Archive of SID

به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۱ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۸
صفحه‌های ۲۶-۱۳

اثر قارچ میکوریزا و باکتری رایزوبیوم بر صفات کمی و کیفی سویا در واکنش به تنش خشکی

ناصر صمصامی[۱]، علی نخزری مقدم[۲*]، علی راحمی‌کاریزکی[۲]، اسماعیل قلی‌نژاد[۳]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.
۲. استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.
۳. دانشیار، گروه علمی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۶

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و تلقیح با قارچ میکوریزا و باکتری رایزوبیوم بر کمیت و کیفیت سویا، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی هنرستان کشاورزی ارومیه به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تنش خشکی به‌عنوان عامل اصلی در ۳ سطح (آبیاری مطلوب، تنش ملایم خشکی و تنش شدید خشکی) و قارچ میکوریزا در سه سطح (بدون میکوریزا (به‌عنوان شاهد) و تلقیح با گونه گلوموس موسهآ و گلوموس اینترارادیسز) و باکتری رایزوبیوم در دو سطح (عدم تلقیح (به‌عنوان تیمار شاهد) و تلقیح با رایزوبیوم ژاپونیکوم به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. در واکنش به تنش خشکی ملایم، درصد پروتئین دانه افزایش یافت ولی افزایش شدت تنش خشکی درصد پروتئین دانه و درصد روغن دانه را کاهش داد. آبیاری همراه با تلقیح با قارچ به‌ویژه گونه موسهآ تعداد دانه در بوته، درصد و عملکرد پروتئین دانه را افزایش داد. در هر سه حالت آبیاری، تلقیح با باکتری در مقایسه با تیمار شاهد سبب افزایش عملکرد دانه، عملکرد پروتئین و عملکرد روغن دانه شد. تلقیح با قارچ میکوریزا و باکتری عملکرد دانه و روغن را افزایش داد. بررسی جدول ضرایب همبستگی نشان داد که بین عملکرد دانه با وزن هزاردانه، تعداد دانه در بوته، عملکرد روغن و پروتئین همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. براساس نتایج آزمایش، استفاده از قارچ گلوموس موسهآ و تلقیح با باکتری رایزوبیوم می‌تواند اثر مثبت بر صفات کمی و کیفی سویا داشته باشد.

کلیدواژه‌ها: پروتئین، تلقیح، عملکرد دانه، کمبود آب، کودهای زیستی.

* نویسنده مسئول
Email: a_nakhzari@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

سویا گیاهی است که دارای تحمل‌پذیری متوسطی نسبت به خشکی می‌باشد (Galeshi *et al*., 2009). نیاز این گیاه به آب در مراحل مختلف رشد، متفاوت است. مهم‌ترین مرحله‌ای که سویا تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد مرحله زایشی می‌باشد (Esmaili Khanbebin *et al*., 2011). روغن سویا ٤٩ درصد اسید لینولئیک و ٢٥ درصد اسید اولئیک دارد. میزان پروتئین دانه سویا بیشتر از سایر دانه‌های روغنی است (Molazadeh, 2012).

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که تولید سویا را تا ٤٠ درصد تحت تأثیر قرار می‌دهد (Le *et al*., 2012). در این راستا، گزارش شده است که افزایش شدت تنش خشکی تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت را کاهش داد (Roustaie *et al*., 2012). Shahkoh Mahali *et al*. (2016) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه، تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته سویا شد. آبیاری پس از ٧٠ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس عملکرد دانه را ٣٣/٨٧ درصد کاهش داد (Eisazadeh Panjali Kharabci *et al*., 2015). بررسی تأثیر تنش خشکی بر هشت رقم سویا نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری کامل (شاهد) به‌دست آمد (Mehraban *et al*., 2016). بررسی اثرات محدودیت آب بر روند ذخیره‌سازی روغن و پروتئین در دانه دو رقم سویا نشان داد که با افزایش تنش آب، درصد روغن دانه کاهش و درصد پروتئین افزایش یافت (Behtari *et al*., 2008). در شرایط تنش کم‌آبی با کوچک‌شدن اندازه دانه سویا، روغن و پروتئین حجم بیشتری از فضای دانه را نسبت به شرایط غیرتنش اشغال نمودند (Aminifar *et al*., 2013). با افزایش تنش آبی، درصد روغن دانه کاهش یافت (Babazade *et al*., 2011). تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه (Kobraei et al., 2011)، عملکرد بیولوژیک (Dogan *et al*., 2007)، تعداد غلاف، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد روغن و پروتئین دانه شده است (Divsalar *et al*., 2016).

