.50^{ab}	247.50^{cd}	1018.67^{de}	24.06^{b}
Pvcf	14.05^{d}	666.00^{d}	910.50^{ef}	45.00^{c}	244.00^{cd}	1006.83^{de}	23.04^{b}

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

* Means in each column, followed by the same letters, are not significantly different at 5% probability level-using Duncan multiple range test (DMRT).

(I_1: آبیاری بهینه، I_2: تنش کم‌آبیاری، Ccf: 100 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Hcf: 50 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Na: عدم مصرف کود، V: ورمی‌کمپوست، P: فسفونیتروکارا، Pv: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست، Pcf: فسفونیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی، Vcf: ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی و Pvcf: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی)

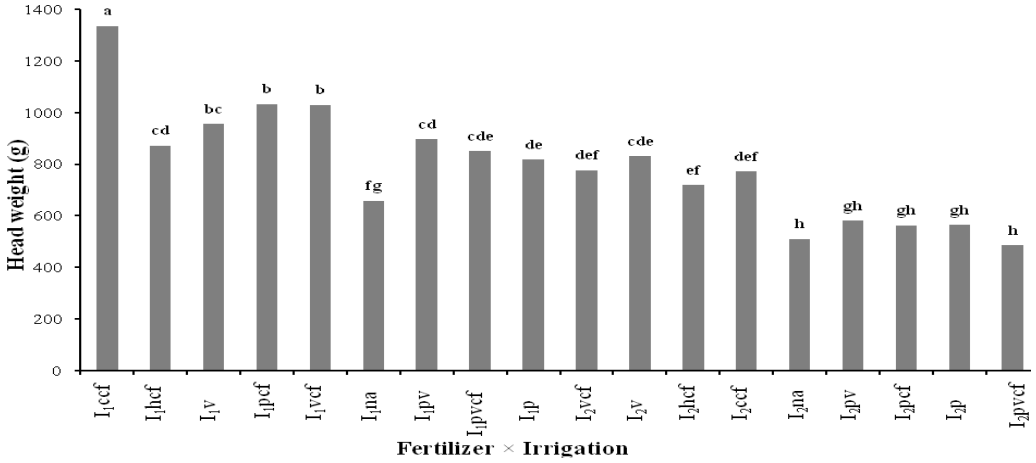
(I_1: Optimum irrigation, I_2: Deficit irrigation, Ccf: 100% of the recommended fertilizer, Hcf: ½ Proposed fertilizer, Na: No fertilizer, V: Vermicompost, P: Phospho nitro kara, Pv: Phospho nitro kara+ Vermicompost, Pcf: Phospho nitro kara+ ½ Chemical fertilizer, Vcf: Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer and Pvcf: Phospho nitro kara+ Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer)

در بررسی تأثیر کاربرد سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای و کود زیستی در گیاه آفتابگردان توسط اکبری و همکاران (Akbari et al., 2009)،

بالاترین وزن هزار دانه از تیمار تلفیقی کود آلی و شیمیایی به دست آمد. سنایی و همکاران (Sanoie et al., 2013) نیز کاهش 14 درصدی وزن هزار دانه گلرنگ را در اثر تنش آبی در مرحله گلدهی گزارش کردند. آن‌ها همچنین پی بردند که بیشترین وزن هزار دانه در تیمار کود زیستی بیوسوپر فسفات به همراه 25 درصد فسفر توصیه شده حاصل شد.

وزن طبق: در اثر تنش کم‌آبی وزن طبق آفتابگردان به طور معنی‌داری کاهش یافت، به طوری‌که وزن طبق در شرایط تنش نسبت به حالت بهینه آبیاری 31 درصد کاهش پیدا کرد. مقایسه میانگین تیمارهای تغذیه‌ای نیز نشان داد که کمترین (584 گرم) و بیشترین (1052/5 گرم) وزن طبق آفتابگردان به ترتیب از کاربرد کامل کود شیمیایی و عدم مصرف هر گونه کود حاصل شد (جدول 3). مقایسه میانگین اثر متقابل سیستم‌های گوناگون تغذیه با تنش کم‌آبی نشان داد که در شرایط مطلوب آبیاری بیشترین وزن طبق در اثر کاربرد کامل کود شیمیایی حاصل شد که در مقایسه با عدم مصرف کود 38 درصد افزایش داشت. در حالی‌که در شرایط تنش کم-آبی، بیشترین مقدار وزن طبق (830/67 گرم) در تیمار کود آلی ورمی‌کمپوست و کمترین مقدار (485/33 گرم) در کاربرد توأم کود شیمیایی به همراه ورمی‌کمپوست و فسفونیتروکارا به دست آمد (شکل 1). بر اساس بررسی جمعیت برخی از میکروارگانیسم‌های مفید خاک (نتایج نشان داده نشده) چنین به نظر می‌رسد که استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی، آلی و زیستی به نفع روابط زیستی ریزجانداران محیط ریشه نبوده و باعث کاهش جمعیت آن‌ها و در نتیجه تأثیر منفی بر پارامترهای گیاهی از جمله وزن طبق گردیده است.

