نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 597-583

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 583-597

اثر ورمی‌کمپوست و تلقیح میکوریزا بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی سویا (*Glycine max* L.) تحت شرایط تنش کم‌آبی

الهام جهانگیری نیا[1*]، عطاءاله سیادت[2]، احمد کوچک زاده[3]، منوچهر سیاح‌فر[4] و محمدرضا مرادی تلاوت[3]

تاریخ دریافت: 1394/09/12
تاریخ پذیرش: 1395/04/30

جهانگیری نیا، ا.، سیادت، ع.، کوچک زادهم، ا.، سیاح‌فر، م.، و مرادی تلاوت، م.ر. 1395. اثر ورمی‌کمپوست و تلقیح میکوریزا بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی سویا (*Glycine max* L.) تحت شرایط تنش کم‌آبی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(4): 597-583.

چکیده

به منظور بررسی اثر مصرف کودهای ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی سویا (*Glycine max* L.) در شرایط تنش کم‌آبی، آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان خرم آباد در سال 1392 اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل انجام آبیاری پس از 60، 120 و 180 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و فاکتور فرعی شامل مدیریت تغذیه‌ای (عدم مصرف کودهای میکوریزا و ورمی‌کمپوست، تلقیح با کود زیستی میکوریزا گونه (*Glomus hoi.*)، مصرف پنج و 10 تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست، مصرف پنج و 10 تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست به همراه میکوریزا) بودند. نتایج نشان داد که بر همکنش تنش کم‌آبی × سطوح کودی بر دمای بالا و پایین سایه‌انداز بوته معنی‌دار بود. استفاده از کودهای تلفیقی در شرایط تنش کم‌آبی سبب کاهش دمای برگ‌های بوته گردید. تنش کم‌آبی منجر به کاهش صفات شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ و عددکلروفیل‌متر شد. در واکنش به سطوح کودی، بیشترین میزان شاخص سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ در تیمارهای مصرف تلفیقی ورمی‌کمپوست به همراه میکوریزا به دست آمد. با افزایش تنش کم‌آبی میزان سرعت پر شدن دانه افزایش ولی طول دوره مؤثر پر شدن دانه، وزن نهایی و عملکرد دانه کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه در تیمارهای مصرف تلفیقی پنج و 10 تن در هکتار ورمی‌کمپوست به همراه میکوریزا به دست آمد که به ترتیب 23 و 29 درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. به نظر می‌رسد استفاده تلفیقی از کودهای ورمی‌کمپوست و میکوریزا در مناطقی که در معرض تنش کم‌آبی هستند، از طریق بهبود شرایط فیزیولوژیک گیاه می‌تواند موجب بهبود شرایط رشد گیاه و حصول عملکرد بالاتر گردد.

واژه‌های کلیدی: تشتک تبخیر، سرعت پر شدن دانه، شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ

مقدمه

دانه‌های روغنی بعد از غلات دومین منبع مهم تأمین انرژی لازم جوامع انسانی به شمار می‌روند. از آن‌جا که بخش زیادی از روغن مصرفی کشور از خارج وارد می‌شود، کشت دانه‌های روغنی از جمله سویا (*Glycine max* L.) و مدیریت صحیح آن‌ها در جهت افزایش عملکرد ضروری به نظر می‌رسد (Emam & Eilkaee, 2002). بر اساس اطلاعات سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)[5] سطح زیر کشت سویا در جهان طی سال 2012 میلادی حدود 104/9 میلیون هکتار با تولید حدود 241/8 میلیون تن بوده است و بنابر

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استاد، استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان و استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان
(*- نویسنده مسئول: Email: ejahangiri92@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.51116

5- Food and Agriculture Organization (http://faostat.fao.org)

همین گزارش سطح زیر کشت سویا در ایران 80 هزار هکتار با تولید 200 هزار تن است. به عبارت دیگر سهم ایران از تولید سویا در جهان تنها حدود 0/08 درصد است. کمبود رطوبت یکی از عوامل مهم محدود کننده رشد سویا به شمار می‌رود. تنش خشکی از طریق ایجاد تغییرات آناتومیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد سویا تأثیر می‌گذارد (Tarumingkeng & Coto, 2003) امروزه کم‌آبی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده ازدیاد محصول در نواحی خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران می‌باشد و کاهش رشد در اثر تنش خشکی به مراتب بیشتر از سایر تنش‌های محیطی است (Rodriguez, 2006). در شرایط تنش کمبود آب، کاهش ماده خشک می‌تواند به دلیل فشار آماس سلول ناشی از کاهش سطح برگ گیاه و همچنین کاهش نرخ فتوسنتزی به دلیل محدودیت‌های بیوشیمیایی ناشی از کمبود آب از قبیل کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی به خصوص کلروفیل‌ها باشد (Lawlor & Cornic, 2002) مواجه شدن گیاه با تنش خشکی باعث مسدود شدن روزنه‌ها و افزایش تنفس و به تبع آن افزایش دما در سطح برگ می‌شود (Costa-Fodil et al., 2000).

سرعت و دوام پر شدن دانه نیز از صفات مهم مؤثر بر عملکرد هستند. در گیاهان زراعی، پر شدن دانه از مرحله باروری تا رسیدگی را می‌توان به سه مرحله تقسیم نمود: در مرحله اول وزن خشک دانه به آرامی و در طی یک مرحله تأخیری افزایش می‌یابد. به دنبال آن مرحله دوم، مرحله خطی پر شدن دانه ظاهر می‌شود که افزایش 90 درصد از وزن خشک دانه در طی این مرحله صورت می‌گیرد، این مرحله را دوره پر شدن مؤثر دانه نیز می‌گویند. در مرحله سوم، که دوره رسیدگی نامیده می‌شود، ماده خشک دانه افزایش قابل ملاحظه‌ای پیدا نمی‌کند و در پایان مرحله ارتباط گیاه مادر با دانه قطع می‌گردد (Kafi et al., 2001). در مناطقی که طول فصل رشد محدود است پر شدن سریع‌تر دانه‌ها به عنوان یک مزیت محسوب می‌شود. سرعت بیشتر پر شدن دانه نیز به واسطه دسترسی به مواد فتوسنتزی و یا تفاوت در پتانسیل رشد دانه است (Yang & Zhang, 2006). در شرایط تنش خشکی در انتقال مواد غذایی اختلال ایجاد می‌شود، اما برخی از قارچ‌های مفید خاکزی مانند میکوریزا با تشکیل کلونی در ریشه و افزایش سطح جذب آب و مواد غذایی، تولید در گیاهان زراعی تحت تنش را بهبود می‌بخشد (Al-Karaki et al., 2004). پژوهشگران گزارش کردند که همزیستی میکوریزایی سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ گیاه سویا و شاخص سطح برگ و عملکرد دانه گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) می‌شود (Aliasgharzad et al., 2006; Jamshidi et al., 2009). ورمی‌کمپوست کودی سبک و بی‌بو، حاوی میکروارگانیسم‌های هوازی مفید مانند *ازتوباکتر*، دارای مقادیر بالایی از عناصر اصلی غذایی در مقایسه با سایر کودهای آلی، اصلاح کننده خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی خاک است و به دلیل خاصیت اسنفجی کود قابلیت بالای نگه‌داری آب و مواد غذایی را دارا می‌باشد و این ویژگی کمک می‌کند خاک رطوبت بیشتری را در خود نگهداری کند (Abdoli & Roshani, 2008).

