Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد سیزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۹
۴۱۳-۴۲۳
http://dx.doi.org/ 10.22077/escs.2019.2131.1531

مقاله پژوهشی

تأثیر تنش کم‌آبی بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه سویا تحت تأثیر تلقیح و عدم تلقیح با قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم

علی نخ‌زری مقدم[۱]، ناصر صمصامی[۲]، علی راحمی کاریزکی[۱]، اسماعیل قلی‌نژاد[۳]

۱. استادیار دانشگاه گنبدکاووس
۲. کارشناس ارشد کشاورزی اکولوژیک
۳. دانشیار، گروه علمی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۹/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۶

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تنش کم‌آبی و تلقیح با قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه سویا، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۶ در مزرعه هنرستان کشاورزی شهرستان ارومیه به‌صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی آبیاری در سه سطح شامل آبیاری مطلوب، تنش ملایم و تنش شدید کم‌آبی (به‌ترتیب آبیاری بعد از ۷۰، ۱۱۰ و ۱۵۹ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A)، عامل‌های فرعی قارچ میکوریزا در سه سطح شامل بدون میکوریزا، گونه *Funneliformis mosseae* و گونه *Rhizophagus intraradices* و باکتری ریزوبیوم در دو سطح شامل عدم تلقیح و *Bradyrhizobium japonicum* بود. در این بررسی دمای برگ، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل b، کلروفیل a، پرولین، نشت الکترولیت و عملکرد دانه موردبررسی قرار گرفتند. تنش بیشتر کم‌آبی همراه با عدم تلقیح با میکوریزا دمای برگ را افزایش اما محتوی نسبی آب برگ و کلروفیل b را کاهش داد. افزایش تنش کم‌آبی همراه با عدم تلقیح با باکتری دمای برگ را افزایش اما کلروفیل b و عملکرد دانه را کاهش داد. تلقیح با باکتری با یا بدون تلقیح با قارچ دمای برگ را کاهش داد. این شرایط برای صفات محتوای نسبی آب برگ، محتوای کلروفیل b و a نیز وجود داشت. تلقیح با باکتری و میکوریزا بخصوص قارچ *F. mosseae* باعث شد حداکثر عملکرد دانه با ۴۴۳/۲ گرم در مترمربع به‌دست آید. میزان پرولین و درصد نشت الکترولیت در تیمار تنش کم‌آبی شدید و عدم تلقیح با میکوریزا و باکتری بیشتر از تیمارهای دیگر بود. حداقل میزان پرولین و درصد نشت الکترولیت نیز به تیمار آبیاری مطلوب همراه با تلقیح با باکتری و قارچ *F. mosseae* به‌دست آمد. درمجموع، تنش کم‌آبی باعث ایجاد شرایط نامطلوب برای سویا شد که نتیجه آن کاهش عملکرد بود اما تلقیح با باکتری و قارچ باعث کاهش شرایط نامطلوب و رشد بهتر سویا شد.

واژه‌های کلیدی: **پرولین، دمای برگ، کلروفیل، نشت الکترولیت.**

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد و تولید محصول در گیاهان است (Loreto and Centritto, 2008). تنش خشکی با تأثیر روی فتوسنتز گیاه و کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی باعث کاهش عملکرد می‌گردد (Flowers et al., 2000). سویا با نام علمی *Glycine max* L. گیاهی یک‌ساله از خانواده Fabaceae است که به‌صورت بوته‌ای استوار و نسبتاً پرشاخ و برگ رشد می‌کند. بذر سویا دارای ۴۰ درصد پروتئین، ۳۵ درصد کربوهیدرات، ۲۰ درصد روغن و ۵ درصد خاکستر است. سویا منبع بزرگ متابولیت‌های ثانویه است (Zhang et al., 2010). در بین گیاهان روغنی، سویا بیشترین محصول کشت‌شده در سراسر جهان را دارد و مجموعاً ۶ درصد از زمین‌های زیر کشت جهان

* نگارنده پاسخگو: علی نخ‌زری‌مقدم. پست الکترونیک: a_nakhzari@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

را دربر می‌گیرد (Sulieman et al., 2015). سویا ازنظر مقاومت به خشکی در گروه گیاهان حساس قرار می‌گیرد افزایش عملکرد آن مستلزم انتخاب روش‌های بهزراعی و بهنژادی است (Kamrava et al., 2017).

یکی از مهم‌ترین تغییرات ناشی از تنش کم‌آبی، کاهش محتوای آب نسبی برگ است. درواقع، این شاخص توانمندی گیاهان را در تحمل به تنش کم‌آبی نشان می‌دهد. محتوای نسبی آب برگ با افزایش تنش کم‌آبی کاهش معنی‌داری یافت و تلقیح با میکوریزا در مقایسه با عدم تلقیح، محتوای نسبی آب برگ را افزایش داد (Aliasgharzad et al., 2005). تغییرات محتوایی رطوبت برگ و غلظت کلروفیل a و b به‌عنوان یک واکنش کوتاه‌مدت به تنش و معیاری از توان حفظ قدرت منبع در شرایط تنش کم‌آبی مورداستفاده قرار می‌گیرد (Ahmadi and Sio-Semardeh, 2004). به نظر می‌رسد که کاهش غلظت کلروفیل به دلیل اثر کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی و درنتیجه تجزیه کلروفیل باشد (Kalali et al., 2014). شاهکوه‌محلی و همکاران (Shahkoh Mahali et al., 2016) گزارش کردند که تنش کم‌آبی باعث کاهش عملکرد دانه سویا شد. بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر ۸ رقم سویا در منطقه سیستان (گرم و خشک) نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل (در هیچ‌یک از مراحل فنولوژیک رشد گیاه، آبیاری قطع نشد) مشاهده گردید (Mehraban et al., 2016).

میکوریزا قادر است تا حدودی اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل نماید (Aliasgharzad et al., 2006). بررسی‌ها نشان داده است که همزیستی با میکوریزا از گونه *F. mosseae* مؤثرتر از نوع *R. intraradices* در بهبود محتوای نسبی آب و پتانسیل آب برگ گوجه‌فرنگی بود (Aliasgharzad et al., 2005). گیاهان گندم همزیست با قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* به‌ترتیب ۱/۵۶ و ۱/۵۲ گرم دانه در سنبله تولید کردند درحالی‌که عملکرد دانه سنبله در تیمار عدم تلقیح ۱/۳۶ گرم بود (Habibi et al., 2015).