تعداد دانه در طبق: تنش کم‌آبی به طور معنی‌داری تعداد دانه در طبق آفتابگردان را تحت تأثیر قرار داد به طوری‌که تعداد دانه در طبق در تنش کم‌آبی نسبت به شرایط آبیاری بهینه حدود 24 درصد (از 1147/04 به 873/78 دانه در طبق) کاهش یافت. احتمالاً تنش خشکی از طریق کاهش قدرت مخزن در جذب مواد فتوسنتزی و افت تعداد گلچه‌های بارور و نیز کاهش قطر طبق به کاهش تعداد دانه در طبق آفتابگردان منجر شده است. صرف نظر از آبیاری، تعداد دانه در طبق آفتابگردان با کاربرد کود در مقایسه با عدم مصرف آن در اکثر تیمارها افزایش پیدا کرد.



شکل 1- تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی بر وزن طبق آفتابگردان در سطوح آبیاری و تغذیه‌ای

Fig. 1- Effect of chemical and bio-fertilizer on sunflower head weight under irrigation levels

(I_1: آبیاری بهینه، I_2: تنش کم‌آبیاری، Ccf: 100 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Hcf: 50 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Na: عدم مصرف کود، V: ورمی‌کمپوست، P: فسفونیتروکارا، Pv: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست، Pcf: فسفونیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی، Vcf: ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی و Pvcf: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی)

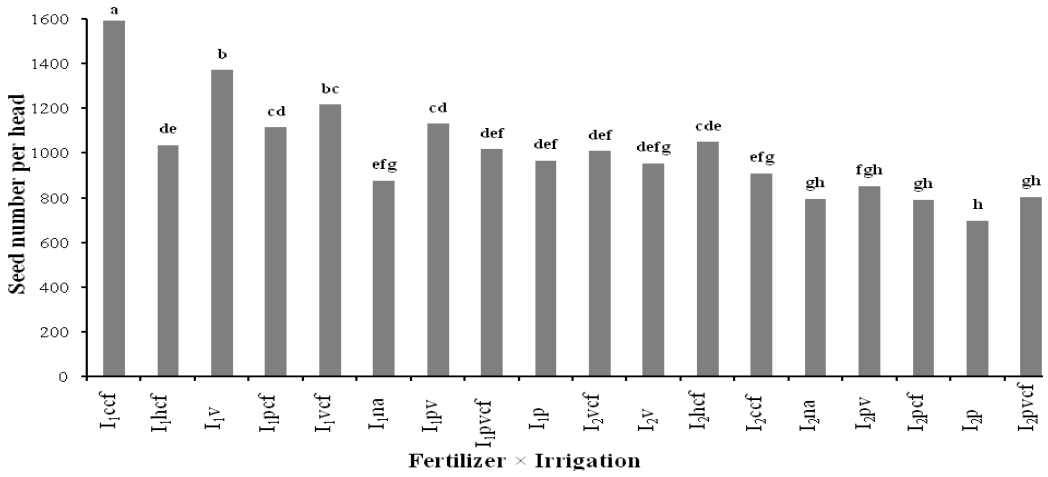
(I_1: Optimum irrigation, I_2: Deficit irrigation, Ccf: 100% of the recommended chemical fertilizer, Hcf: ½ Proposed fertilizer, Na: No fertilizer, V: Vermicompost, P: Phospho nitro kara, Pv: Phospho nitro kara+ Vermicompost, Pcf: Phospho nitro kara+ ½ Chemical fertilizer, Vcf: Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer and Pvcf: Phospho nitro kara+ Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer)

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by the same letters, are not significantly different at 5% probability level-using Duncan multiple range test (DMRT).

بیشترین تعداد دانه در طبق، در کاربرد کامل کود شیمیایی به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد ورمی‌کمپوست نداشت. در شرایط عدم تنش، بیشترین تعداد دانه در طبق آفتابگردان در تیمار کاربرد کامل کود شیمیایی حاصل شد، در حالی‌که در شرایط تنش کم‌آبی، بیشترین تعداد دانه در طبق در تیمار کاربرد نیمی از کود شیمیایی پیشنهاد شده مشاهده شد، هر چند که با تیمارهای کاربرد کامل کود شیمیایی، ورمی‌کمپوست و کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و نیمی از کود شیمیایی توصیه شده تفاوت آماری نداشت (شکل 2). جذب عناصر غذایی توسط گیاه تحت تأثیر میزان آب موجود در خاک جذب عناصر غذایی توسط گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در پژوهش حاضر نیز کمبود رطوبت خاک به عنوان عامل محدودکننده، کارآیی مصرف کود شیمیایی را تحت تأثیر قرار داده و باعث شده که مصرف کامل کود شیمیایی، افزایش معنی‌داری را در تعداد دانه در طبق در پی نداشته باشد.