واژه میکوریزا به همزیستی بین ریشه گیاهان و میسیلیوم‌های قارچ اطلاق می‌شود. میکوریزایی که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت از نوع آندومیکوریزا بود که رایج‌ترین نوع اندومیکوریزا است. در این نوع از میکوریزا میسیلیوم‌های قارچ به درون ریشه گیاه نفوذ کرده و دستگاه ارتباطی به نام وزیکول و آربیسکول ایجاد می‌کند (Alizadeh & Nadian, 2006). در همزیستی باکتری ریزوبیومی با ریشه سویا، تثبیت نیتروژن برای کشاورزی پایدار اهمیت زیادی دارد و رشد گیاه را در خاک‌های فقیر از نیتروژن و خاک‌های با کارآیی پایین کود نیتروژن حفظ می‌کند (Kunert *et al*., 2016). اثرات مثبت قارچ‌های میکوریزا در افزایش ماده خشک گیاه به‌ویژه در شرایط کم‌آبیاری و در نواحی خشک توسط Naher *et al*. (2013) به اثبات رسیده است. علت افزایش عملکرد محصول در گیاهان تلقیح‌شده با میکوریزا، تعادل آبی آن‌ها در شرایط تنش کم‌آبی و درنتیجه جذب بیشتر آب و عناصر معدنی گزارش شده است (Habibzadeh *et al*., 2015).

بررسی رشد و عملکرد ماش در همزیستی با گونه *G. mosseae* نشان داد که عملکرد دانه در مقایسه با گیاهان غیرهمزیست به‌میزان ٦٦ درصد افزایش یافت (Habibzadeh *et al*., 2015). با انجام آزمایشی گزارش شده است که گیاهان همزیست با قارچ میکوریزا دارای عملکرد دانه بیشتری نسبت به شاهد بودند (Habibi *et al*., 2015). گزارش شده است که پتانسیل آب برگ و هدایت روزنه‌ای در گیاهان همزیست با قارچ‌های میکوریزا بالاتر بود و این گیاهان دارای مواد فتوسنتزی بیشتری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی بودند. همچنین، مکانیسم‌های متعددی برای بیان اثر افزایش هدایت

www.SID.ir

Archive of SID

هیدرولیکی ریشه، تنظیم اسمزی گیاهان میزبان و بهبود تماس با ذرات خاک از طریق هیف قارچ که قادر به استخراج آب از منافذ ریز می‌باشد، گزارش شده است (Ortas *et al*., 2011).

باکتری‌های رایزوبیوم، کربوهیدرات‌ها و سایر مواد غذایی را از آوند آبکشی گیاه میزبان دریافت می‌کنند و انرژی دریافتی را در تبدیل نیتروژن هوا به یون آمونیوم و تولید اسیدهای آمینه مصرف می‌کنند. باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم به‌صورت طبیعی در خاک‌های ایران وجود ندارد و باید باکتری‌ها همراه بذر به خاک اضافه شوند (Molazadeh, 2012). در همزیستی باکتری رایزوبیوم با ریشه سویا، تثبیت نیتروژن برای کشاورزی پایدار اهمیت زیادی دارد و رشد گیاه را در خاک‌های فقیر از نیتروژن حفظ می‌کند (Kunert *et al*., 2016). گیاه حاصل از بذر تولیدشده سویا در شرایط تنش متوسط از رقم ویلیامز در شرایط تلقیح با باکتری ٤٦ درصد وزن خشک بیشتری نسبت به شرایط عدم تلقیح داشت (Hadi *et al*., 2010). همزیستی سویا با قارچ *G. claroideum* و باکتری *B. japonicum* سبب افزایش تشکیل دانه و تعداد گره‌ها شد (Vejsadova *et al*., 1992). این تحقیق با هدف بررسی تأثیر میکوریزا آربوسکولار و باکتری رایزوبیوم بر صفات کمی و کیفی سویا رقم کوثر تحت شرایط مختلف رطوبتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و تلقیح با قارچ میکوریزا و باکتری رایزوبیوم بر صفات کمی و کیفی سویا، این آزمایش در سال زراعی ١٣٩٦ در مزرعه تحقیقاتی هنرستان کشاورزی شهرستان ارومیه اجرا شد. مزرعه در ١٢ کیلومتری شهر ارومیه قرار گرفته است. طول جغرافیایی محل آزمایش ٤٥ درجه و ٢ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی آن ٣٧ درجه و ٣٢ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ١٣٣٢ متر می‌باشد. براساس آمار هواشناسی، منطقه با داشتن ١٥٠ تا ١٨٠ روز خشک، زمستان‌های سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک جزو رژیم رطوبتی خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش و برآورد نیاز کودی سویا، از پنج نقطه مختلف مزرعه از عمق ٣٠-٠ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام شد (جدول ١).