استفاده از ورمی‌کمپوست در کشاورزی پایدار علاوه بر افزایش حمایت و فعالیت میکروارگانیسم‌ها مفید خاک (مانند قارچ میکوریزا و میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات) در جهت فراهمی عناصرغذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبودی رشد و عملکرد گیاه زراعی می‌شود (Arancon et al., 2004). پژوهشگران در آزمایشی گزارش کردند که کاربرد چهار درصد ورمی‌کمپوست در شرایط آبیاری نرمال، تنش متوسط و شدید باعث افزایش ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد دانه گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) در مقایسه با سایر تیمارهای کودی شد (Rashtbari & Alikhani, 2012). از آن‌جا که رویکرد جهانی تولید محصولات کشاورزی به سمت استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار می‌باشد.

بنابراین در این راستا مطالعه اثر کودهای بیولوژیک جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و بررسی اثر این کودها در مقاومت گیاه سویا نسبت به تنش کم‌آبی ضروری به نظر می‌رسد. به همین منظور این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کودهای ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر برخی صفات فیزیولوژیکی مهم و عملکرد دانه سویا در شرایط تنش کم‌آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر مدیریت آبیاری و تغذیه‌ای بر رشد و عملکرد سویا، پژوهشی در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان خرم‌آباد با مشخصات اقلیمی طول جغرافیایی 48 درجه و 18 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 33 درجه و 30 دقیقه شمالی و ارتفاع 1171 متر از سطح دریا در تابستان سال 1392، اجرا شد. این منطقه دارای

آب و هوای مدیترانه‌ای و تابستان گرم و خشک و زمستان‌های نسبتاً سرد، با میانگین بارندگی سالانه 520 میلی‌متر و متوسط درجه حرارت 17/5 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در این مطالعه از لاین L_{17} سویا استفاده گردید که این لاین از نوع رشد نامحدود است. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل: آبیاری در سه سطح (پس از 60، 120 و 180 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A که به ترتیب به عنوان آبیاری نرمال، تنش کم‌آبی ملایم و تنش شدید در نظر گرفته شدند) در کرت اصلی و مدیریت تغذیه‌ای در شش سطح (عدم مصرف کودهای میکوریزا و ورمی‌کمپوست، تلقیح با کود میکوریزا، مصرف پنج و 10 تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست، مصرف پنج و 10 تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست به همراه میکوریزا) در کرت فرعی بود. آبیاری به صورت جوی و پشته انجام شد. نحوه اعمال تیمارهای آبیاری به این شکل بود که اولین آبیاری بعد از کاشت صورت گرفت و تمامی تیمارها تا مرحله‌ی شروع گلدهی به طور یکسان آبیاری شدند، بعد از این مرحله تیمارهای آبیاری اعمال شدند. عملیات کشت در یکم تیر ماه انجام شد. هر کرت فرعی شامل چهار خط کشت به طول شش متر و عرض دو متر، فواصل ردیف 50 سانتی‌متر و فواصل بوته‌ها روی ردیف پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد. قبل از اجرای آزمایش، بر اساس آزمون خاک (جدول 1) معادل 125 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره (50 کیلوگرم در هکتار به صورت کود استارتر در هنگام کاشت و مابقی آن به عنوان کود سرک در مرحله گلدهی)، 85 کیلوگرم در هکتار کود فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل و 40 کیلوگرم در هکتار کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم همراه با کاشت به زمین داده شد. قبل از کاشت مقادیر متفاوت کود ورمی‌کمپوست با توجه به مساحت کرت‌های آزمایشی و تیمارهای مربوطه، محاسبه و به طور کامل با خاک مخلوط شدند که خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده در جدول 2 ارائه شده است. قارچ میکوریزای مورد استفاده از گونه (*Glomus hoi*) بود که از شرکت تولید کننده کود بیولوژیک با نام ارگانیک همدان تهیه شد که مورد تأیید مؤسسه تحقیقات آب و خاک سازمان تحقیقات کشاورزی کشور است. این کود دارای 15 اسپور در هر گرم و 930 هیف از قارچ میکوریزا در هر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. قبل از کاشت در کرت‌هایی که مربوط به تیمار تلقیح کود میکوریزا بود، شیارهایی به عمق 7-6 سانتی‌متر روی پشته‌ها ایجاد شد، سپس مقدار 100 گرم میکوریزا به ازای هر کرت داخل شیارها ریخته شد. به منظور جلوگیری از تأثیر منفی نور بر قارچ، بلافاصله بذر سویا روی این مایه تلقیح قرار گرفت و روی آن با خاک پوشانده شد. بعد از پایان عملیات کاشت، برای تأمین رطوبت کافی در خاک، بلافاصله مزرعه آبیاری شد.