عملکرد دانه: نتایج نشان داد که عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار گرفت، به طوری‌که عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی (212/30 گرم در مترمربع) حدود 50 درصد نسبت به آبیاری بهینه (423/7 گرم در مترمربع) کمتر بود. می‌توان افت عملکرد دانه را به کاهش معنی‌دار تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه آفتابگردان تحت تنش کم‌آبی نسبت داد. صرف نظر از آبیاری، بیشترین عملکرد دانه به میزان 418/83 گرم در مترمربع از تیمار کود شیمیایی به دست آمد که تفاوت آماری معنی‌داری با تیمارهای کاربرد ورمی‌کمپوست و ورمی‌کمپوست به همراه نیمی از کود شیمیایی پیشنهاد شده نداشت. با مقایسه اثر متقابل سیستم‌های گوناگون تغذیه‌ای با تنش کم‌آبی مشاهده شد که در شرایط آبیاری بهینه کاربرد کامل کود شیمیایی بالاترین عملکرد دانه را به همراه داشت. در شرایط تنش کم‌آبی نیز مقایسه میانگین عملکرد دانه آفتابگردان نشان داد که در این شرایط کاربرد نیمی از کود شیمیایی پیشنهاد شده به همراه کود آلی ورمی‌کمپوست بیشترین عملکرد دانه را در پی داشته است (شکل 3) که حدود 21/6 درصد بیشتر از کاربرد میزان کامل کود شیمیایی در شرایط تنش کم‌آبی بود. از آن‌جا که فرآیند رشد گیاه به میزان زیادی وابسته به محتوای رطوبتی گیاه است.



شکل 2- تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان در سطوح آبیاری و تغذیه‌ای

Fig. 2- Effect of chemical and bio-fertilizer on seed number per head of sunflower under irrigation

(I_1: آبیاری بهینه، I_2: تنش کم‌آبیاری، Ccf: 100 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Hcf: 50 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Na: عدم مصرف کود، V: ورمی‌کمپوست، P: فسفونیتروکارا، Pv: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست، Pcf: فسفونیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی، Vcf: ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی و Pvcf: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی)

levels (I_1: Optimum irrigation, I_2: Deficit irrigation, Ccf: 100% of the recommended chemical fertilizer, Hcf: ½ Proposed fertilizer, Na: No fertilizer, V: Vermicompost, P: Phospho nitro kara, Pv: Phospho nitro kara+ Vermicompost, Pcf: Phospho nitro kara+ ½ Chemical fertilizer, Vcf: Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer and Pvcf: Phospho nitro kara+ Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer)

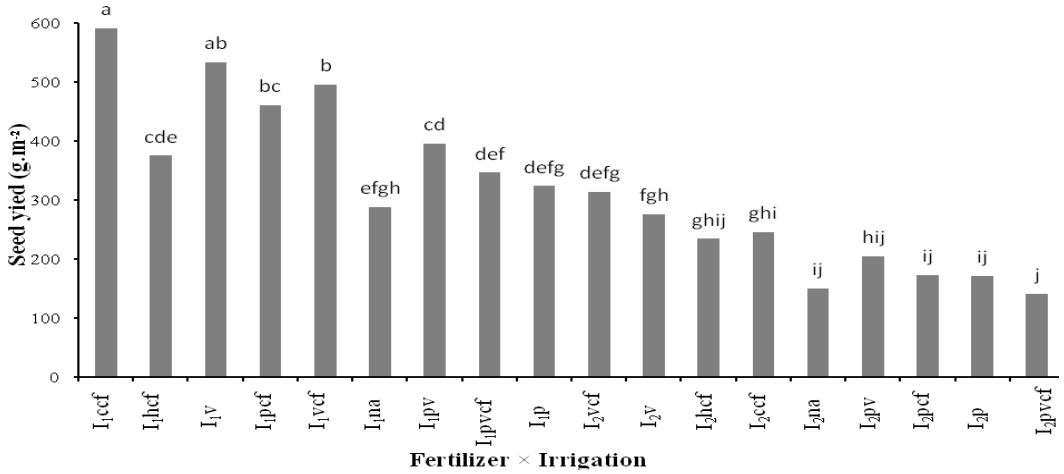
میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by the same letters, are not significantly different at 5% probability level-using Duncan multiple range test (DMRT).