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. رقم سویا مورد استفاده کوثر بود. عامل اصلی آبیاری در سه سطح شامل آبیاری مطلوب (آبیاری بعد از ٧٠ میلی‌متر تبخیر)، تنش ملایم خشکی (آبیاری بعد از ١١٠ میلی‌متر تبخیر) و تنش شدید خشکی (آبیاری بعد از ١٥٠ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A)، عامل‌های فرعی شامل قارچ میکوریزا در سه سطح بدون میکوریزا، گونه گلوموس موسهآ و گلوموس اینترارادیسز و باکتری ریزوبیوم در دو سطح عدم تلقیح و تلقیح با رایزوبیوم ژاپونیکوم بود.

جدول ١. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (سانتی‌متر)	بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته خاک	مواد خشی شونده (درصد)	ظرفیت زراعی (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
٣٠- ٠	لومی	٠/٨٥	٧/٦٤	٢٣/٨٠	٣٢/٠٠	٤٠/٠٠	٣٥/٠٠	٢٥/٠٠	١/١٥	٠/١٢	٥/١٦	٢١١/٠

www.SID.ir

Archive of SID

ابتدا زمین آبیاری و پس از گاورو شدن عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار و تسطیح به‌وسیله روتیواتور انجام شد. در این مرحله براساس آزمون خاک و توصیه کودی مقدار ۵۰ کیلوگرم اوره، ۱۴۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل، ۱۲۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به‌طور یکنواخت در زمین پخش و با خاک مخلوط شد. کاشت در نیمه دوم اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۶ انجام شد. کاشت به‌صورت جوی و پشته و فاصله ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. تعداد خطوط کاشت برای هر تیمار چهار خط به طول چهار متر بود. فاصله بین کرت‌های فرعی دو متر و برای تیمارهای اصلی چهار متر بود. قارچ‌های میکوریزا از شرکت تحقیقاتی زیست‌فناوری توران شاهرود تهیه و در تیمارهای مربوطه در هر چاله ۱۰ گرم 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 رایزوبیوم ژاپونیکوم از شرکت مهر آسیا تهیه شد. جهت تلقیح با باکتری، بذرهای سویا را به‌مدت ۳۰ ثانیه در داخل مایع تلقیح باکتری که در ظرفی تمیز ریخته و آماده کرده بودیم قرار داده و سپس بذرها را در آورده و در سایه به‌مدت نیم ساعت روی پارچه‌ای تمیز پخش کرده تا خشک شوند و بلافاصله کشت انجام شد. تیمارهای آبیاری پس از استقرار بوته‌ها اعمال شد. پس از جوانه‌زنی بذور و رشد بوته‌ها، در مرحله سه تا چهار برگی عملیات تنک به‌وسیله دست برای رسیدن به تراکم مطلوب انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز به‌روش دستی و در طی دو نوبت (مرحله اول ۳ تا ٤ برگی بعد از اولین آبیاری و مرحله دوم زمانی انجام شد که ارتفاع بوته‌ها به ۲۰ سانتی‌متر رسیده بود) در طول فصل رشد انجام شد.

برداشت در نیمه دوم شهریورماه پس از حذف حاشیه‌ها انجام شد. به‌منظور تعیین صفات، تعداد ۱۰ بوته از هر تیمار انتخاب و تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته (حاصل‌ضرب تعداد غلاف در هر بوته و تعداد دانه در هر غلاف) تعیین شدند. دانه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک و توزین شدند. برای اندازه‌گیری وزن هزاردانه، از هر کرت ٤ نمونه ۱۰۰ تایی (٤۰۰ عدد) به‌طور تصادفی شمارش و با دقت ۰/۰۱ گرم وزن و در ۲/۵ ضرب گردید. درصد روغن دانه با استفاده از جداسازی روغن با حلال به‌روش سوکسله (Soxtherm 2000 automatic شرکت Gerhardt آلمان) انجام شد. عملکرد روغن از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه و بر حسب کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. درصد پروتئین از طریق دستگاه کجلدال (VAP 50 کشور آلمان) و طبق روابط زیر تعیین گردید.

رابطه ۱)

$$\text{درصد نیتروژن} = \frac{(\text{مقدار اسید مصرف‌شده در تیتراسیون} \times ۰/۰۰۱٤)}{\text{وزن نمونه}} \times ۱۰۰$$

سپس درصد پروتئین با استفاده از رابطه ۲ به‌دست آمد (Fazlara, 2009).