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical characteristics used for the experiment of soil

بافت Texture	اسیدیته pH	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	کربن آلی (درصد) O.C (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	عناصر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Absorbable nutrient content ($mg.kg^{-1}$)		
					آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P
لومی- رسی Loam- clay	7.5	0.16	1.19	2.5	11	295	8.4

جدول 2- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Physical and chemical characteristics of vermicompost used in the experiment

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	شاخص واکنش pH	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	رطوبت (درصد) Moisture (%)	نسبت کربن به نیتروژن C/N ratio	عناصر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Absorbable nutrients ($mg.kg^{-1}$)		
					روی Zn	پتاسیم K	فسفر P
1.1	7	4.96	25	7.66	40	31900	6100

زمان نمونه‌گیری جهت ارزیابی شاخص سطح برگ[1]، محتوای رطوبت نسبی برگ[2] و شاخص کلروفیل برگ در زمان 59 روز بعد از کاشت که گیاهان شاهد در مرحله شروع غلاف‌دهی بودند، انجام شد. برای اندازه‌گیری محتوای رطوبت نسبی آب برگ از معادله (1) استفاده گردید (Yamasaki & Dillenburg, 1999).

$$\%RWC = \frac{FW-DW}{TW-DW} \times 100 \quad (1)$$

در این معادله، TW, DW, FW: به ترتیب وزن تر (تازه)، خشک و آماس برگ هستند. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، از دو ردیف میانی هر کرت به طول نیم متر و در مجموع به مساحت 0/25 مترمربع از بوته‌های نمونه‌برداری، 10 برگ به صورت تصادفی به روش دیسکی (به قطر سه سانتی‌متر) هم شکل و هم اندازه شده و سپس توزین می‌شدند، سپس با استفاده از وزن ترکل برگ‌ها، وزن و سطح برگ‌های دیسک خورده سطحی معادل سطح 10 برگ با استفاده از تناسب، سطح کل برگ‌های بوته‌های نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از معادله (2) شاخص سطح برگ محاسبه شد.

$$LAI = \frac{LA}{GA} \quad (2)$$

در این معادله، LA و GA: به ترتیب نشان‌دهنده سطح کل برگ و سطح خاک اشغال که توسط سایه‌انداز گیاه (بر حسب مترمربع) است. میزان سبزینگی برگ به وسیله دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD مدل 502 Plus Chlorophll Meter) و میزان دمای برگ‌های بوته نیز به وسیله حرارت‌سنج یا گان (مدل TM-958 LUTRON) infrared Thermometers اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی روند پر شدن دانه‌ها، در مرحله 50 درصدگل‌دهی یعنی 48 روز بعد از کاشت نمونه‌برداری انجام شد و سپس به طور مرتب هر هفت روز یک‌بار و جمعاً پنج بار تا زمان برداشت نهایی ادامه پیدا کرد. در هر بار نمونه-برداری چهار بوته از ردیف‌های دو و سه از هر کرت برداشت شد و پس از جداسازی و شمارش دانه‌ها از غلاف در آون با دمای 70 درجه سانتی‌گراد خشک شدند، سپس وزن خشک کل غلاف، پوسته و بذرها اندازه‌گیری و تعداد بذور نیز شمارش می‌شدند. با بررسی روند تغییرات وزن دانه، وزن نهایی دانه در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (زمانی که وزن خشک دانه ثابت یا تغییرات آن بسیار اندک است) مشخص شد. همچنین با توجه به این‌که بیشترین وزن خشک بذر طی مرحله رشد خطی تجمع می‌یابد. بنابراین، با حذف نقاط غیر خطی، از طریق رابطه خطی دو تکه‌ای میان شاخص برداشت با زمان و در نظر نگرفتن تجمع ماده خشک طی مراحل تأخیری در آغاز و پایان رشد بذر، وزن خشک دانه بر حسب زمان شروع، پایان و مرحله رشد خطی دانه تعیین گردید (Kafi et al., 2001). شیب خط رگرسیون به عنوان سرعت مؤثر پر شدن دانه (b)[3] بر اساس معادله (3) محاسبه گردید. در اینجا، X روزهای نمونه‌برداری، Y وزن دانه، n تعداد نمونه‌برداری می‌باشد. با توجه به وزن نهایی دانه، طول دوره مؤثر پر شدن دانه از معادله (4) محاسبه گردید (Naderi et al., 2000).

$$b = \frac{\sum XY - (\sum X)(\sum Y)/n}{\sum x^2 - (\sum x^2)/n} \quad (3)$$

$$EFP = \frac{Y}{B} \quad (4)$$

در معادله، EFP[4] طول دوره مؤثر پر شدن دانه، Y وزن نهایی دانه و b سرعت پر شدن دانه می‌باشد. عملیات برداشت در سی‌ام مهر ماه انجام شد. عملکرد دانه در زمان رسیدگی کامل پس از برداشت سه مترمربع از دو خط میانی هر کرت و با حذف حاشیه‌ها اندازه‌گیری شد. تجزیه آماری شامل تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها و برش‌دهی اثر متقابل با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9 انجام شد. میانگین داده‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD)[5] در سطح سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

محتوی رطوبت نسبی برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش کم‌آبی بر محتوای رطوبت نسبی برگ بسیار معنی‌دار بود (جدول 3). بیشترین مقدار این صفت در تیمار آبیاری نرمال (76/5 درصد) و کمترین مقدار آن در تیمار تنش شدید (66/2 درصد) به دست آمد (جدول 4). برخی

1- Leaf area index
2- Relative water content
3- Effective filling rate
4- Effective filling period
5- Least significant difference

محققان کاهش محتوای رطویت نسبی برگ گیاه سویا در اثر تنش خشکی را گزارش کرده‌اند (Turkan et al., 2005). کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش میزان تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی از عوامل دخیل در کاهش محتوای رطوبت نسبی شناخته شده‌اند (Tarumingkeng & Coto, 2003). علاوه بر این، نتایج نشان داد که اثر تیمارهای کودی نیز بر محتوای رطوبت نسبی برگ بسیار معنی‌دار بود (جدول 3). بیشترین محتوای رطوبت نسبی برگ، در تیمار تلفیقی 10 تن در هکتار ورمی‌کمپوست به همراه میکوریزا (76/9) مشاهده شد (جدول 4). پژوهشگری بیان کرد که میکوریزا احتمالاً از طریق تغییر در مورفولوژی ریشه و طویل کردن سیستم ریشه گیاه میزبان و افزایش سطح جذب از طریق ریسه‌های قارچ، میزبان آب بیشتری جذب کرده و باعث بهبود روابط آبی گیاه میزبان می‌گردد (Auge, 2001). از طرفی ورمی‌کمپوست علاوه بر افزایش حمایت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک (مانند قارچ‌های میکوریزا و میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات) در جهت فراهمی عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاس محلول عمل نموده و سبب بهبودی رشد و عملکرد گیاه زراعی می‌شود (Arancon et al., 2004).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه سویا در تیمارهای کودی و تنش کم‌آبی

Table 3- Result for analysis of variance (MS) for some physiological traits and grain yield of soybean fertilizer and water stress treatment