بنابراین، احتمال می‌رود که کود آلی ورمی‌کمپوست توانسته با افزایش ظرفیت نگهداری آب، آزادسازی و فراهمی مطلوب عناصر غذایی موجود در خاک باعث بهبود عملکرد دانه شود. علاوه بر دلایل ذکر شده روئستی و همکاران (Roesty et al., 2006) افزایش عملکرد توسط کود ورمی‌کمپوست را به علت جلوگیری از آب‌شویی نیتروژن، افزایش فعالیت بیولوژیک و بهبود ساختمان خاک بیان کردند. همچنین آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2004) تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست را به افزایش جمعیت میکروبی خاک و تولید مواد محرک رشد مانند هورمون‌های گیاهی توسط آن‌ها که ناشی از فعالیت کرم‌های خاکی در ورمی‌کمپوست است نسبت دادند.

در شرایط عدم تنش، کاربرد کودهای زیستی و آلی در مقایسه با شاهد بدون مصرف کود، عملکرد دانه بیشتری داشت، به طوری‌که عملکرد دانه در تیمارهای فسفونیتروکارا به همراه کود شیمیایی و فسفونیتروکارا توأم با ورمی‌کمپوست در مقایسه با عدم مصرف کود به ترتیب حدود 13 و 27 درصد بیشتر بود (شکل 3). وجود ریزجانداران مفید تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات در کود زیستی و همچنین قدرت نگهداری آب و وجود آنزیم‌ها و هورمون‌های مؤثر در رشد و عملکرد گیاه در کود آلی ورمی‌کمپوست منجر به افزایش جذب عناصر موجود در خاک توسط گیاه و پاسخ بهتر و عملکرد بیشتر در تیمارهای مذکور در مقایسه با عدم مصرف کود شد (Arancon et al., 2004؛ Rigi & Ronaghi, 2003).

در بررسی تأثیر تنش آبی و کاربرد کود فسفره بیولوژیک در گلرنگ، حداقل عملکرد دانه تحت تأثیر تنش آبی در مرحله گلدهی به دست آمد که حدود 27 درصد نسبت به شاهد کاهش داشت. مقایسه متوسط عملکرد دانه بین تیمارهای مختلف فسفر نشان داد که 25 و 50 درصد فسفر توصیه شده به علاوه کود زیستی و آبیاری کامل بیشترین عملکرد را در پی داشت (Sanoie et al., 2013).



شکل 3- تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد دانه آفتابگردان در سطوح آبیاری و تغذیه‌ای

Fig. 3- Effect of chemical and bio-fertilizer on sunflower seed yield under irrigation levels

(I_1: آبیاری بهینه، I_2: تنش کم‌آبیاری، Ccf: 100 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Hcf: 50 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Na: عدم مصرف کود، V: ورمی‌کمپوست، P: فسفونیتروکارا، Pv: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست، Pcf: فسفونیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی، Vcf: ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی و Pvcf: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی)

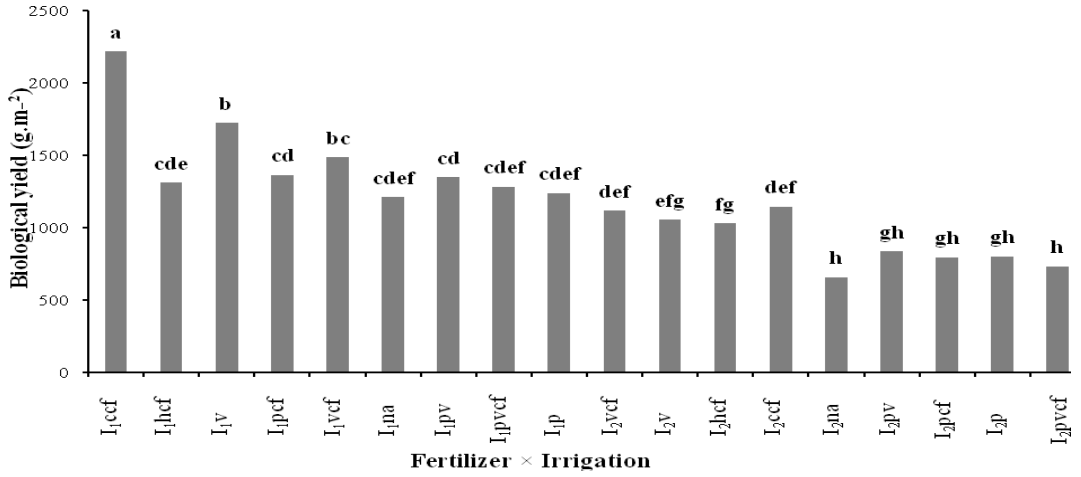
(I_1: Optimum irrigation, I_2: Deficit irrigation, Ccf: 100% of the recommended chemical fertilizer, Hcf: ½ Proposed fertilizer, Na: No fertilizer, V: Vermicompost, P: Phospho nitro kara, Pv: Phospho nitro kara+ Vermicompost, Pcf: Phospho nitro kara+ ½ Chemical fertilizer, Vcf: Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer and Pvcf: Phospho nitro kara+ Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer)