رابطه ۲) $\text{درصد پروتئین} = \text{درصد نیتروژن} \times ۵/۷۱$

عملکرد پروتئین از حاصل‌ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه و بر حسب کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. در پایان، پس از انجام آزمون بارتلت و اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) و MATATC انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز به‌روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای داده‌هایی که از طریق شمارش به‌دست آمده بودند با استفاده از نرم‌افزار SPSS تبدیل جذری به‌عمل آمد و سپس مقایسه میانگین انجام شد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده در این آزمایش تحت تأثیر تیمارهای مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. اثر آبیاری بر همه صفات به‌جز تعداد غلاف در بوته و اثر میکوریزا و باکتری بر همه صفات معنی‌دار شد. اثر متقابل آبیاری× میکوریزا بر تعداد دانه در بوته، درصد و عملکرد پروتئین، اثر متقابل آبیاری× باکتری بر عملکرد دانه، عملکرد پروتئین و عملکرد روغن، اثر متقابل میکوریزا× باکتری بر عملکرد دانه و عملکرد روغن معنی‌دار شد. هیچ‌یک از صفات تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری× میکوریزا × باکتری قرار نگرفتند.

تعداد غلاف در بوته

تلقیح با گلوموس موسه‌آ و گلوموس اینترارادیسز در مقایسه با عدم تلقیح، تعداد غلاف در بوته را به‌ترتیب ۲۱/۲ و ۲۲/۳ درصد افزایش داد (جدول ۳). تلقیح با باکتری رایزوبیوم در مقایسه با عدم تلقیح، تعداد غلاف در بوته را ۱۵/۶۲ درصد افزایش داد (جدول ۳). تلقیح با باکتری باعث تثبیت بیشتر نیتروژن شد، لذا با تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه باعث افزایش باروری و درنتیجه تعداد غلاف در بوته شد. تلقیح با قارچ نیز به سبب تولید هیف فراوان و استفاده بهتر از آب موجود در خاک و بهبود مقاومت به تنش خشکی، تعداد غلاف در بوته را افزایش داد. به‌عقیده Ortas *et al.* (2011) پتانسیل آب برگ و هدایت روزنه‌ای در گیاهان همزیست با قارچ‌های میکوریزا بالاتر بوده و این گیاهان فتوسنتزی بیشتری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی انجام می‌دهند. انتقال این مواد فتوسنتزی به گل‌ها باعث افزایش باروری آنها و در نتیجه تشکیل غلاف بیشتر می‌شود. Abotalebian & Khalili (2014) اظهار داشتند در شرایط تنش شدید خشکی با کاربرد توأم میکوریزا و باکتری رایزوبیوم در مقایسه با عدم تلقیح، تعداد غلاف در مترمربع ۳۳ درصد افزایش یافت. علت کاهش تعداد غلاف در بوته در شرایط تنش، افزایش ریزش گل و غلاف بود (غلاف‌ها زمانی ریزش کردند که پیری برگ‌ها به‌دلیل تنش خشکی آغاز شده بود). این نتایج مؤید یافته‌های ما در این تحقیق بود.

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی سویا تحت تأثیر تنش خشکی و کودهای زیستی میکوریزا و رایزوبیوم

منبع تغییرات / صفات	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین	درصد روغن	عملکرد روغن
تکرار	۲	۳/۷۹	۳/۲	۱۹۷/۵	۲۹۶۰	۳۳/۰۶	۱۷۴۵	۱۹/۰۶	۳۸۴/۱
آبیاری (I)	۲	۷/۲۷^{ns}	۸۴/۹۲**	۱۶۳/۲**	۳۷۲۵۴**	۵۲۷/۱**	۱۷۷۱۱**	۵/۰۵**	۱۹۹۰**
خطای اصلی (E_a)	۴	۱/۸۷	۳/۷۷	۸/۹۹	۹۱۱/۴	۱۳/۵	۵۷۵/۴	۱/۱۱	۶۹/۸۷
میکوریزا (M)	۲	۲/۸۳**	۴/۱۶**	۷۵۴**	۱۱۷۲۴**	۴۴/۵**	۳۷۷۴**	۱۲/۶۶**	۱۳۰۹**
باکتری (B)	۱	۳/۸**	۷/۸۸**	۱۲۷۹**	۶۶۷۰۴**	۷۸/۶۲**	۱۴۳۱۷**	۴۸/۱۶**	۶۴۵۵**
I × M	۴	۰/۰۹^{ns}	۰/۰۴**	۳۰/۱۳^{ns}	۱۹۹/۷^{ns}	۳/۲۵*	۲۱۲/۲**	۰/۸۸^{ns}	۲۵/۳۸^{ns}
I × B	۲	۰/۰۶^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۸/۸۵^{ns}	۶۲۸/۵*	۰/۷۵^{ns}	۲۳۶/۹**	۰/۳۸^{ns}	۶۲/۸۹*
M × B	۲	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۷/۴۷^{ns}	۱۰۰۱**	۱/۲۹^{ns}	۹۲/۶۳^{ns}	۰/۲۳^{ns}	۸۲/۲**
I × M × B	۴	۰/۰۳^{ns}	۰/۱۰^{ns}	۲۶/۱۶^{ns}	۳۰۱^{ns}	۰/۷۱^{ns}	۵۵/۴۸^{ns}	۰/۶۱^{ns}	۳۳/۷۷^{ns}
خطای فرعی (E_b)	۳۰	۰/۱۲	۰/۰۷	۱۷/۱۸	۱۷۷/۳	۱/۱۳	۳۲/۰۴	۰/۶۰	۱۵/۳۹
ضریب تغییرات (٪)	–	۴/۹۲	۲/۲۵	۳/۳۱	۳/۵۵	۳/۲۳	۴/۵۱	۳/۶۷	۴/۹۱