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	محتوای رطوبت نسبی برگ RWC	عدد کلروفیل‌سنج SPAD Unit	شاخص سطح برگ LAI	سرعت پر شدن دانه Grain filing rate	طول دوره‌ی پر شدن مؤثر دانه Effective grain filling period	وزن نهایی دانه Final grain weight	عملکرد دانه Grain yield	دمای برگ‌های بالا Leaves hig temperature	دمای برگ‌های پایین Leaves low temperature
تکرار Replication	3	3.65 ns	20.36 **	1.35 ns	0.08 ns	5.89 ns	30.34 ns	232231.8 ns	1.92 ns	1.21 ns
تنش کم‌آبی Water stress	2	686.32 **	168.97 **	10.53 **	1.33 **	778.89 **	3128.84 **	9620589.7 **	555.3 **	667.1 **
خطای اصلی Error a	6	11.95	0.66	0.53	0.10	35.96	270.40	371566.4	3.76	2.37
سطوح کودی Fertilizer levels	5	136.91 **	6.007 ns	4.61 **	0.04 ns	34.63 *	634.54 **	1398407 **	25.36 **	4.68 **
تنش × کود Stress×fertilizer	10	10.35 ns	3.44 ns	0.11 ns	0.12 ns	11.28 ns	53.64 ns	97164.4 ns	6.81 **	2.52 *
خطای فرعی Error b	45	15.27	3.7	0.20	0.16	11.16	38.49	18061.8	1.51	0.92
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		5.4	5.22	12.5	12.64	10.55	6.27	16.21	4.1	3.39

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری

**, * and ns: Are significant at p≤ 0.01 and p≤0.05 and no significant, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه سویا در تیمارهای کودی و تنش کم‌آبی

Table 4- Mean comparison of some physiological traits and grain yield of soybean fertilizer and water stress treatment

تیمار Treatment	محتوای رطوبت نسبی برگ (درصد) RWC (%)	عدد کلروفیل‌سنج SPAD Unit	شاخص سطح برگ LAI	سرعت پر شدن دانه (میلی‌گرم در روز) Grain filing rate ($mg.day^{-1}$)	طول دوره پر شدن مؤثر دانه (روز) Effective grain filling period (day)	وزن نهایی دانه (میلی‌گرم) Final grain weight (mg)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg.ha^{-1}$)
سطوح آبیاری Irrigation							
آبیاری نرمال (۶۰ میلی‌متر) Normal irrigation (60 mm)	76.55 a*	39.18 a	4.3 a	2.95 b	37.53 a	110.62 a	3216.7 a
تنش کم‌آبی ملایم (۱۲۰ میلی‌متر) Low stress (120 mm)	73.97 b	37.33 b	3.5 b	3.15 b	31.22 b	98 b	2689.9 b
تنش کم‌آبی شدید (۱۸۰ میلی‌متر) High stress (180 mm)	66.27 c	33.95 c	2.9 c	3.42 a	26.17 c	87.83 b	1956.1 c
LSD (5%)	2.44	0.57	0.51	0.22	4.2	11.61	430.57
سطوح کودی Fertilizer							
بدون کود (شاهد) Non Fertilizer (control)	67.29 d	36.6 a	2.8 d	3.19 a	29.35 c	90.58 c	2224.8 b
میکوریزا Mycorrhziae	70.86 c	36.7 a	3.1 c	3.05 a	31.09 bc	92.75 c	2411.3 b
۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست 5 $t.ha^{-1}$ Vermicompost	70.91 c	36.6 a	3.2 c	3.18 a	30.51 bc	95.25 c	2472.6 b
۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست 10 $t.ha^{-1}$ Vermicompost	72.88 bc	36.8 a	3.7 b	3.20 a	31.93 abc	100.66 b	2559.1 b
۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + میکوریزا 5 $t.ha^{-1}$ Vermicompost + Mycorrhziae	74.66 ab	37.35 a	4.2 a	3.20 a	32.82 ab	104.08 b	2921.4 a
۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ میکورزا 10 $t.ha^{-1}$ Vermicompost + Mycorrhziae	76.99 a	37.7 a	4.4 a	3.23 a	34.11 a	109.58 a	3136.4 a
LSD (5%)	3.2	1.51	0.37	0.33	2.7	5.1	349.4

* میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند.

* Means followed by the same letters are not significantly different by LSD test at 5% probability level.

عدد کلروفیل‌سنج

با اعمال تنش شدید از مرحله گلدهی به بعد عدد کلروفیل‌سنج (میزان سبزینگی برگ) در گیاه سویا کاهش یافت، کمترین مقدار این شاخص در تیمار تنش شدید با میزان 33/95 مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد حدود 14 کمتر بود (جدول 4). نتایج تحقیق مشابهی بر روی گیاه آفتابگردان حاکی از آن است که در شرایط تنش خشکی ملایم، عدد کلروفیل‌سنج افزایش یافته، در حالی‌که با افزایش شدت تنش، از شدت رنگ سبز برگ‌ها کاسته شده و عدد کلروفیل‌سنج نیز کاهش می‌یابد (Kafi & Rostami, 2007).

شاخص سطح برگ

مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف تنش کم‌آبی از لحاظ شاخص سطح برگ نشان داد که با افزایش فواصل آبیاری بر اساس میزان تبخیر و کاهش دفعات آن، شاخص سطح برگ کاهش یافت. بیشترین و کمترین میزان این صفت به ترتیب در تیمار آبیاری نرمال و تنش شدید مشاهده شد (جدول 4). این نتیجه با یافته‌های پژوهش مشابهی در گیاه کلزا مطابقت دارد (Diepenbrock, 2000). کاهش سطح برگ خود می‌تواند ناشی از فرآیندهای دیگری در درون گیاه باشد که عمدتاً مربوط به فتوسنتز است. این فرآیندها موجب تولید برگ‌های کوچک‌تر در شرایط تنش خشکی می‌شوند و از طرف دیگر موجبات زوال برگ‌ها را زودتر از موعد فراهم می‌کنند (Wright et al., 1995). بیشترین مقدار شاخص سطح برگ نیز در تیمار کودی F_6 به دست آمد که از نظر آماری با تیمار F_5 اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول 4). تحقیقات مختلف نشان داده که ورمی‌کمپوست تأثیر مثبت و معنی‌داری روی شاخص سطح برگ برنج داشته است (Hasanuzzaman et al., 2010). بیشترین مقدار شاخص سطح برگ سویا در آزمایشی در تیمار سوپر فسفات تریپل و میکوریزا به دست آمد (Rezvani et al., 2011). در بررسی حاضر نیز با تلفیق کود میکوریزا و ورمی‌کمپوست شاخص سطح برگ نسبت به شاهد افزایش چشمگیری داشت. دلیل احتمالی این نتیجه بهبود شرایط جذب آب و عناصر غذایی خاک توسط گیاه در اثر مصرف این کودها و تأثیر مثبت این عوامل بر افزایش رشد رویشی گیاه بوده که نهایتاً منجر به افزایش سطح برگ‌های گیاه شده است.