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by the same letters, are not significantly different at 5% probability level- using Duncan multiple range test (DMRT).

در مطالعات جلیلیان و همکاران (Jalilian et al., 2012) نیز عملکرد دانه آفتابگردان در شرایط تنش و عدم تنش آبی با کاربرد *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* به همراه کود نیتروژنی پیشنهاد شده در مقایسه با شاهد بدون مصرف کود بیشتر بود به طوری‌که بیشترین میانگین افزایش عملکرد بذر با 26/4 درصد در تیمار مایه‌زنی به همراه 75 درصد نیتروژن پیشنهاد شده به دست آمد.

عملکرد بیولوژیک: سطوح آبیاری و تیمارهای کودی به طور معنی‌داری عملکرد بیولوژیک آفتابگردان را تحت تأثیر قرار دادند، همچنین برهمکنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار شد (جدول 2). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین آبیاری بهینه و تنش کم‌آبی تفاوت قابل توجهی وجود داشت، به طوری‌که عملکرد بیولوژیک در آبیاری بهینه (1463/59 گرم در مترمربع) در مقایسه با تنش کم‌آبی (906/19 گرم در مترمربع) 38 درصد بیشتر بود. نتایج حاکی از آن بود که میان سیستم‌های گوناگون کودی نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت و کاربرد کودها، عملکرد بیولوژیک را در مقایسه با عدم مصرف هر گونه کود افزایش داد. بیشترین عملکرد بیولوژیک (1679/83 گرم در مترمربع) با مصرف کامل میزان کود شیمیایی توصیه شده به دست آمد (جدول 3). مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی با سیستم‌های گوناگون تغذیه نشان داد که در شرایط آبیاری بهینه بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار کاربرد کود شیمیایی توصیه شده به دست آمد (شکل 4). در شرایط تنش کم‌آبی نیز بیشترین عملکرد بیولوژیک به تیمار کاربرد کود شیمیایی توصیه شده تعلق داشت اما با تیمارهای کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و نیمی از کود شیمیایی توصیه شده، ورمی‌کمپوست و مصرف نیمی از کود شیمیایی توصیه شده تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل 4). ریگی و رونقی (Rigi & Ronaghi, 2003) نیز بیان نمودند که ورمی‌کمپوست دارای آنزیم‌ها، هورمون-های رشد و مقادیر زیادی از عناصر غذایی به صورت قابل دسترس برای گیاه است و در افزایش رشد و تولید ماده خشک محصولات مختلف تأثیر به سزایی دارد.



شکل 4- تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد بیولوژیک آفتابگردان در سطوح آبیاری و تغذیه‌ای

Fig. 4- Effect of chemical and bio-fertilizer on sunflower biological yield under irrigation levels

(I_1: آبیاری بهینه، I_2: تنش کم آبیاری، Ccf: 100 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Hcf: 50 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Na: عدم مصرف کود، V: ورمی‌کمپوست، P: فسفونیتروکارا، Pv: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست، Pcf: فسفونیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی، Vcf: ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی و Pvcf: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی)

(I_1: Optimum irrigation, I_2: Deficit irrigation, Ccf: 100% of the recommended chemical fertilizer, Hcf: ½ Proposed fertilizer, Na: No fertilizer, V: Vermicompost, P: Phospho nitro kara, Pv: Phospho nitro kara+ Vermicompost, Pcf: Phospho nitro kara+ ½ Chemical fertilizer, Vcf: Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer and Pvcf: Phospho nitro kara+ Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer)

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by the same letters, are not significantly different at 5% probability level- using Duncan multiple range test (DMRT).