در همزیستی باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکم با ریشه سویا، تثبیت نیتروژن برای کشاورزی پایدار اهمیت زیادی دارد و رشد گیاه را در خاک‌های فقیر از نیتروژن و خاک‌های با کارایی پایین کود نیتروژن حفظ می‌کند (Kunert et al., 2016). برهم‌کنش‌های بین گیاهان و باکتری‌های مفید نشان داده است که این باکتری‌ها با مکانیسم‌های مختلف در برابر تنش‌های محدودکننده محیطی از گیاهان محافظت می‌کنند. یکی از این مکانیسم‌ها تغییر در مورفولوژی ریشه است که هورمون‌های گیاهی به‌ویژه IAA نقش مهمی در این فرآیند دارند (Potters et al., 2007). با توجه به اینکه تحقیقی در رابطه با تلقیح توأم قارچ میکوریزا و باکتری و شرایط کم‌آبی روی سویا در منطقه ارومیه انجام‌نشده است، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف کم‌آبی بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه سویا رقم کوثر تحت شرایط تلقیح و عدم تلقیح با میکوریزا آربوسکولار و باکتری ریزوبیوم انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی هنرستان کشاورزی شهرستان ارومیه اجرا شد. بر اساس آمار هواشناسی، منطقه با داشتن ۱۵۰ تا ۱۸۰ روز خشک، زمستان‌های سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک جزء رژیم رطوبتی خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. برخی ویژگی‌های مهم هواشناسی در جدول ۱ آمده است. برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش و همچنین برآورد نیاز کودی سویا، از پنج نقطه مختلف مزرعه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام شد که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است. آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. بذر مورداستفاده رقم جدید کوثر بود که از مؤسسه نهال و بذر کرج تهیه شد. رقم کوثر از ویژگی‌هایی مانند عملکرد بالا، زودرس بودن، مقاوم به بیماری و تحمل کم‌آبی است که مناسب برای کشت در مناطق غرب و جنوب کشور است. عامل اصلی آبیاری در سه سطح شامل آبیاری مطلوب (آبیاری بعد از ۷۰ میلی‌متر تبخیر)، تنش ملایم کم‌آبی (آبیاری بعد از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر) و تنش شدید کم‌آبی (آبیاری بعد از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A)، عامل‌های فرعی شامل قارچ میکوریزا در سه سطح شامل بدون میکوریزا، گونه *F. mosseae* و گونه *R. intraradices* و باکتری ریزوبیوم در دو سطح عدم تلقیح و *Bradyrhizobium japonicum* بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. مقادیر متوسط ماهانه دما، بارش، تبخیر و رطوبت نسبی در طی فصل رشد سویا در منطقه موردمطالعه

Table 1. The mean monthly temperature, precipitation, evaporation and relative humidity during the growing season of soybean in the studied area

Meteorological parameters	پارامترهای هواشناسی	Month ماه					
		شهریور August	مرداد July	تیر June	خرداد May	اردیبهشت April	فروردین March
Maximum temperature (°C)	حداکثر دما	32.5	34.7	33.3	29	23	16
Minimum temperature (°C)	حداقل دما	13	17	16	11	8	2.9
Mean temperature (°C)	میانگین دما	22.75	25.85	24.65	20	15.5	9.45
Total Participation (mm)	مجموع بارندگی	0	0.7	0	0.8	16	70.5
Total evaporation (mm)	کل تبخیر	213	281	304	246	160	62
Average humidity (%)	میانگین رطوبت نسبی	34	36	38	35	54	54

جدول ۲. برخی خواص فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Some physico-chemical properties of soil in the experimental site

پتاسیم قابل‌دسترس potassium Available	فسفر قابل‌دسترس phosphorus Available	نیتروژن کل Total nitrogen	کربن آلی Organic carbon	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC	بافت Texture	عمق Depth
----------($mg.kg^{-1}$)----------		----------(%)----------						($dS.m^{-1}$)		(cm)
211	5.16	0.12	1.15	25	35	40	7.64	0.85	Loamy	0-30

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم به‌وسیله گاوآهن برگرداندن و تسطیح به‌وسیله روتیواتور بود. در این مرحله بر اساس آزمون خاک و توصیه کودی، مقدار ۵۰ کیلوگرم اوره به‌عنوان استارتر، ۱۴۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل، ۱۲۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار قبل از کاشت در زمین پخش و با خاک مخلوط شد. کاشت به‌صورت جوی و پشته در نیمه دوم اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۶ بافاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر (تراکم ۲۰ بوته در مترمربع) انجام شد. تعداد خطوط کاشت برای هر تیمار ۴ خط به طول ۴ متر بود. فاصله بین کرت‌های فرعی ۲ متر و برای تیمارهای اصلی ۴ متر بود. قارچ‌های میکوریزا از شرکت تحقیقاتی زیست‌فناوری توران شاهرود تهیه شد و در زیر میکروسکوپ اسپورهای موجود بررسی گردیده و در تیمارهای مربوطه در هر چاله ۱۰ گرم قارچ ریخته شد و سپس روی قارچ با خاک به‌اندازه دو سانتی‌متر پوشش داده شد. بذرها کشت شدند و مجدداً روی بذرها حدود سه سانتی‌متر با خاک پوشانده شد. باکتری مربوط به سویا از شرکت مهر آسیا تهیه شد. جهت تلقیح با باکتری، بذرهای سویا به مدت ۳۰ ثانیه در داخل مایع تلقیح باکتری که در ظرفی تمیز ریخته و آماده کرده بودیم قرار داده و سپس بذرها را درآورده و در سایه به مدت نیم ساعت روی پارچه‌ای تمیز پخش کرده تا خشک شوند و بلافاصله کشت انجام گرفت. تیمارهای آبیاری از مرحله ۲ تا ۴ برگی (استقرار بوته‌ها) به بعد اعمال شد. در مرحله ۴-۳ برگی تنک کردن به‌وسیله دست برای رسیدن به تراکم مدنظر انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز با دست و در طی دو نوبت در طول فصل رشد انجام شد. برداشت هنگامی انجام شد که بوته‌ها کاملاً رسیده و برگ‌ها زرد شده و ریزش کردند. در این مرحله، غلاف‌ها در تماس با انگشتان دست‌خشک به نظر رسیدند و رطوبت بذر به‌طور قابل‌توجهی کاهش پیداکرده بود. برای تعیین عملکرد دانه، دو ردیف حاشیه و نیم متر از دو طرف ردیف‌های وسط حذف و بقیه برداشت شد. پس از درو محصول، بوته‌ها به مدت یک هفته به‌وسیله آفتاب خشک شد تا کاملاً رطوبت خود را از دست بدهند. سپس بوته‌ها کوبیده شد و دانه‌ها جدا و وزن شد. محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه ۱ (Wikenz and Norfolk, 2010) محاسبه شد:

$$RWC = \frac{wf - wd}{ws - wd} \times 100 \qquad [1]$$

www.SID.ir

Archive of SID

که در آن RWC = محتوای نسبی آب برگ، Wf= وزن‌تر برگ، Wd = وزن خشک برگ و Ws = وزن اشباع برگ هستند.