سرعت پر شدن دانه

بیشترین سرعت پر شدن دانه در تیمار تنش کم‌آبی شدید با میانگین 3/4 میلی‌گرم در روز مشاهده شد (جدول 4)، که این نتیجه با یافته‌های پژوهش مشابهی در گیاه آفتابگردان مطابقت دارد (Gholinejad et al., 2012). سرعت و مدت پر شدن دانه همبستگی شدیدی به عوامل محیطی از جمله تنش خشکی دارند (Hunt et al.,1991). به طوری‌که اعمال شرایط تنش موجب کاهش طول دوره پر شدن دانه و افزایش سرعت پر شدن دانه می‌شود. افزایش سرعت رشد دانه در شرایط تنش خشکی احتمالاً نوعی سازگاری اکولوژیکی بوده که گیاهان در شرایط کم‌آبی با استفاده از مکانیسم فرار از خشکی، چرخه زندگی خود را سریع‌تر کامل کرده و برای تضمین بقا اقدام به تولید بذر می‌نمایند (Paknjad et al., 2007).

وزن نهایی دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش کم‌آبی و تیمارهای کودی اثر بسیار معنی‌داری بر وزن نهایی داشت (جدول 3). کمترین مقدار وزن نهایی دانه در تنش کم‌آبی شدید با میانگین 87/83 میلی‌گرم به دست آمد که از نظر آماری با تیمار تنش کم‌آبی ملایم اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول 4). وزن دانه بیشترین اثر مستقیم را روی عملکرد دانه دارد و به عنوان یک صفت مهم در انتخاب برای مقاومت به خشکی مورد توجه قرار دارد (Hekmatshoar, 1993). از آن‌جا که سویا در مرحله زایشی به کمبود آب حساس می‌باشد، هر عامل محیطی از جمله تنش‌های محیطی سبب کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم و در نتیجه کاهش وزن دانه می‌شود (Quarrie & Jones, 1979). اعمال تیمارهای کودی نیز بر وزن نهایی دانه تأثیر مثبتی داشت، به طوری‌که بیشترین وزن نهایی دانه در تیمار F_6 با میانگین 109/58 میلی‌گرم به دست آمد (جدول 4). به نظر می‌رسد استفاده از کودهای ورمی‌کمپوست و میکوریزا مخصوصاً به صورت تلفیقی با بهبود شرایط رشد و طولانی کردن دوره انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی، امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه را فراهم ساخته‌اند که این امر در نهایت منجر به افزایش 17 درصدی وزن نهایی دانه در تیمار F_6 نسبت به تیمار شاهد (F_1) گردید.

طول دوره پر شدن مؤثر دانه

کمترین میزان طول دوره پر شدن مؤثر دانه سویا در تیمارتنش شدید (26/17 روز) مشاهده شد (جدول 4)، با توجه به این‌که این تیمار بعد از گلدهی آب بسیار کمی دریافت کرده است، کاهش طول دوره پر شدن قابل پیش‌بینی بود. در پژوهش مشابهی با افزایش شدت تنش خشکی طول دوره پر شدن مؤثر دانه آفتابگردان کاهش یافت (Jabari et al., 2010). کاهش دوره پر شدن دانه همراه با افزایش سرعت رشد دانه یک پدیده جبرانی در گیاهان زراعی می‌باشد و نقش آن در ثابت نگه داشتن آن عملکرد دانه در شرایط تنش نسبت به شرایط غیرتنش مورد تأکید قرار گرفته است (Ehdaie & Waines, 1996). بیشترین مقدار طول دوره پر شدن مؤثر دانه نیز در تیمار کودی F_6 با میزان 34/11 به دست آمد که از نظر آماری با تیمار F_5 اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول 4). دلیل احتمالی طولانی شدن طول دوره پر شدن مؤثر دانه در این تحقیق را می‌توان به افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی در اثر مصرف تلفیقی کودهای ورمی‌کمپوست و میکوریزا نسبت داد.

عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بسیار معنی‌دار شد (جدول 3). تنش کم‌آبی به طور بسیار مؤثری سبب کاهش مقدار عملکرد دانه در گیاه سویا شد، به طوری‌که کمترین مقدار این صفت در تیمار تنش کم‌آبی شدید به میزان 1956/1 کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول 4). به نظر می‌رسد اعمال تنش کم‌آبی از شروع مرحله گلدهی به بعد از طریق کاهش شاخص سطح برگ و فتوسنتز در واحد سطح برگ و همچنین عدم تلقیح دانه‌ها، کاهش دوره پر شدن و وزن دانه‌ها، عملکرد دانه را کاهش داده است. این نتیجه توسط پژوهشگر دیگری نیز در گیاهر گیاه ذرت (*Zea mays* L.) و آفتابگردان گزارش شده است (Pirasteh Eck, 1986; Anosheh et al., 2010). در پژوهش دیگری در گیاه آفتابگردان تنش خشکی در مرحله رویشی حداقل اثر را بر عملکرد دانه داشته و بیشترین کاهش عملکرد دانه بر اثراعمال تنش در مرحله زایشی بود (Rashidi, 2005). در بین تیمارهای کودی، عملکرد دانه تیمار F_6 (3136/4 کیلوگرم در هکتار) بیشتر از سایر تیمارها بود که از نظر آماری با تیمار F_5 اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول 4). در تیمارهای تلفیقی ورمی‌کمپوست به همراه میکوریزا می‌توان گفت ورمی‌کمپوست حاوی عناصر غذایی بوده و از طریق همزیستی و تحریک رشد ریشه موجب تغذیه مستقیم و در نتیجه افزایش جذب آب، فتوسنتز، ماده خشک و افزایش عملکرد کل دانه می‌شود.

میزان دمای برگ‌های سایه‌انداز

بر اساس جدول تجزیه واریانس اثر تنش کم آبی، سطوح کودی و همچنین اثر متقابل تنش کم‌آبی و سطوح کودی بر میزان حرارت برگ‌های بالا و پایین بوته سویا معنی‌دار بود (جدول 3). برش‌دهی اثر متقابل تنش کم‌آبی و سطوح کودی بر میزان حرارت برگ‌های بالا و پایین بوته سویا حاکی از آن بود که سطوح کودی در تنش کم‌آبی ملایم و شدید تفاوت آماری معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول 5).