همچنین کاوندر و همکاران (Cavender et al., 2003) گزارش کردند که کود ورمی‌کمپوست از طریق تحریک فعالیت ریزجانداران مفید خاک و عرضه مداوم و پایدار عناصر معدنی به ویژه نیتروژن به گیاه، موجب افزایش عملکرد بیولوژیک می‌گردد. در مطالعات پیرسته انوشه و همکاران (Pirasteh Anousheh et al., 2010) نیز عملکرد بیولوژیک آفتابگردان در سطوح بدون تنش یا تنش خفیف در تیمار کودهای شیمیایی بیشتر بود، ولی در تیمارهایی که سطوح تنش بیشتری اعمال شده بود، عملکرد بیولوژیک بوته‌ها با مصرف کود زیستی زیادتر بود. آن‌ها علت این امر را حفظ آب و بهبود شرایط فیزیکی خاک به علت توانایی بالای سوپرجاذب استفاده شده در نگهداری آب دانستند. همچنین در آزمایشات کومار و همکاران (Kumar et al., 2005)، عملکرد بیولوژیک سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست افزایش یافت. آنان اظهار داشتند که ورمی‌کمپوست از طریق بهبود جذب آب و عناصر غذایی می‌تواند سبب افزایش فتوسنتز و عملکرد بیولوژیک گردد. جلیلیان و همکاران (Jalilian et al., 2012) نیز گزارش کردند که در همه رژیم‌های آبیاری بیشترین عملکرد بیولوژیک آفتابگردان با کاربرد ریزجانداران مفید به همراه کود شیمیایی به دست آمد.

شاخص برداشت: سطوح آبیاری و تیمارهای گوناگون تغذیه‌ای تأثیر معنی‌داری بر روی صفت شاخص برداشت آفتابگردان داشتند (جدول 2). شاخص برداشت در کاربرد بهینه آب تقریبا 20 درصد بیشتر از تیمار تنش آبی بود (جدول 3). تنش کم‌آبی از طریق کاهش تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه باعث افت شاخص برداشت شد. علت کاهش شاخص برداشت، کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش کمبود آب بود. بیشترین میزان شاخص مذکور به کاربرد توأم ورمی‌کمپوست با کود شیمیایی (30/83 درصد) تعلق داشت (جدول 3).

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که عملکرد آفتابگردان تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و کودی قرار گرفت. بالاترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری بهینه با کاربرد کامل کود شیمیایی به دست آمد، در حالی‌که در شرایط تنش کم‌آبی بیشترین عملکرد به کاربرد توأم ورمی‌کمپوست به همراه نیمی از کود شیمیایی پیشنهاد شده تعلق داشت. افزودن ورمی‌کمپوست به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد بستری مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام هوایی و تولید ماده خشک و در نهایت بهبود عملکرد را فراهم می‌آورد. هر چند کودهای شیمیایی نقش مهمی در افزایش عملکرد گیاهان زراعی دارند، اما باعث افزایش مشکلات زیست‌محیطی می‌گردند. کودهای زیستی نیز به تنهایی نمی‌توانند جهت تولید پایدار کشاورزی مفید واقع شوند. به طور کلی در بیشتر موارد کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی می‌تواند راهکاری در راستای رسیدن به کشاورزی پایدار، کاهش آلودگی منابع آب و خاک، بهبود شرایط فیزیکوشیمیایی خاک و تولید محصولی با کیفیت و ارزش غذایی بالا محسوب گردد.

منابع

1- Akbari, P., Ghalavand, A., and Modarres Sanavi, S.A.M. 2009. Effects of different nutrition systems (organic, chemical and integrated) and bio-fertilizer on yield and other growth traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Sustinable Agriculture and Prodution Science 1: 84-93. (In Persian with English Summary)

2- Aleyar, H., and Shekari, F. 2000. Oilseeds. Agriculture and Physiology. Iran, Tabriz, Amidi Publication, Tabriz, Iran p. 182. (In Persian)

3- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Rome, Italy p. 300.

4- 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. Bioresource Technology 93: 145-153.

5- Blum, A. 1997. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. In: Belhassen, I. (Eds.), drought tolerance in higher plants: Genetical, physiological, and molecular biological analysis. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands p. 57-70.

6- Bremness, L. 1999. Herbs. Eyewitness Handbook, London p. 176.