برای اندازه‌گیری میزان پرولین از روش بیت (Bates et al., 1973) استفاده شد. برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل a و b از روش توصیه‌شده توسط آرنون (Arnon, 1975) و دستگاه اسپکتروفتومتر (Zeletex Zx 50 ساخت آلمان) استفاده شد.

= میلی‌گرم کلروفیل a در هر گرم برگ

$$[12.7_{(A663)} - 2.59_{(A645)}] \times \frac{V}{1000 \times W} \quad [۲]$$

= میلی‌گرم کلروفیل b در هر گرم برگ

$$[22.9_{(A645)} - 4.69_{(A663)}] \times \frac{V}{1000 \times W} \quad [۳]$$

که در آن‌ها V = حجم محلول صاف‌شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A = جذب نور در طول‌موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر و W = وزن‌تر نمونه برحسب گرم است.

دمای برگ در مزرعه در مرحله رشدی بعد از گلدهی و اعمال کامل تیمارهای آبیاری در ساعات ۱۲ تا ۱۴ با استفاده از دماسنج مادون‌قرمز مدل ۸۸۸۹ ساخت کارخانه AZ تایوان اندازه‌گیری شد (Singh et al., 1985). برای این کار از قسمت پهنک‌برگ و برگ‌های بالایی استفاده شد. حداکثر دمای محیط ۳۵ درجه سانتی‌گراد در مردادماه بود (جدول ۱). برای سنجش میزان نشت الکترولیت برگ، نمونه‌های برگ تازه برداشت‌شده سه بار با آب مقطر شسته شد تا الکترولیت‌های چسبیده به سطح برگ از بین بروند. ۰/۱ گرم از برگ برداشته شد و در داخل آب مقطر به مدت یک ساعت قرار داده شد (داخل انکوباتور و دمای ثابت). هدایت الکتریکی آن با هدایت‌سنج اندازه‌گیری شد (L1). سپس محلول به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم (بن‌ماری) در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و هدایت الکتریکی آن مجدداً تعیین شد (L2). نشت الکترولیت برگ از رابطه ۴ محاسبه گردید (Bai et al., 1996):

$$EL = \frac{L_1}{L_2} \times 100 \quad [۴]$$

در پایان، پس از انجام آزمون بارتلت و اطمینان از یکنواختی واریانس‌ها، از مدل آماری آزمایش اسپلیت‌پلات فاکتوریل بر اساس طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS Ver. 9.1 و MATATC انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام شد. برای داده‌هایی که از طریق شمارش به‌دست‌آمده بودند با استفاده از نرم‌افزار SPSS تبدیل جذری به عمل آمد و سپس مقایسه میانگین انجام شد.

نتایج و بحث

خلاصه نتایج تجزیه واریانس صفات موردمطالعه در جدول ۳ ارائه‌شده است.

دمای برگ

مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و قارچ نشان داد که با افزایش تنش کم‌آبی همراه با قارچ و بدون آن، دمای داخل برگ افزایش معنی‌داری یافت (جدول ۴). دمای برگ در تیمار تنش کم‌آبی شدید بدون تلقیح با قارچ میکوریزا ۲۱/۳۶ درجه سانتی‌گراد بود درحالی‌که در تیمار عدم تنش و تلقیح با *R. intraradices* ۱۸/۶ یعنی ۲/۷۶ درجه کمتر بود. این امر بیانگر آن است که باوجودی که تلقیح با قارچ جذب آب را بهتر می‌کند و درنتیجه روزنه‌ها بیشتر باز می‌شوند و دمای برگ کاهش می‌یابد اما هیچ‌گاه نمی‌تواند به‌اندازه آبیاری مطلوب مؤثر واقع شود. بالا بودن دمای برگ در شرایط تنش کم‌آبی به این دلیل است که در شرایط تنش کم‌آبی، گیاه برای آن‌که آب کمتری از دست بدهد روزنه‌های خود را می‌بندد و به علت تعرق کمتر، به‌تدریج دمای گیاه بالا می‌رود. درحالی‌که در شرایط بدون تنش کم‌آبی، گیاه هم‌زمان با فتوسنتز، تعرق نیز انجام می‌دهد و باعث پایین آمدن دمای برگ و تولید ماده خشک بیشتر می‌شود (Flexas and Medran, 2008).

طبق جدول ۵، بیشترین و کمترین دمای برگ به‌ترتیب از تیمار تنش کم‌آبی شدید بدون تلقیح با باکتری و تیمار آبیاری مطلوب همراه با تلقیح با باکتری حاصل شد. تلقیح با باکتری نسبت به عدم تلقیح دمای برگ را در تیمارهای آبیاری مطلوب، کم‌آبی ملایم و کم‌آبی شدید به‌ترتیب ۰/۷۶، ۱/۲۱ و ۱/۵۱ درجه سانتی‌گراد بهبود بخشید.

بر اساس جدول ۶، بیشترین دمای برگ از تیمار بدون تلقیح با قارچ و باکتری و کمترین دمای برگ از تیمار تلقیح با قارچ *F. mosseae* و باکتری به‌دست آمد. استفاده از میکوریزا و باکتری با بهبود وضعیت آبی گیاه باعث کاهش دمای برگ شد. جهانگیری‌نیا و همکاران (Jahangirinia et al., 2017) گزارش کردند که با اعمال تنش خشکی، دمای

www.SID.ir

Archive of SID

برگ افزایش یافت و استفاده از میکوریزا دمای برگ را کاهش داد.