**، *، ns: معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، درصد روغن و درصد پروتئین تحت تأثیر تنش کم‌آبی، کودهای زیستی میکوریزا و رایزوبیوم

صفات / عامل	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن هزاردانه (گرم)	روغن دانه (درصد)	پروتئین دانه (درصد)
آبیاری					
آبیاری مطلوب	–	–	۱۲۷/۹a	۲۱/۷۲a	–
تنش ملایم خشکی	–	–	۱۲۵/٤a	۲۱/۱۱b	–
تنش شدید خشکی	–	–	۱۲۱/۹b	۲۰/٦٦c	–
$LSD_{5\%}$	–	–	۲/۷٦	۰/۵۲	–
میکوریزا					
Glomus mosseae	۵٤/۹٤a	–	۱۲۸/۸a	۲۱/۹٤a	–
Glomus intraradices	۵۵/٤٤a	–	۱۲۸/۸a	۲۱/۲۷b	–
بدون میکوریزا	٤۵/۳۳b	–	۱۱۷/٦b	۲۰/۲۷c	–
$LSD_{5\%}$	۳/٦۰	–	۲/۸۱	۲۰/۲۷ c	–
باکتری					
تلقیح باکتری	۵۵/٦٦a	۱۵۹/۳a	۱۲۹/۹a	۲۲/۱۱a	۳٤/۱۵a
بدون تلقیح باکتری	٤۸/۱٤b	۱٤۱b	۱۲۰/۲b	۲۰/۲۲b	۳۱/۷٤b
$LSD_{5\%}$	۲/۹٤	۳/۵۲	۲/۳۰	۰/٤۳	۰/۵۹

در هر ظتون وجود حروف مشابه نشانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

تعداد دانه در بوته

تلقیح با باکتری در مقایسه با عدم تلقیح تعداد دانه در بوته را حدود ۱۳ درصد افزایش داد (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و قارچ میکوریزا نشان داد که افزایش تنش خشکی و عدم تلقیح تعداد دانه در بوته را کاهش داد. بیشترین تعداد دانه در بوته (۲۰۹) در شرایط آبیاری مطلوب و تلقیح با قارچ موسهآ به‌دست آمد. کمترین تعداد دانه در بوته (۸۳/۵) نیز از تیمار تنش خشکی شدید و عدم تلقیح حاصل شد. در هر سه شرایط مختلف آبیاری، تلقیح با قارچ میکوریزا، تعداد دانه در بوته را افزایش داد. تأثیر قارچ موسهآ در افزایش تعداد دانه در بوته بیشتر از قارچ اینترارادیسز بود (جدول ٤). در شرایط تنش خشکی مواد کمتری در گیاهان تولید و از رشد رویشی گیاهان کاسته می‌شود. کاهش پتانسیل آب خاک قبل یا پس از گل‌دهی، سبب کاهش معنی‌دار پتانسیل آب در اندام‌های زایشی می‌شود که ممکن است فعالیت تخمدان را مختل کند و درنتیجه مانع نمو آن شود (Kokubun *et al.*, 2001). این عمل باعث کاهش تعداد دانه در بوته می‌شود که در بررسی حاضر این اتفاق افتاد. تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته از اجزای مهم عملکرد دانه محسوب می‌شوند. کمبود آب سبب کاهش این دو صفت مهم شد که با نتیجه حاصل از بررسی Daneshian *et al.* (2009) و Ruhul Amin *et al.* (2009) مطابقت داشت.

وزن هزاردانه

تلقیح با قارچ میکوریزا وزن هزاردانه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد به‌طوری که بیشترین وزن هزاردانه (۱۲۸/۸ گرم) از تیمار قارچ اینترارادیسز به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار تلقیح با قارچ موسهآ نداشت (جدول۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤. مقایسه میانگین تعداد دانه در بوته، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین تحت تأثیر برهمکنش آبیاری و میکوریزا