7- Cavender, N.D., Atiyeh, R.M., and knee, M. 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of sorghum bicolor at the expense of plant growth. Pedobiologia 47: 85-89.
8- Chimenti, C.A., Pearson, J., and Hall, A.J. 2002. Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. Field Crops Research 75: 235-246.
9- Daneshian, J., and Jabbari, H. 2009. Effect of limited irrigation and plant density on morphological characteristics and grain yield in a dwarf sunflower hybrid (CMS26 × R103) as second crop. Iranian Journal of Crop Science 10(40): 377-388 (In Persian with English Summary)
10- Doorenbos, J., and Kassam, A.H. 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. FAO, Rome, Italy p. 181.
11- Gharib, F., moussa, L.A., and Massond, O.N. 2008. Effect of compost and biofertilizer on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Marjorana hortensis*) plant. International Journal of Agriculture and Biology 10(4): 381-387.
12- Goksoy, A.T., Demir, A., Turan, O.Z.M., and Dagustu, N. 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. Filed Crops Research 87: 167-178.
13- Hungria, M., Andrade, D.S., Colozzi-Filho, A., and Balota, E.L. 1997. Interacao entre microrganismos do solo, feijoeriro e milho em monoculture consorcio. Pesquisa Agrogecuaria Brasileira 32: 807-818.
14- Jalilian, J., Modarres-Sanavya, S.A.M., Saberalia, S.F., and Sadat-Asilan, K. 2012. Effects of the combination of beneficial microbes and nitrogen on sunflower seed yields and seed quality traits under different irrigation regimes. Field Crops Research 127: 26-34.
15- Jiang, D., and Hengsdijk, H. 2006. Long-term effects of manure and inorganic fertilizers on yield and soil fertilityfor a winter wheat-maize system in Jiangsu, China. Soil Science Society of China 16: 25-32.
16- Kumar, S., Rawat, C.R., Dhar, S., and Rai, S.K. 2005. Dry matter accumulation, nutrient uptake and changes in soil fertility status as influenced by different organic sources of nutrients to forage sorghum (*Sorghum bicolor*). Indian Journal of Agricultural Sciences 75(6): 340-342.
17- Nanjappa, H.V., Ramachandrappa, B.K., and Mallikarjuna, B.O. 2001. Effect of integrated nutrient management on yield and nutrient balance in maize (*Zea mays* L.). Indian Journal of Agronomy 46(4): 698-701.
18- Pant, A., Radovich, T.J.K., Hue, N.V., and Arancon, N.Q. 2011. Effects of vermicompost Tea (*Aqueous extract*) on Pak Chio yield, quality, and on soil biological properties. Compost Science and Utilization 19(4): 279-292.
19- Pirasteh anousheh, H., Imam, Y., and Jamali Ramin, F. 2010. Comparative effect of biofertilizers with chemical fertilizers on sunflower (*Helianthus annuus* L.) growth, yield and oil percentage in different drought stress levels. Journal of Agroecology 2(3): 492-501. (In Persian with English Summary)
20- Renato, Y., Ferreira, M.E., Cruz, M.C., and Barbosa, J.C. 2003. Organic matter fractions and soil fertility under influence of liming, vermicopmpost and cattle manure. Bioresource Technology 60: 59-63.
21- Rezvani Moghaddam, P., Moradi, R., Nassiri Mahallati, M., and Nejad Ali, A. 2010. Effect of organic and biological fertilizers on quantity and quality of essential oil of fennel (*Foenicum vulgare* Mill.). 6th Conference on Aromatic and Medicinal Plants of Southeast European Countries, Antalya , Turkey, 18-22 April 2010, p. 966-975.
22- Roesty, D., Gaur, R., and Johri, B.N. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial. Community structure in rain-fed wheat fields, Journal of Plant Science 38: 1111-1120.
23- Rigi, M.R., and Ronaghi, A. 2003. Greenhouse evaluation of the effects of vermicompost with or without nitrogen on the growth and chemical composition of corn. Congress of Soil Science Iran, Rasht, Iran. (In Persian)
24- Roy, D.K., and Singh, B.P. 2006. Effect of level and time of nitrogen application with and without vermicompost on yield, yield attributes and quality of malt barley (*Hordeum vulgare*). Indian Journal of Agronomy 51(1): 40-42.
25- Saleh Rastin, N. 2001. Bio-fertilizers and their role in order to reach to sustainable agriculture. A compilation of papers of necessity for the production of biofertilizers in Iran, p. 1-54. (In Persian)
26- Sanoie, A., Nasri, M., and Ghooshchi, F. 2013. Effects of water stress and application of bio-fertilizer phosphorus on agronomic traits of safflower varieties (*Carthamus tinctrius* L). Annals of Biological Research 4(3): 183-186.
27- Sharma, A.K. 2002. Bio-fertilizers for sustainable agriculture. Agrobios Indian Publications.
28- Tomati, U., Grappelli, A., Galli, E. 1988. The hormone- like effect of earth worm casts on plant growth. Biology and Fertility of Soils 5: 288-294.
29- Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as bio-fertilizer. Plant and Soil 255: 571-586.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 107-119

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 1، بهار 1395، ص. 119-107

The Effect of Chemical, Biological and Organic Nutritional Treatments on Sunflowers Yield and Yield Components under the Influence of Water Deficit Stress

F. Soleymani[1], G. Ahmadvand[2*] and A.A. Safari Sanjani[3]
Submitted: 13-06-2015
Accepted: 11-11-2015

Soleymani, F., and Ahmadvand, G. 2016. The effect of chemical, biological and organic nutritional treatments on sunflowers yield and yield components under water deficit stress. Journal of Agroecology 8(1): 107-119.