محتوای نسبی آب برگ. بیشترین محتوای نسبی آب برگ

از تیمار آبیاری مطلوب و تلقیح با قارچ موسهآ به‌دست آمد. کمترین محتوای نسبی آب برگ نیز از تیمار تنش کم‌آبی شدید و عدم تلقیح با قارچ حاصل شد. در هر سه شرایط مختلف آبیاری، تلقیح با قارچ میکوریزا محتوای نسبی آب برگ را افزایش داد. در شرایط تنش کم‌آبی شدید، تلقیح با قارچ *F. mosseae* و *R. intraradices* در مقایسه با عدم تلقیح، محتوای نسبی آب برگ را به‌ترتیب ۳۳ و ۲۳ درصد افزایش داد (جدول ۴). بر اساس جدول ۶، بیشترین محتوای نسبی آب برگ از تیمار تلقیح با *F. mosseae* و باکتری به‌دست آمد. کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ از تیمار عدم تلقیح با قارچ میکوریزا و باکتری به‌دست آمد. در شرایط تنش کم‌آبی به دلیل کاهش جذب آب و افزایش میزان تبخیر و تعرق از سطح جامعه گیاهی، محتوای رطوبت نسبی برگ کاهش می‌یابد و کاهش رطوبت نسبی برگ باعث کاهش فتوسنتز در گیاهان می‌شود (Farhoudi et al., 2016). تلقیح با *F. mosseae* مؤثرتر از نوع *Glomus etunicatum* در افزایش محتوای نسبی آب و پتانسیل آب برگ بود (Aliasgharzad et al., 2005). میکوریزا احتمالاً با تغییر مورفولوژی ریشه و توسعه سیستم ریشه گیاه میزبان و افزایش سطح جذب از طریق ریسه‌های قارچ باعث می‌شود میزان آب بیشتری توسط گیاه جذب‌شده و روابط آبی گیاه میزبان بهبود یابد (Auge, 2001).

جدول ۳. میانگین مربعات صفات فیزیولوژیک و عملکرد سویا تحت تأثیر تنش کم‌آبی، همزیستی با گونه‌های میکوریزا و باکتری ریزوبیوم
Table 2. Mean squares of physiological traits and yield of soybean under drought stress, mycorrhiza and bacteria

S.O.V	منبع تغییرات	درجه آزادی df	دمای برگ Leaf tem.	محتوای نسبی آب برگ Relative Wat. cont.	کلروفیل b Chl. b	کلروفیل a Chl. a	پرولین Proline	نشت الکترولیت Elec. leak.	عملکرد دانه Seed yield
Block	**بلوک**	2	11.41^{**}	10.31^{ns}	0.006^{**}	0.02^{ns}	11.45^{ns}	251.2^{**}	2960^{ns}
Irrigation (I)	**آبیاری**	2	18.64^{**}	3464^{**}	0.11^{**}	1.45^{**}	18309^{**}	2485^{**}	37254^{**}
Error a	**خطای اصلی**	4	0.12	5.54	0.00003	0.006	519	14.45	911.4
Mycorhiza species (M)	**میکوریزا**	2	1.75^{**}	890.1^{**}	0.055^{**}	0.19^{**}	11445^{**}	83.14^{**}	11724^{**}
Bacteria (B)	**باکتری**	1	17.83^{**}	798.5^{**}	0.099^{**}	0.64^{**}	14827^{**}	72.56^{**}	66704^{**}
I × M	**میکوریزا × آبیاری**	4	0.68^{**}	35.86^{*}	0.0012^{**}	0.002^{ns}	30.43^{ns}	5.66^{*}	199.7^{ns}
I × B	**باکتری × آبیاری**	2	0.69^{**}	29.96^{ns}	0.0001^{ns}	0.009^{**}	6.38^{ns}	1.08^{ns}	628.5^{*}
B × M	**میکوریزا × باکتری**	2	0.78^{**}	130.1^{**}	0.002^{**}	0.008^{*}	380.2^{**}	28.38^{**}	1001^{**}
I × M × B	**باکتری × میکوریزا × آبیاری**	4	0.17^{ns}	9.43^{ns}	0.0001^{ns}	0.004ns	73.19^{*}	7.90^{**}	301^{ns}
Error b	**خطای فرعی**	30	0.20	12.60	0.0001	0.002	23.92	1.86	177.3
CV (%)	**ضریب تغییرات**	-	*2.30*	*5.53*	*2.26*	*6.30*	*4.08*	*3.89*	*3.55*

^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار. * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

ns, * and ** means non-significant, and significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively
tem.=temperature, Wat. cont. = Water content, Chl.a = Chlorophyll a., Chl.b= Chlorophyll b, Ele. lea.= Electrolyte leakag

کلروفیل b

بیشترین محتوای کلروفیل b از تیمار آبیاری مطلوب و تلقیح با *F. mosseae* به‌دست آمد. کمترین محتوای کلروفیل b از تیمار تنش کم‌آبی شدید و بدون تلقیح با قارچ میکوریزا حاصل شد. در هر سه شرایط مختلف آبیاری، تلقیح با قارچ میکوریزا محتوای کلروفیل b را افزایش داد (جدول ۴). بیشترین محتوای کلروفیل b از تیمار تلقیح با *F. mosseae* و باکتری به‌دست آمد. کمترین محتوای کلروفیل b هم از تیمار عدم تلقیح با قارچ و باکتری به‌دست آمد (جدول ۶). در بررسی سیدشریفی و سیدشریفی (Seyed Sharifi and

www.SID.ir

Archive of SID

Seyed Sharifi, 2017) با افزایش محدودیت آبی، محتوای کلروفیل a و b در مقایسه با آبیاری کامل به‌ترتیب حدود ۳۳/۳ و ۳۸/۷ درصد کاهش داشت و کاربرد میکوریزا افزایش ۵ درصدی کلروفیل را در مقایسه با عدم تلقیح میکوریزا باعث شد. علت این امر را می‌توان به جذب نیتروژن بیشتر در گیاهان میکوریزایی نسبت داد (Tang et al., 2009).

جدول ۴. مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری و قارچ میکوریزا بر صفات فیزیولوژیک گیاه سویا

Table 4. Mean comparisons of interaction of irrigation × mycorrhiza fungi on physiological traits of soybean

تیمار **Treatment**	دمای برگ **Leaf temperature** (ºC)	محتوای نسبی آب برگ **Relative water content** (%)	کلروفیل b **Chlorophyll b** (mg g^{-1} FW)
I_1M_1	18.79 ^{e}	78.52 ^{a}	0.423 ^{a}
I_1M_2	18.60 ^{e}	73.75 ^{b}	0.378 ^{c}
I_1M_3	18.83 ^{de}	69.00 ^{c}	0.310 ^{e}
I_2M_1	19.32 ^{d}	77.83 ^{ab}	0.388 ^{b}
I_2M_2	19.95 ^{c}	69.50 ^{c}	0.346 ^{d}
I_2M_3	19.91 ^{c}	63.83 ^{d}	0.260 ^{f}
I_3M_1	20.13 ^{c}	57.00 ^{e}	0.245 ^{g}
I_3M_2	20.83 ^{b}	49.33 ^{f}	0.243 ^{g}
I_3M_3	21.36 ^{a}	38.33 ^{g}	0.165 ^{h}
$LSD_{5\%}$	*0.52*	*4.18*	*0.0081*