جدول 5- تجزیه واریانس برش‌دهی اثر متقابل تنش کم‌آبی و سطوح کودی بر میزان حرارت برگ‌های بالایی و پایینی بوته سویا

Table 5- Analysis of variance slicing of interaction of water stress and fert on the temperature rate of upper and lower leaves of soybean

آبیاری Irrigation	درجه آزادی df	دمای برگ‌های بالایی بوته Temprature of leaves up	دمای برگ‌های پایینی بوته Temprature of leaves down
آبیاری نرمال (60 میلی‌متر) Normal irrigation (60 mm)	5	0.34^{ns}	0.83^{ns}
تنش کم‌آبی ملایم (120 میلی‌متر) Low stress (120 mm)	5	12^{**}	6.49^{**}
تنش کم آبی شدید (180 میلی‌متر) High stress (180 mm)	5	26.63^{**}	2.4^{*}

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری

**, * and ns: Are significant at $p\leq 0.01$ and $p\leq 0.05$ and no significant, respectively.

جدول 6- مقایسه میانگین دمای برگ‌های بالا و پایین بوته سویا در سطوح کود در هر سطح آبیاری

Table 6- Average comparison of tempreture of up and down leaves of soybean in fertilizer levels in each irrigation level

تیمار آبیاری (میلی‌متر) Irrigation (mm)	تیمار کودی Fertilizer treatment	دمای برگ‌های بالا Temperature of leaves up	دمای برگ‌های پایین Temperature of leaves down
		درجه سانتی‌گراد (°C)	
آبیاری نرمال (60 میلی‌متر) Normal irrigation (60 mm)	بدون کود (شاهد) Non Fertilizer (control)	25.22 a*	22.40 a
	میکوریزا Mycorrhziae	25.87 a	22.27 a
	5 تن ورمی‌کمپوست 5 t.ha^{-1} Vermicompost	25.92 a	22.55 a
	10 تن ورمی‌کمپوست 10 t.ha^{-1} Vermicompost	25.56 a	23.15 a
	5 تن ورمی‌کمپوست + میکوریزا 5 t.ha^{-1} Vermicompost + Mycorrhziae	25.4 a	22.35 a
	10 تن ورمی‌کمپوست + میکوریزا 10 t.ha^{-1} Vermicompost + Mycorrhziae	25.32 a	23.35 a
تنش کم‌آبی ملایم (120 میلی‌متر) Low stress (120 mm)	بدون کود (شاهد) Non Fertilizer (control)	30.57 a	30.62 a
	میکوریزا Mycorrhziae	28.17 b	29.92 ab
	5 تن ورمی‌کمپوست 5 t.ha^{-1} Vermicompost	28.75 b	30.05 ab
	10 تن ورمی‌کمپوست 10 t.ha^{-1} Vermicompost	27.77 b	29.15 b
	5 تن ورمی‌کمپوست+میکوریزا 5 t.ha^{-1} Vermicompost + Mycorrhziae	26.07 c	27.77 bc
	10 تن ورمی‌کمپوست+میکوریزا 10 t.ha^{-1} Vermicompost + Mycorrhziae	25.97 c	27.52 c
تنش کم‌آبی شدید (180 میلی‌متر) High stress (180 mm)	بدون کود (شاهد) Non Fertilizer (control)	38.07 a	34.07 a
	میکوریزا Mycorrhziae	35.57 bc	33.40 b
	5 تن ورمی‌کمپوست 5 t.ha^{-1} Vermicompost	36.9 ab	33.65 b
	10 تن ورمی‌کمپوست 10 t.ha^{-1} Vermicompost	34.62 c	33.22 b
	5 تن ورمی‌کمپوست + میکوریزا 5 t.ha^{-1} Vermicompost + Mycorrhziae	32.1 d	32.20 c
	10 تن ورمی‌کمپوست + میکوریزا 10 t.ha^{-1} Vermicompost + Mycorrhziae	31.6 d	32.17 c

* میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means followed by the same letters are not signicantly different by LSD test 5% probability level.

نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که سطوح کودی در شرایط آبیاری نرمال اختلاف آماری معنی‌داری با هم نداشتند. تعرق ساز و کار خنک کننده در گیاه است، در شرایط بدون تنش خشکی روزنه‌های گیاه باز است و گیاه همزمان با انجام فتوسنتز، تعرق نیز انجام می‌دهد که نتیجه این کار خنک شدن تعرق گیاه و تولید ماده خشک است (Reynolds et al., 2000). در حالی‌که در شرایط تنش

کم‌آبی استفاده از کودهای تلفیقی ورمی‌کمپوست و میکوریزا در کاهش دمای برگ‌های بوته مؤثر بود به طوری‌که در تنش کم‌آبی ملایم کمترین میزان دمای برگ‌های پایینی بوته در تیمار F_6 با میانگین 27/52 درجه سانتی‌گراد به دست آمد و بیشترین میزان این صفت در تیمار عدم کاربرد کود (F_1) با میانگین 30/62 درجه سانتی‌گراد حاصل شد. در تیمار تنش کم‌آبی شدید نیز تیمارهای کودی F_6 و F_5 حدود 17 و 15 درصد دمای برگ‌های بالای بوته را نسبت به شاهد کاهش دادند (جدول 6). در مجموع اعمال تنش از زمان شروع گلدهی باعث افزایش میزان دما در گیاه سویا شد. به طور کلی، دمای سایه‌انداز گیاهی با تنش خشکی همبستگی دارد، به طوری‌که با کاهش رطوبت خاک، پتانسیل آب خاک کاهش یافته و منجر به افزایش دمای سایه‌انداز گیاهی می‌شود (Carcova et al., 1998). در شرایط تنش خشکی، گیاه برای این‌که آب کمتری از دست بدهد روزنه‌های خود را می‌بندد که همین امر باعث می‌شود فرآیند تعرق نیز انجام نگیرد، به تدریج دمای گیاه بالاتر رود و فتوسنتز گیاه محدودتر شود (Flexas & Medran, 2002). به نظر می‌رسد با افزایش سطوح کودی خصوصاً سطوح تلفیقی ورمی‌کمپوست و میکوریزا در شرایط تنش کم‌آبی علاوه بر افزایش توان نگهداری آب در خاک و جذب آب توسط گیاه، با افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه بالا رفتن میزان تبخیر و تعرق در سطح گیاه، موجب کاهش دمای گیاه شده است.