Introduction

To achieve the higher economic yield of crop plants, supplying enough nutrients to plants is very important. Moreover, nutrient uptakes by plants is influenced by the soil water contents. However, nowadays chemical fertilizer application is important agronomic factor that has significant effects on growth and quantity and quality of final yield, but traditional nutrient management and excessive use of chemical fertilizers may cause the environmental problems such as contamination of soil and water resources, low quality of agricultural products and reduction of soil fertility. These factors have drawn attention to health and ecological sustainable farming systems (Sharma, 2002). In this context, usage of organic and biological products for plant nutrition is considered as one of the solutions to achieve the goals of sustainable agriculture.

Materials and methods

To evaluate the effect of various feeding systems on yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under the influence of water deficit stress, a split-plot experiment based on randomized complete block design with three replications, was carried out in the Agricultural Faculty of Bu-Ali Sina University during the growing season of 2013-2014. Main plots consisted of two irrigation levels: optimum irrigation and deficit irrigation stress (irrigation after 60 and 120 mm evaporation from evaporation pan, class A, respectively) and sub-plots included of nine nutrition systems: 1- no bio or chemical fertilizer application, 2- 100% of the recommended chemical fertilizer , 3- vermicompost, 4- phospho nitro kara, 5- vermicompost+ phospho nitro kara, 6- vermicompost+ ½ chemical fertilizer, 7- phospho nitro kara+ ½ chemical fertilizer, 8- vermicompost+ phospho nitro kara+ ½ chemical fertilizer, 9- ½ proposed chemical fertilizer. Phospho-nitro-kara which contains phosphate solubilizing and nitrogen fixing bacteria (Bacillus coagulans, azotobactr chroocuccum and Azospirilium lipoferum) was impregnated with seeds. Vermicompost was mixed with the soil before planting based on the recommendation of the producer company (15 $t.ha^{-1}$). After determining evapotranspiration of the reference plant (ET_0) by FAO- Penman-Monteith method and crop coefficients (K_c) in different stages of crop growth, plant water requirement was determined (Allen et al., 1998). Finally, the irrigation water volume was estimated according to the effective rainfall, irrigation efficiency (60%) and 45% depletion of soil moisture in the root zone (Doorenbos & Kassam, 1979).

Results and discussion

Water deficit stress and nutrient treatments significantly affected all measured traits except the harvest index. Water deficit stress significantly reduced head diameter by 24% in comparison with optimum irrigation. The maximum diameter (17.03 cm) was obtained in vermicompost treatment. One thousand seed weight of sunflower under optimum irrigation was 1.3 times as much as water deficit treatment. Combined treatment of vermicompost and half of recommended chemical fertilizer yielded maximum 1000- seed weight (56.67 g). Under optimum irrigation, the highest weight of the head was achieved from 100% chemical fertilizer application, while under water stress, maximum head weight (830.67 g) was obtained in vermicompost treatment and the minimum value (485.33 g) was obtained from chemical fertilizer + vermicompost + phospho nitro kara. In both irrigation levels, the highest biological yield was obtained from full application of chemical fertilizer, but this treatment in stress condition did not have significant difference with combined application of vermicompost

1, 2 and 3 - PhD Student Crop Physiology of Agronomy, Associate Professor and Professor, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: gahmadvand@basu.ac.ir)

and half of chemical fertilizer, vermicompost and 50% of chemical fertilizer. 100% recommended chemical fertilizer in optimum irrigation, had a maximum grain yield (693.67 $g.m^{-2}$).

Organic fertilizers by increasing soil organic matter, improving soil chemical properties such as pH and CEC, increasing the activity of microorganisms and nutrient accessibility led to increase soil fertility. In this study, especially under stress condition, it was observed that vermicompost by increasing water holding capacity and nutrients availability, improvement of plant growth, increasing assimilation and transmission of assimilates to seeds, led to increase the economic yield of sunflower.

Conclusion

In conclusion, although chemical fertilizers play an important role in enhancement of crop yield, though may cause some environmental problems too. In addition,biological fertilizers alone can not provide nutrient requirements of crops. Generally, in order to achieve sustainable agriculture, especially under the influence of water stress condition, it seems that reduction of chemical fertilizers and replacing them with vermicompost can be an effective method.

Keywords: Phospho nitro kara, Sustainable agriculture, Vermicompost, Water deficit stress

References

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Rome, Italy p. 300.

Doorenbos, J., and Kassam, A.H. 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. FAO, Rome, Italy p. 181.

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios Indian Publications.