I_1= آبیاری مطلوب، I_2= تنش ملایم، I_3= تنش شدید؛ M_1= *فالانی‌فرمیس موسه‌آ*، M_2= *رایزوفاگوس اینترارادیسز*، M_3= بدون میکوریزا (شاهد)

بر اساس آزمون LSD اعدادی که حروف مشابه دارند ازنظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

I_1= Optimum irrigation, I_2= Moderate drought stress, I_3= Severe drought stress; M_1= *F. mosseae,* M_2= *R. intraradices,* M_3= without mycorrhiza

Means with the same letter(s) in each column are not significantly different at 5% level of probability based on LSD test

جدول ۵. مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری و باکتری بر صفات فیزیولوژیک سویا

Table 4. Mean comparisons of interaction of irrigation × bacteria on physiological traits of soybean

تیمار **Treatment**	دمای برگ (ºC) **Leaf temperature** (ºC)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر برگ) **Chlorophyll a** (mg g^{-1} FW)	عملکرد دانه (گرم بر مترمربع) **Seed yield** (g m^{-2})
I_1×B_1	18.37 ^{d}	1.04 ^{a}	446.78 ^{a}
I_1×B_2	19.10 ^{c}	0.80 ^{c}	372.44 ^{c}
I_2×B_1	19.12 ^{c}	0.95 ^{b}	431.11 ^{b}
I_2×B_2	20.33 ^{b}	0.70 ^{d}	351.55 ^{d}
I_3×B_1	20.02 ^{b}	0.47 ^{e}	351.77 ^{d}
I_3×B_2	21.53 ^{a}	0.30 ^{f}	294.79 ^{e}
$LSD_{5\%}$	*0.43*	*0.043*	*12.80*

I_1=آبیاری مطلوب، I_2=تنش ملایم کم‌آبی، I_3=تنش شدید کم‌آبی، B_1=تلقیح با باکتری، B_2=عدم تلقیح با باکتری

براساس آزمون LSD اعدادی که حروف مشابه دارند ازنظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

I_1= Optimum irrigation, I_2= Moderate drought stress, I_3= Severe drought stress; B_1= Inoculation with bacteria, B_2= Non-inoculation with bacteria,

Means with the same letter(s) in each column are not significantly different at 5% level of probability based on LSD test

کلروفیل a

بیشترین محتوای کلروفیل a از تیمار آبیاری مطلوب و تلقیح با باکتری به‌دست آمد. کمترین محتوای کلروفیل a نیز از تیمار تنش کم‌آبی شدید بدون تلقیح با باکتری حاصل شد. در هر سه شرایط آبیاری، تلقیح با باکتری محتوای کلروفیل a را افزایش داد (جدول ۵). بر اساس جدول ۶، بیشترین

www.SID.ir

Archive of SID

محتوای کلروفیل a از تیمار تلقیح با *F. mosseae* و باکتری به‌دست آمد. کمترین محتوای کلروفیل a هم از تیمار عدم تلقیح با قارچ و باکتری به‌دست آمد. کلالی و همکاران (Kalali et al., 2014) معتقدند که کاهش غلظت کلروفیل به دلیل اثر کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی و درنتیجه تجزیه کلروفیل باشد. کاهش غلظت کلروفیل a به هنگام تنش کمبود آب می‌تواند به‌دلیل تحریک آنزیم بیوسنتز پرولین یعنی گلوتامین‌کیناز در تغییرات میزان نسبی آب پایین باشد. با افزایش تبدیل گلوتامات به پرولین به هنگام تنش خشکی، درواقع گلوتامات که پیش‌ساز کلروفیل نیز می‌باشد از دسترس خارج و سنتز کلروفیل دچار نقصان می‌شود. تشدید فعالیت کلروفیلاز به هنگام تنش‌های اسمزی ازجمله خشکی سبب کاهش محتوای کلروفیل سلول گیاهی می‌شود. کلروفیل a حساس‌تر از کلروفیل b است و بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Kamrava et al., 2017). جباری و همکاران (Jabbari et al., 2015) کاهش کلروفیل a در اثر تنش کم‌آبی را در گیاه کلزا گزارش کردند.

جدول ۶. مقایسه میانگین برهم‌کنش میکوریزا و باکتری بر صفات فیزیولوژیک سویا

Table 6. Mean comparisons of interaction of mycorhiza × bacteria on physiological traits of soybean

تیمار Treatment	دمای برگ Leaf temperature (ºC)	محتوای نسبی آب برگ Relative water content (%)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g^{-1} FW)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)	عملکرد دانه Seed yield (g m^{-2})
M_1×B_1	18.96 ^{c}	73.57 ^{a}	0.383 ^{a}	0.89 ^{a}	443.23 ^{a}
M_1×B_2	19.86 ^{b}	68.66 ^{b}	0.321 ^{c}	0.70 ^{c}	355.80 ^{d}
M_2×B_1	19.33 ^{c}	66.33 ^{bc}	0.368 ^{b}	0.84 ^{b}	407.77 ^{b}
M_2×B_2	20.25 ^{b}	62.05 ^{d}	0.276 ^{e}	0.63 ^{d}	344.58 ^{d}
M_3×B_1	19.22 ^{c}	64.00 ^{cd}	0.296 ^{d}	0.72 ^{c}	378.66 ^{c}
M_3×B_2	20.85 ^{a}	50.11 ^{e}	0.193 ^{f}	0.46^{e}	318.40 ^{e}
$LSD_{5\%}$	0.43	3.41	0.006	0.043	12.80

M_1= *فاناتی‌فرمیس موسه‌آ*، M_2= *رایزوفاگوس اینترارادیسز*، M_3= بدون میکوریزا (شاهد)؛ B_1= تلقیح با باکتری، B_2= عدم تلقیح با باکتری.

بر اساس آزمون LSD اعدادی که حروف مشابه دارند ازنظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

M_1= *R. intraradices,* M_2= *F. mosseae,* M_3= without mycorrhiza; B_1= Inoculation with bacteria, B_2= Non-inoculation

Means with the same letter(s) in each column are not significantly different at 5% level of probability based on LSD test.

پرولین

با بررسی جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه مشاهده گردید که با افزایش تنش کم‌آبی با حضور و یا عدم حضور قارچ و باکتری مقدار پرولین افزایش معنی‌داری پیدا کرد. بیشترین مقدار پرولین از تیمار بدون میکوریزا و بدون باکتری در شرایط تنش کم‌آبی شدید به‌دست آمد. کمترین مقدار پرولین از تیمار تلقیح با قارچ *F. mosseae* و باکتری در شرایط آبیاری مطلوب حاصل گردید (جدول ۷). *F. mosseae* در کاهش اثر خشکی موفق‌تر از *R. intraradices* بود.