نتیجه‌گیری

به طور کلی می‌توان اظهار داشت که با افزایش شدت تنش، صفات مورد بررسی این تحقیق با اثر منفی بر عملکرد اقتصادی گیاه، منجر به صدمات جبران‌ناپذیری به محصول شد. بنابراین انتظار می‌رود با جلوگیری و یا به حداقل رساندن تاثیرات تنش، در راستای افزایش عملکرد گام برداشت. لذا به نظر می‌رسد کاربرد تلفیقی کودهای ورمی‌کمپوست و میکوریزا در تخفیف آثار تنش کم‌آبی مؤثر بودند. به طوری‌که استفاده تلفیقی از این کودها تأثیر مثبتی در کاهش حرارت برگ‌های بوته گیاه در شرایط تنش کم‌آبی ملایم و شدید داشت. همچنین افزایش عملکرد سویا برای تیمارهای مصرف تلفیقی پنج و 10 تن در هکتار به همراه میکوریزا نسبت به تیمار شاهد 23 و 29 درصد بود. بنابراین جهت صرفه‌جویی در آب آبیاری و هزینه نهاده‌ها، مدیریت مزرعه و حصول عملکرد مطلوب در شرایط کم‌آبی، مصرف پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست به همراه میکوریزا در کشت گیاه سویا رقم L_{17} توصیه می‌شود.

منابع

Abdoli, M.A., and Roshani, M.R. 2008. Vermicompost (Design, Build and Run). Tehran University Press, Tehran, Iran. (In Persian)

Aliasgharzad, N., Neyshabouri, M.R., and Salimi, G. 2006. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium japonicum* on drought stress of soybean. Biologia, Bratislava 61: 324-328.

Al-Karaki, G., Mc Michael, B., and Zak, G. 2004. Field response of wheat to arbuscularmycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza 14: 263-269.

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.

Auge, R.M., Stodola, A.J.W., Tims, J.E., and Saxton, A.M. 2001. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. Plant and Soil 230: 87-97.

Carcova, J., Maddonni, G.A., and Ghersa, C.M. 1998. Crop water stress index of three maize hybrids grown in soils with different quality. Field Crops Research 55: 165-174.

Costa-Franca, M.G., Pham-Thi, A.T., Pimentel, C., Pereyra-Rossiello, R.O., Zuily-Fodil, Y., and Laffray, D. 2000. Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress. Environmental and Experimental Botany 43: 227-237.

Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. Field Crops Research 67: 35-49.

Eck, H.V. 1986. Irrigated corn yield response to nitrogen and water. Journal of Agronomy 76: 421-428.

Ehdaie, B., and Waines, J.G. 1996. Gentic variation of preanthesis assimilates of grain yield in spring wheat. Journal of Genetic and Breeding 50: 47-56.

Emam, Y., and Eilkaee, M.N. 2002. Effects of plant density and chlormequat chloride (CCC) on morphological characteristics and grain yield of winter oilseed rape cv. Talayeh. Iranian Journal of Crop Science 1: 1-8. (In Persian with English Summary)

Flexas, J., and Medrano, H. 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in C_3-plants: Stomatal and nonstomatal limitation revisited. Annals of Botany 183: 183-189.

Gholinejad, A., Aynehband, A., Hassanzadeh Ghorthapeh, A., Noormohamadi, G, and Barnoosi, I. 2012. Effects of drought stress, nitrogen amounts and plant densities on grain yield, rapidity and period of grain filing in sunflower. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 22(1): 129-143. (In Persian with English Summary)

Hasanuzzaman, M., Ahamed, K.U., Rahmatullah, N.M., Akhter, N., Nahar, K., and Rahman, M.L. 2010. Plant growth characters and productivity of wetland rice (*Oryza sativa* L.) as affected by application of different manures. Emirates Journal of Food and Agriculture 22(1): 46-58. (In Persian with English Summary)

Hekmatshoar, H. 1993. Plants Physiology under Difficult Condition. (Translation). Niknam Press, Iran p. 251. (In Persian)

Hunt, L.A., Vander, P., and Parajasingham, S. 1991. Postanthesis temperature effects on duration and rate of grain filling in some winter and spring wheats. Canadian Journal of Plant Science 71: 609-617.

Jabari, M., Ebadi, A., and Mostafaei, H. 2010. The effect of supplementary irrigation on phenological stages, chlorophll, percent absorption of radiation, radiation use efficiency and grain yield in the cultivars of spring safflower. The 11th Congress of Iranian Agronomy and Plant Breeding Sciences. Shahid Beheshti University, Tehran, Collge of Environmental Sciencss, 24-26 July 2010, p. 307. (In Persian with English Summary)

Jamshidi, E., Ghalavnd, A., Salahi, A., Zare, M.G., and Jamshidi, A.R. 2009. Effect of arbuscular mycorrhizal on yield, yield components and plant characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 11(1): 136-150. (In Persian with English Summary)

Kafi, M., and Rostami, M. 2007. Yield characteristics and oil content of three safflower (*Carthmus tinctorius* L.) cultivars under drought in reproductive stage and irrigation with salin water. Agricultural Research 5(1): 121-131. (In Persian with English Summary)

Kafi, M., Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A.A. 2001. Seed Biology and the Yield of Grain Crops. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran 232 pp. (In Persian)

Lawlor, D.W., and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant Cell and Environment 25: 275-294.

Naderi, A., Hashemi-Dezfouli, S.A., Majidi Hervan, E., Rezaei, A., and Nourmohammadi, G. 2000. Study on correlation of traits and components affecting grain weight and determination of effects of some physiological parameters on grain yield in spring wheat genotypes under optimum and drought stress conditions. Journal of Seed and Plant Improvement 16(3): 374-386. (In Persian with English Summary)

Paknejad, F., Majidi, E., Normohamadi, G., Seadat, A., and Vazan, S. 2007. Evaluation of drought stress on effective traits at accumulative assimilate of grain in different cultivars of wheat. Iranian Journal of Agricultural Sciences 13(1): 137-149. (In Persian with English Summary)

Pirasteh Anosheh, H., Emam, 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 3(2): 492-501. (In Persian with English Summary)

Quarrie, S.A., and Jones, H.G. 1979. Genotypic variation in leaf water potential, stomatal conductance and abssisic acid concentration in spring wheat subjected to artifIcial drought stress. Annals of Botany 44: 323-332.