تیمار (آبیاری × میکوریزا)	صفات	تعداد دانه در بوته	پروتئین دانه (درصد)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم بر مترمربع)
آبیاری	میکوریزا			
تنش ملایم خشکی	*G. mosseae*	۲۰۹/۰a	۳۳/۹٦c	۱٤۸/۱c
	× *G. intraradices*	۱۹۹/۰b	۳۱/۷۲d	۱۲۹/۹d
	بدون میکوریزا	۱۸٤/۳c	۳۰/۳۸e	۱۱۷/٦e
	G. mosseae	۱٦٥/۸d	٤۰/٤٦a	۱۷۱/۳a
	× *G. intraradices*	۱٥٤/۳e	۳۹/۲۲a	۱٥٥/۱b
	بدون میکوریزا	۱٥۲/۰e	۳٦/٥۹b	۱۳۲/٥d
تنش شدید خشکی	*G. mosseae*	۱۱۱/٥f	۲۸/٥۷f	۹۸/۱۸f
	× *G. intraradices*	۹۱/٦٦g	۲۸/۸٦f	۹٤/٦۹f
	بدون میکوریزا	۸۳/٥h	۲٦/۷۳g	۸۰/۸٥g
$LSD_{5\%}$		۷/٤۷	۱/۲٥	٦/٦٦

در هر ستون وجود حروف مشابه نشانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

تلقیح با قارچ میکوریزا نسبت به عدم تلقیح، وزن هزاردانه را حدود ۹ درصد افزایش داد. تلقیح با باکتری نیز وزن هزاردانه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در شرایط تلقیح با باکتری وزن هزاردانه ۱۲۹/۹ گرم و شرایط عدم تلقیح ۱۲۰/۲ گرم بود که حاکی از افزایش حدود ۸ درصدی وزن هزاردانه بود (جدول ۳). مقایسه میانگین وزن هزاردانه تحت تأثیر آبیاری نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، وزن هزاردانه کاهش معنی‌داری یافت به‌طوری که بیشترین (۱۲۷/۹ گرم) و کمترین (۱۲۱/۹ گرم) وزن هزاردانه به‌ترتیب از تیمار آبیاری مطلوب و تنش خشکی شدید به‌دست آمد. تنش خشکی شدید در مقایسه با آبیاری مطلوب، وزن هزاردانه را ٤/٦۹ درصد کاهش داد (جدول ۳). وزن هزاردانه بیشترین اثر مستقیم را روی عملکرد دانه دارد و سویا در مراحل زایشی به کمبود آب حساس می‌باشد. بنابراین، تنش خشکی باعث کاهش وزن هزاردانه می‌شود. Abotalebian & Khalili (2014) بیان کردند که در شرایط تنش خشکی، کاربرد توأم قارچ میکوریزا و باکتری در مقایسه با عدم تلقیح سبب افزایش وزن هزاردانه به‌میزان ۹/٦ درصد شد. اثر مثبت میکوریزا و باکتری بر افزایش وزن هزاردانه را می‌توان به افزایش جذب آب و مواد غذایی به‌واسطه توسعه بیشتر ریشه‌ها و بهبود شرایط تغذیه‌ای و رشدی گیاه و همچنین تثبیت بیولوژیک نیتروژن نسبت داد که هماهنگ با نتیجه Mehraban *et al.* (2012) می‌باشد.

عملکرد دانه

تنش خشکی از طریق بسته شدن روزنه‌ها و کاهش اکسیژن مورد نیاز تنفس گره‌های ریشه باعث کاهش مواد فتوسنتزی و انتقال آن‌ها به دانه می‌شود و عملکرد دانه کاهش می‌یابد. بیشترین عملکرد دانه (٤٤٦۸ کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری مطلوب همراه با تلقیح با باکتری به‌دست آمد. کمترین عملکرد دانه (۲۹٤۸ کیلوگرم در هکتار) نیز از تیمار تنش خشکی شدید بدون تلقیح با باکتری حاصل شد. در شرایط آبیاری مطلوب، تنش خشکی ملایم و شدید، تلقیح با باکتری در مقایسه با عدم تلقیح، عملکرد دانه را به‌ترتیب ۱۹/۹۸، ۲۲/٦۱ و ۱۹/۳٤ درصد افزایش داد (جدول ٥). در شرایط آبیاری کامل و

www.SID.ir

Archive of SID

تلقیح با باکتری شرایط برای رشد بهتر فراهم شد که نتیجه آن افزایش عملکرد بود.

همچنین، براساس جدول ٦، بیشترین عملکرد دانه (٤٤٣٢ کیلوگرم در هکتار) از تیمار تلقیح قارچ میکوریزا نوع موسه‌آ همراه با تلقیح با باکتری به‌دست آمد. کمترین عملکرد دانه (٣١٨٤ کیلوگرم در هکتار) هم از تیمار بدون تلقیح با قارچ و باکتری به‌دست آمد. تلقیح با قارچ موسه‌آ و اینترارادیسز در مقایسه با عدم تلقیح میکوریزا، عملکرد دانه را به‌ترتیب ١٣ و ٨ درصد افزایش داد. بالا بودن عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و تلقیح با میکوریزا در این تحقیق را می‌توان به بالا بودن اجزای عملکرد دانه نسبت داد. شرایط آبیاری کامل سبب افزایش فتوسنتز و تولید مواد پرورده شد و وزن دانه را افزایش داد که نتیجه آن افزایش عملکرد بود. کاهش عملکرد دانه تحت تنش خشکی ناشی از کاهش اجزای عملکرد دانه است که با نتیجه بررسی (Aminifar *et al.*, 2012) مطابقت دارد.