در شرایط آبیاری مطلوب، تنش کم‌آبی ملایم و شدید، تلقیح با باکتری در مقایسه با عدم تلقیح با باکتری، مقدار پرولین را به‌ترتیب ۲۹، ۲۷ و ۲۰ درصد کاهش داد. محدودیت آبی محتوای پرولین را افزایش داد و کاربرد میکوریزا این صفت را تحت شرایط محدودیت آبی همانند آبیاری نرمال بهبود بخشید (Seyed Sharifi and Seyed Sharifi, 2017). عبدالمنعیم و همکاران (Abdelmoneim et al., 2014) نشان دادند که کاهش مصرف آب به یک‌سوم ظرفیت زراعی در ذرت در شرایط آزمایشگاه باعث افزایش میزان پرولین به میزان ۲۹/۱۹ درصد شد. تلقیح بذر با قارچ میکوریزا میزان پرولین را کاهش داد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. کامروا و همکاران (Kamrava et al., 2017) نیز نشان دادند که اعمال تنش کم‌آبی شدید در مرحله گلدهی و همچنین مراحل گلدهی و غلاف‌دهی سویا نسبت به آبیاری معمولی میزان پرولین را ۳/۳۷۵ برابر افزایش داد.

نشت الکترولیت

با افزایش تنش کم‌آبی، نشت الکترولیت افزایش معنی‌داری پیدا کرد. حداکثر نشت الکترولیت از تیمار عدم تلقیح با قارچ و باکتری در تنش کم‌آبی شدید به‌دست آمد. حداقل نشت الکترولیت از تیمار تلقیح با قارچ F. mosseae و باکتری در شرایط آبیاری مطلوب حاصل گردید (جدول ۷). تنش کم‌آبی

www.SID.ir

Archive of SID

شدید و ملایم در مقایسه با آبیاری مطلوب، نشت الکترولیت را ۵۱ و ۳۵ درصد افزایش داد. ازآنجایی‌که غشای پلاسمایی از اولین بخش‌های گیاهی است که تحت تنش خشکی آسیب می‌بیند (Liang et al., 2003). در شرایط تنش خشکی، تولید و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن نظیر سوپر اکسید، هیدروژن پراکسید و رادیکال‌های اکسیژن افزایش می‌یابد و به بسیاری از ترکیبات سلولی نظیر چربی‌ها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک صدمه می‌زنند. با تغییر ساختمان غشا، در اثر پراکسیداسیون چربی‌ها و پروتئین‌ها تراوایی غشای سلولی را افزایش می‌دهند که منجر به نشت الکترولیت‌های موجود از داخل سلول به بیرون سلول می‌شود (Foyer et al., 1994). در هر سه شرایط آبیاری، تلقیح با قارچ و باکتری در مقایسه با عدم تلقیح با قارچ و باکتری باعث کاهش نشت الکترولیت شد. در شرایط آبیاری مطلوب، استفاده از قارچ F. mosseae و اینترارادیسز در مقایسه با عدم تلقیح، نشت الکترولیت را به‌ترتیب ۹ و ۷ درصد کاهش داد. در شرایط تنش خشکی ملایم، استفاده از قارچ *F. mosseae* و *R. intraradices* در مقایسه با عدم تلقیح، نشت الکترولیت را به‌ترتیب ۱۴ و ۸ درصد کاهش داد. در شرایط تنش خشکی شدید، استفاده از قارچ *F. mosseae* و *R. intraradices* در مقایسه با عدم تلقیح، نشت الکترولیت را به‌ترتیب ۱۲ و ۵ درصد کاهش داد. در شرایط آبیاری مطلوب، تنش خشکی ملایم و شدید، تلقیح با باکتری در مقایسه با عدم تلقیح، نشت الکترولیت را به‌ترتیب ۱۲، ۵ و ۵ درصد کاهش داد. به نظر می‌رسد همزیستی باکتریایی سبب کاهش آسیب‌های اکسیداتیو شده و نشت الکترولیت را در سویا کاهش داد (Bahari Saravi et al., 2018). فرهودی و همکاران (Farhoudi et al., 2016) تخریب غشاهای سلولی در شرایط تنش کم‌آبی سویا را گزارش نمودند و یکی از دلایل کاهش رشد و فتوسنتز سویا را افزایش نشت الکترولیت گزارش کرده‌اند.

جدول ۷. مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری × میکوریزا × باکتری بر پرولین و نشت الکترولیت

Table 6. Mean comparisons of interaction of irrigation × mycorhiza × bacteria on proline and electrolyte leakage

تیمار Treatment	پرولین Proline (mmol kg^{-1} DW)			نشت الکترولیت Electrolyte leakage (%)		
M×B	آبیاری مطلوب Optimum irrigation	کم‌آبی ملایم Moderate drought stress	کم‌آبی تشدید Severe drought stress	آبیاری مطلوب Optimum irrigation	کم‌آبی ملایم Moderate drought stress	کم‌آبی شدید Severe drought stress
$M_1 \times B_1$	61.47 ^{k}	73.00 ^{j}	117.60 ^{f}	20.80 ^{k}	33.60 ^{fg}	45.03 ^{c}
$M_1 \times B_2$	93.82 ^{h}	114.86 ^{f}	164.96 ^{b}	23.66 ^{ij}	32.36 ^{g}	42.36 ^{d}
$M_2 \times B_1$	70.22 ^{j}	83.40 ^{i}	131.00 ^{e}	21.70 ^{jk}	34.03 $^{e-g}$	45.16 ^{c}
$M_2 \times B_2$	92.62 ^{h}	104.20 ^{g}	156.33 ^{c}	24.10 ^{hi}	36.03 ^{e}	48.73 ^{b}
$M_3 \times B_1$	106.49 ^{g}	118.00 ^{f}	168.23 ^{b}	22.86 $^{i-k}$	35.66 ^{ef}	46.30 ^{c}
$M_3 \times B_2$	147.03 ^{d}	156.66 ^{g}	197.16 ^{a}	25.96 ^{h}	40.33 ^{d}	52.46 ^{a}
$LSD_{5\%}$		*8.14*			*2.27*	

M_1= *فالانلی‌فرمیس موسه‌آ*، M_2= *رایزوفاگوس اینترارادیسز*، M_3= بدون میکوریزا (شاهد)؛ B_1= تلقیح با باکتری، B_2= عدم تلقیح با باکتری.