Rashidi, S. 2005. Study of the effects of drought stress at various growth stages at of various level of nitrogen fertilizer on yield and yield components of corn single cross hybrid TC647 under weather conditions in Khuzestan. MSc thesis, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran. (In Persian with English Summary)

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

Reynolds, M.P., Delgado, B.M.I., Gutie´rrezrodri´guex, M., and Larque-Saavedra, A. 2000. Photosynthesis of wheat in a warm, irrigated environment. I. Genetic diversity and crop productivity. Field Crops Research 66: 37-50.

Rezvani, M., Afshang, B., Gholizadeh, A., and Zaefarian, F. 2011. Evaluation of mycorrhizal fungus and phosphate

rock effectiveness on growth and uptake of phosphorus in soybean (*Glycine max* Merr.). Journal of Soil Management and Sustainable Production 1(2): 97-118. (In Persian with English Summary)

Rodriguez, L. 2006. Drought and drought stress on south taxas Landscape plants. San. Antonio Express News. Avilable at (Http:bexar-Tx.T.Tamu.edu).

Tarumingkeng, R.C., and Coto, Z. 2003. Effects of drought stress on growth and yield of soybean. Kisman, Science Philosopy p. 702, Term paper, Graduate School, Borgor Agricultural University. (Institut Ppertanian Bogor)

Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F., and Koca, H. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought tolerant *P. acutifolius* gray and drought sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. Plant Science 168: 223-231.

Wright, P.R., Morgan, J.M., Jessop, R.S., and Gass, A. 1995. Comparative adaptation of canola (*Brassica napus*) and Indian mustard (*B. juncea*) to soil water deficits: Yield and yield components. Field Crops Research 42: 1-13.

Yamasaki, S., and Dillenburg, L.C. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. Revista Brasileria de Fisiologia Vegetal 11(2): 69-75.

Yang, J., and Zhang, J. 2006. Grain filling of cereals under soil drying. New Phytologist 169(2): 223-236.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 583-597

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 597-583

The Effect of Vermicompost and Mycorrhizal Inoculation on Grain Yield and some Physiological Characteristics of Soybean (*Glycine max* L.) under Water Stress Condition

E. Jahangiri Nia[1*], A. Syyadat[2], A. Koochakzadeh[3], M. Sayyahfar[4] and M.R. Moradi Telavat[3]

Submitted: 03-12-2015
Accepted: 20-07-2016

Jahangiri Nia, E., Syyadat, A., Koochakzadeh, A., Sayyahfar, M., and Moradi Telavat, M.R. 2017. The effect of vermicompost and mycorrhizal inoculation on grain yield and some physiological characteristics of soybean (*Glycine max* L.) under water stress condition. Journal of Agroecology 8(4): 583-597.

Introduction

Moisture limitation is considered as one of the important limiting factors in soybean growth. Drought stress affects different aspects of soybean growth through making anatomical, physiological and biochemical changes (Tarumingkeng & Coto, 2003). Under dry tension condition, there will be a disturbance in transmitting nutrients, but some useful soil fungi such as mycorrhiza improve production of crops under stress through forming colonies in the root and boosting water and nutrient absorption (Al-Karaki et al., 2004). Using vermicompost in sustainable agriculture strengthens support and activities of beneficial soil microorganisms (such as mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing microorganisms) in order to provide nutrients required by plants like nitrogen, phosphorus and soluble potassium as well as improving the growth and performance of the crops (Arancon et al., 2004).

Materials and methods

In order to investigate the effects of vermicompost and mycorrhiza fertilizers on grain yield and some physiological characteristics of soybean under water stress condition an experiment was conducted at Agricultural Research Center of Khorramabad during 2013. The field experiment was carried out based on a randomized complete blocks design arranged in split-plot with four replications. The experiment treatments including irrigation in three levels (after 60, 120 and 180 mm evaporation from pan class A pan), nutrient management in six levels (non-use of vermicompost and mycorhiza fertilizer, inoculated with mycorrhiza fertilizer, consumption of 5 and 10 $t.ha^{-1}$ vermicompost, consumption of 5 and 10 $t.ha^{-1}$ vermicompost with mycorrhiza) were respectively as the main plots and sub. In current study, RWC, LAI, SPAD were measured during 59 days after planting at the beginning of podding of the control treatment. The temperature of plant leaves were measured by the thermometer (model TM-958 LUTRON infrared Thermometers). To analyze the growth of grains under different treatments totally 7 samples were performed from flowering to harvest through checking the process of grain weight changes and final grain weight were determined during physiological maturation (when dry grain weight is fixed or changes are not significant). Filling rate and the effective grain filling period were measured using relevant formula. The grain yield measured at the time of maturing after harvesting 3 m^2 per two middle lines in the plot and through eliminating the fringes of the midfield. All statistical analyzes including variance analysis, comparison of means and interactional slicing using SAS software was done. Mean comparisons using LSD test at the probability of error of 5% was done.

Results and discussion

The results of this study concluded that by increasing stress intensity, traits of this research with negative effect on economic performance led to irreparable damage to crop plants. So the lowest grain yield with the rate of 3216.7 $kg.ha^{-1}$ obtained from 180 mm evaporation. So it is expected to take steps to increase performance by avoiding or minimizing the impact of stress. So that the combined use of these fertilizers had a positive effect on reducing plant leaves heat in low and high water stress condition. Most grain yield obtained by combined

1, 2, 3 and 4- MSc Graduate Student, Professor, Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khouzestan and Assistant Professor, Lorestan Agriculture and Natural Resoures Research Center, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: ejahangiri92@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.51116

treatment of 5 and 10 $t.ha^{-1}$ vermicompost with mycorrhiza that respectively was 23 and 29 percent more than control treatment. In response to levels of fertilizer, the highest amount of LAI, RWC, Final grain weight and effective grain filling period obtained in vermicompost combined with mycorrhiza treatments.

Conclusion

It seems that the use of vermicompost and mycorrhizal fertilizer combination in areas that are subjected to water stress from improvement of plant physiologic condition can be cause improvement of plant growth conditioning and obtaining higher yielding. Accordingly, for saving irrigation water and cost inputs, farming management and achieving the favorite yield under water deficit conditions, it is recommended to use 5 $t.h^{-1}$ vermicompost with mycorrhiza for growing L_{17} soybean.

Keyword: Evaporation pan, Grain filling rate, LAI, RWC

References

Al-Karaki, G., Mc Michael, B., and Zak, G. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza 14: 263-269.

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 Thechnology 93: 145-153.

Tarumingkeng, R.C., and Coto, Z. 2003. Effects of drought stress on growth and yield of soybean. Kisman, Science Philosophy p. 702, Term paper, Graduate School, Borgor Agricultural University. (Institut Pertanian Bogor)