جدول ٥. مقایسه میانگین عملکرد دانه، روغن و پروتئین تحت تأثیر برهمکنش کم‌آبیاری و رایزوبیوم

تیمار (آبیاری × باکتری)	صفات	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم بر هکتار)
آبیاری	باکتری			
آبیاری مطلوب ×	تلقیح باکتری	٤٤٦٨a	١٠٠١a	١٤٨٠b
	بدون تلقیح باکتری	٣٧٢٤c	٧٧٩/١c	١١٥٨d
تنش ملایم خشکی ×	تلقیح باکتری	٤٣١١b	٩٤٠/١b	١٧٣١a
	بدون تلقیح باکتری	٣٥١٦d	٦٩١/٣d	١٣٢٨c
تنش شدید خشکی ×	تلقیح باکتری	٣٥١٨d	٧٧٤/٥c	١٠٣٨e
	بدون تلقیح باکتری	٢٩٤٨e	٥٩٧/٧e	٧٨٧f
$LSD_{5\%}$		١٢٨	٣٧/٧	٥٤/٤

در هر ستون وجود حروف مشابه نشانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

جدول ٦. مقایسه میانگین برهمکنش میکوریزا و باکتری بر عملکرد دانه، شاخص برداشت و تلاش بازآوری گیاه سویا

تیمار (میکوریزا × باکتری)	صفات	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرم بر هکتار)
میکوریزا	باکتری		
G. mosseae ×	تلقیح باکتری	٤٤٣٢a	١٠١٥a
	بدون تلقیح	٣٥٥٨d	٧٤٧٤d
G. intraradices ×	تلقیح باکتری	٤٠٧٨b	٩٠١٦b
	بدون تلقیح	٣٤٤٦d	٧٠٥٨e
بدون میکوریزا ×	تلقیح باکتری	٣٧٨٧c	٨٠٧١c
	بدون تلقیح	٣١٨٤e	٦١٥٠f
$LSD_{5\%}$		١٢٨	٣٧/٧

در هر ستون وجود حروف مشابه نشانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

www.SID.ir

Archive of SID

از مهم‌ترین اثرات مطلوب تلقیح با میکوریزا می‌توان به تغییر سطح هورمون‌های گیاهی مثل اسید آبسیزیک و سیتوکینین، جذب مستقیم آب توسط هیف‌های قارچ در خاک و انتقال آن به گیاه میزبان، افزایش تولید و تجمع پرولین و سایر متابولیت‌ها به‌منظور تنظیم پتانسیل اسمزی در گیاهان مختلف (Khalafallah & Abo-Ghalia, 2008) اشاره کرد که نتیجه آن کاهش آثار نامطلوب تنش خشکی در گیاهان می‌باشد (Seyed Sharifi & Namvar, 2015). نتیجه بررسی Mojaddam (2016) و Rostami Ajirloo *et al.* (2016) نیز مؤید نتیجه حاصل از این آزمایش است.

بررسی جدول ضرایب همبستگی نشان داد که بین عملکرد دانه با اجزای عملکرد دانه مانند وزن هزاردانه (۰/٦٤**) و تعداد دانه در بوته (۰/۸۲**) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت و این نشان می‌دهد که با افزایش اجزای عملکرد دانه، عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد (جدول ۷). Navabpour *et al.* (2017) نشان دادند که عملکرد دانه با اجزای عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت.