بر اساس آزمون LSD اعدادی که حروف مشابه دارند ازنظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

M_1= *F. mosseae,* M_2= *R. intraradices,* M_3= Without mycorrhiza; B_1= Inoculation with bacteria, B_2= Non-inoculation with bacteria.

Means with the same letter(s) in each column are not significantly different at 5% level of probability based on LSD test.

عملکرد دانه

در شرایط آبیاری مطلوب، تنش کم‌آبی ملایم و شدید، تلقیح با باکتری در مقایسه با عدم تلقیح، عملکرد دانه را به‌ترتیب ۱۷، ۱۹ و ۱۷ درصد افزایش داد (جدول ۵). بر اساس جدول ۶، بیشترین عملکرد دانه از تیمار تلقیح با قارچ *F. mosseae* باکتری به‌دست آمد. کمترین عملکرد دانه هم از تیمار عدم تلقیح با قارچ و باکتری به‌دست آمد. تلقیح با قارچ *F. mosseae* و *R. intraradices* در مقایسه با عدم تلقیح میکوریزا، عملکرد دانه را به‌ترتیب ۱۳ و ۸ درصد افزایش داد. شرایط آبیاری کامل، سبب افزایش فتوسنتز و تولید مواد پرورده می‌شود و بر سرعت پر شدن دانه، وزن دانه و عملکرد نهایی تأثیر مثبت دارد. قارچ‌های میکوریزا قادر هستند آثار

www.SID.ir

Archive of SID

نامطلوب تنش خشکی را به دلیل بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای در گیاهان کاهش دهند (Seyed Sharifi and Namvar, 2015). از مهم‌ترین اثرات مطلوب تلقیح میکوریزا می‌توان به جذب مستقیم آب توسط هیف‌های قارچ در خاک و انتقال آن به گیاه میزبان (Khalafallah and Abo-Ghalia, 2008) اشاره کرد. نواب پور و همکاران (Navabpour et al., 2017) کاهش عملکرد دانه تحت تنش خشکی را در ارقام سویا گزارش کردند. در بررسی جباری و همکاران (Jabbari et al., 2015) نیز تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه کلزا گردید.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این پژوهش نشان داد تنش کم‌آبی عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیک مانند محتوای نسبی آب برگ و محتوای کلروفیل گیاه سویا رقم کوثر را به‌طور معنی‌داری کاهش داد درحالی‌که موجب افزایش دمای داخلی برگ، پرولین و نشت الکترولیت گردید. تلقیح با قارچ میکوریزا به‌ویژه *F. mosseae* و تلقیح با باکتری ریزوبیوم باعث افزایش دسترسی به آب و عناصر غذایی شده و محتوای نسبی آب برگ و محتوای کلروفیل گیاه سویا رقم کوثر را افزایش داد. همچنین، در هر سه شرایط آبیاری، دمای داخلی برگ، پرولین و نشت الکترولیت و عملکرد دانه کاهش یافت. با توجه به نتایج این پژوهش، تلقیح میکوریزایی و باکتری جهت کاهش اثرات تنش کم‌آبی و بهبود عملکرد گیاه سویا رقم کوثر مناسب به نظر می‌رسد.

منابع

Abdelmoneim, T.S., Tarek, A.A.M., Almaghrabi, O.A., Alzahrani, H.S., Abdelbagi, I., 2014. Increasing plant tolerance to drought stress by inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. Life Science Journal. 11(1), 10-17.

Ahmadi, A., Sio-Semardeh, A., 2004. Effect of drought stress on soluble carbohydrate. chlorophyll and proline in four adopted wheat cultivars with various climate of Iran. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 35, 753-763. [In Persian with English summary].

Aliasgharzad, N., Barin, M., Samadi, A., 2005. Effects of NaCl-induced and mixture salinities on leaf proline and growth of tomato in symbiosis with arbuscular mycorrhizal fungi, pp. 203–207. In: Proceeding of the International Conference on Environmental Management. 28–30 October 2005, Hyderabad, India.

Aliasgharzad, N., Neyshabouri, M. R., Salimi, G., 2006. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium japonicum* on drought stress of soybean. Biologia Bratislava. 19, 324-328.

Arnon, D.I., 1975. Copper enzymes increased isolated chloroplast polyphenoxidase increased *Beta vulgaris* L. Plant Physiology. 45, 1-15.

Auge, R. M., 2001. Water relations, drought and vcsicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza. 11, 3-42.

Bahari Saravi, S.H., Pirdashti, H., Yaghobian, Y., 2018. Response of parameters of chlorophyll fluorescence and physiological of Basil plant to application of growth enhancing bacteria under salt stress. Process and Plant Function, 6(19), 89-104.

Bai, B.Z., Yu, S.Q., Tian, W.X., Zhao, J.Y., 1996. Plant physiology. China Agricultural Science Press. Beijing. China.

Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. 39(1), 205-207.

Farhoudi, R., Modhej, A., Khoshnaz, P., 2016. Effect of drought stress at the end of the season on photosynthesis, grain yield and seed vigor of five soybean cultivars. Quarterly Journal of physiology of Crops. 6(24), 41-55. [In Persian with Enghlish summary].

Flexas, J., Medran, H., 2008. Drought-inhibition of photosynthesis in C3-plants: stomatal and nonstomatal limitation revisited. Annual Botany. 183, 183-189.

Flowers, T.J., Troke, P.F., Yeo, A.R., 2000. The mechanism of salt tolerance in halophytes Annual Journal of Plant Physiology. 28, 89-121.

Foyer, C.H., Leadis, M., Kunert, K.J., 1994. Photo oxidative stress in plants. Plant Physiology. 92, 696-717.

Habibi, S., Meskarbashee, M., Farzaneh, M., 2015. Effect of mycorrhizal fungus (*Glomus*

www.SID.ir

Archive of SID

spp) on wheat (*Triticum aestivum*) yield and yield components with regard to irrigation water quality. Iranian Journal of Field Crops Research. 13(3), 471-484. [In Persian with Enghlish summary].

Jabbari, H., Akbari, G.A., Khosh Kholgh Sima, N. A., Shiranirad, A. H., Alahdadi, I. Tajodini, F., 2015. Study of agronomical, physiological and qualitative characteristics of canola (*Brassica napus*) under water stress. Environmental Stresses in Crop Sciences. 8(1), 35-49. [In Persian with Enghlish Summary].

Jahangirinia, E., Syyadat, A., Koochakzadeh, A., Sayyahfar, M., 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. [In Persian with Enghlish Summary].

Kalali, T., Lahoti, M., Mahmoudzadeh, H., 2014. Effect of salicylic acid on morphological and physiological traits of soybean under drought stress conditions. Quarterly Journal of Plant Physiology. 7(25), 75-88. [In Persian with Enghlish summary].

Kamrava, S., Babaeian Jolodar, N., Bagheri, N., 2017. Evaluation of drought stress on chlorophyll and proline traits in soybean genotypes. Journal of Crop Breeding. 9(23), 95-104. [In Persian with Enghlish summary].

Khalafallah, A.A., Abo-Ghalia, H.H., 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the metabolic products and activity of antioxidant system in wheat plants subjected to short-term water stress, followed by recovery at different growth stages. Journal of Applied Science Research. 4, 559-569.

Kunert, K.J., Vorster, B.J., Fenta, B.A., Kibido, T., Dionisio, G., Foyer, C.H., 2016. Drought stress responses in soybean roots and nodules. Frontiers in Plant Science. 7(1015), 1-7.

Liang, Y., Chen, Q., Liu, Q., Zhang, W., Ding, R., 2003. Exogenous silicone (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Plant Physiology. 160, 1157-1164.

Loreto, F., Centritto, M., 2008. Leaf carbon assimilation in a water-limited world. Plant Biosystems. 142, 154-161.

Mehraban, A., Azizian Sharmeh, O., Kamali Deljoo, A., 2016. Investigation of stress on yield and quality of eight soybean cultivars in Sistan region. Journal of Plant Environmental Physiology. 11(43), 99-90. [In Persian with Enghlish summary].

Navabpour, S., Hezarjaribi, E., Mazandarani, A., 2017. Evaluation of drought stress effects on important agronomic traits, protein and oil content of soybean genotypes. Environmental Stresses in Crop Sciences. 10(4), 491-503. [In Persian with Enghlish sSummary].

Potters, G., Pasternak, T.P., Guisez, Y., Palme, K.J., Jansen, M.A.K., 2007. Stress induced morphogenic responses: growing out of trouble? Trends in Plant Science. 12, 98-105.

Seyed Sharifi, R., Namvar, A., 2015. Biodiversity in agriculture. University of Mohaghegh Ardebil University Press. P. 282.

Seyed Sharifi, R., Seyed Sharifi, R., 2017. The effect of mycorrhiza and foliar nano (Fe and Zn) oxide spraying on yield, oil percentage and some biochemical traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under water limitation condition. Crops Improvement. 19(3), 733-749. [In Persian with Enghlish summary].

Shahkoh Mahali, A., Masoumi, A., Raeisi, S., Mostafavi, A., Pashayee, Kh., 2016. Evaluation of drought stress on plant yield and some traits in soybean cultivars. Iranian Journal of Oilseed Researches. 5(1), 27-40. [In Persian with Enghlish summary].

Singh, D. P., Singh, P., Kumar, A., Sharma, H. C., 1985. Transpiration cooling as a screening technigue for drought tolerance in oilseed Brassica. Annual Botany. 56, 815-820.

Sulieman, S., Van Ha, C., Nasr Esfahani, M., Watanabe, Y., Nishiyama, R., Pham, C.T.B., Van Nguyen, D., Tran. L.S., P.2015. DT2008: A promising new genetic resource for improved drought tolerance in soybean when solely dependent on symbiotic N_2 fixation. Biomed Research International. Article 687213. 7p.

Tang, M., Chen, H., Huang, J.C., Tian, Z.Q., 2009. Arbuscular mycorrhiza fungi effects on the growth and physiology of (*Zea mays* L.) seedlings under diesel stress. Soil Biology Biochemistry. 41, 936–940.

Zhang, B., Chen, P., Florez-Palacios, S.L., Shi, A., Hou, A., Ishibashi, T., 2010. Seed quality attributes of food-grade soybeans from the US and Asia. Euphytica. 173, 387–396.

www.SID.ir

Archive of SID

University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences
Vol. 13, No. 2, pp. 413-423
Summer 2020
http://dx.doi.org/ 10.22077/escs.2019.2131.1531

Original article

Effect of irrigation on physiological traits and seed yield of soybean under inoculation with mycorrhiza fungi and rhizobium bacteria

A.Nakhzari Moghaddam[1*], N. Samsami[2], A. Rahemi Karizaki[1], E. Gholinezhad[3]
1. Assistant Professors of Gonbad Kavous University, Iran
2. M.Sc.Student of Agroecology, Iran
3. Associate Professor, Department of Agricultural Science, Payam e Noor University, Tehran, Iran

Received 17 December 2018; Accepted 16 January 2019

Abstract
In order to investigate the effects of irrigation regimes and inoculation with mycorrhiza fungi and rhizobium bacteria on physiological traits and seed yield of soybean, an experiment was conducted as a factorial split plot design based on a randomized complete block design with three replications at research farm of agricultural highschool of Urmia during 2017. The main factor was three irrigation levels such as optimum, moderate and severe drought stress (irrigation after 70, 110 and 150 mm evaporation from class A evaporation pan), subplots was inoculation with mycorrhiza fungi including without mycorrhiza, and inoculation with *F. mosseae* and *R. intraradices* and rhizobium bacteria inoculation in two levels of non inoculation and inoculation with *Bradyrhizobium japonicum*. The results showed that by increasing drought stress with or without inoculation with mycorrhiza increased leaf temperature but decreased relative water content and Chlorophyll b were decreased. By increasing drought stress with or without inoculation with bacteria was increased leaf temperature but decreased Chlorophyll b and seed yield. Inoculation with bacteria decreased leaf temperature with or without inoculation with mycorrhiza. Similar results was obtained about leaf relative water content, Chlorophyll b and a, but seed yield was increased by inoculation with bacteria with or without inoculation with mycorrhiza. On the other hand, by inoculation with bacteria and mycorrhiza especially *F. mosseae*, maximum seed yield was obtained. Proline and electrolyte leakage in treatment of severe drought stress and non inoculation with mycorrhiza and bacteria was greater than other treatments. Minimum proline and electrolyte leakage observed in treatment of optimum irrigation and inoculation with bacteria and mycorrhiza *F. mosseae*. In addition, water stress caused unsuitable conditions for soybean that led to loses of seed yield but inoculation with bacteria and mycorrhiza reduced unsuitable conditions and soybean growth was improved.

***Keywords*:** Chlorophyl, Electrolyte leakage, Leaf temperature, Proline.

www.SID.ir

[*]Correspondent author: Ali Nakhzari Moghaddam; E-Mail: a_nakhzari@yahoo.com