درصد و عملکرد پروتئین

تلقیح با باکتری در مقایسه با عدم تلقیح، درصد پروتئین را حدود هشت درصد افزایش داد (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری مطلوب× قارچ میکوریزا نشان داد که با افزایش تنش خشکی تا تنش ملایم درصد پروتئین افزایش معنی‌داری یافت ولی تنش خشکی شدید درصد پروتئین دانه را کاهش داد. بیشترین درصد پروتئین از تیمار تنش خشکی ملایم همراه با تلقیح با قارچ موسهآ و اینترارادیسز (به‌ترتیب با ٤۰/٤٦ و ۳۹/۲۲ درصد) به‌دست آمد. کمترین درصد پروتئین نیز از تیمار تنش خشکی شدید بدون تلقیح با قارچ میکوریزا حاصل شد (جدول ٤). دلیل این امر احتمالاً کاهش انتقال مواد فتوسنتزی بود که باعث کاهش نسبت حجم آندوسپرم نشاسته‌ای به کل حجم دانه شد و درصد پروتئین در پوسته و جنین نسبت به آندوسپرم نشاسته‌ای افزایش یافت. به‌این ترتیب، درصد پروتئین دانه در شرایط تنش خشکی ملایم افزایش یافت. تنش خشکی شدید با تأثیر بر تثبیت نیتروژن باعث شد که نیتروژن موردنیاز گیاه تأمین نشود و درصد پروتئین دانه کاهش یابد. افزایش درصد پروتئین با افزایش تنش خشکی توسط Rostami Ajirloo *et al.*, 2016) نیز گزارش شده است. در این تحقیق بین درصد روغن و درصد پروتئین رابطه منفی وجود داشت و با توجه به این‌که در شرایط تنش خشکی ملایم، درصد روغن کاهش معنی‌داری یافت، میزان پروتئین دانه افزایش معنی‌داری پیدا کرد. همچنین، گیاه سعی می‌کند برای مقابله با تنش خشکی، پروتئین‌های تنش تولید کند که این موضوع توسط Navabpour *et al.* (2017) گزارش شده است.

جدول ۷. ضرایب همبستگی برخی صفات مورد مطالعه سویا

صفات	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد روغن	عملکرد پروتئین	تعداد دانه در بوته
وزن هزاردانه	۱				
عملکرد دانه	۰/٦٤**	۱			
عملکرد روغن	۰/۵۳*	۰/۸٤**	۱		
عملکرد پروتئین	۰/۷۰**	۰/۹۰**	۰/۸۳**	۱	
تعداد دانه در بوته	۰/۵۳*	۰/۸۲**	۰/۷٤**	۰/۷۱**	۱

** و *: معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد پروتئین از حاصل‌ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه به‌دست می‌آید. اگرچه تنش خشکی عملکرد پروتئین را کاهش داد اما تلقیح با قارچ بخصوص گلوموس موسهآ با افزایش درصد پروتئین در هر سه شرایط آبیاری، عملکرد پروتئین را افزایش داد (جدول ٤). در شرایط تنش خشکی، افزایش درصد پروتئین جبران کاهش عملکرد دانه را نکرد لذا عملکرد پروتئین دانه کاهش یافت. در بررسی Rostami Ajirloo *et al.* (2016) نیز بیشترین و کمترین عملکرد پروتئین دانه به‌ترتیب در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی شدید به‌دست آمد. نتیجه مشابهی توسط Mojaddam (2016) گزارش شده است. وی اعلام کرد که بیشترین درصد پروتئین دانه در آفتابگردان در شرایط تنش خشکی شدید به‌دست آمد که با آبیاری مطلوب اختلاف معنی‌داری داشت.

درصد و عملکرد روغن

با افزایش شدت تنش خشکی، درصد روغن دانه کاهش یافت. تلقیح با قارچ میکوریزا و همچنین تلقیح با باکتری درصد روغن را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۳). علت افزایش درصد پروتئین و کاهش درصد روغن دانه با افزایش تنش خشکی را می‌توان به این شکل توجیه نمود که با کاهش رطوبت مورد نیاز گیاه، دوره پرشدن دانه کوتاه می‌شود و با توجه به این‌که ساخت و ذخیره‌سازی پروتئین در دانه در اوایل دوره پر شدن اتفاق می‌افتد، لذا مدت زمان لازم برای ذخیره‌سازی روغن در دانه کاهش می‌یابد. همچنین، در شرایط آبیاری نرمال در مقایسه با شرایط تنش خشکی، روغن حجم بیشتری از فضای دانه را اشغال می‌کند. به عقیده (Farnia & Madani, 2010) تنش خشکی از طریق کاهش تولید و انتقال آسیمیلات در گیاه باعث کاهش درصد روغن دانه می‌شود. (Purdehgan *et al.*, 2015) نیز کاهش درصد روغن در شرایط تنش خشکی را گزارش کردند.

بیشترین عملکرد روغن (۱۰۰۱ کیلوگرم بر هکتار) از تیمار آبیاری مطلوب همراه با تلقیح با باکتری به‌دست آمد. کمترین عملکرد روغن (۵۹۷/۷ کیلوگرم بر هکتار) نیز از تیمار تنش خشکی شدید بدون تلقیح با باکتری حاصل شد. بالا بودن عملکرد دانه در تیمار آبیاری مطلوب همراه با تلقیح با باکتری و همچنین پایین بودن عملکرد دانه در تیمار تنش خشکی شدید بدون تلقیح با باکتری باعث شد چنین نتیجه‌ای حاصل شود. در شرایط آبیاری مطلوب، تنش خشکی ملایم و شدید، تلقیح با باکتری در مقایسه با عدم تلقیح، عملکرد روغن را به‌ترتیب ۲۳، ۲۷ و ۲۳ درصد افزایش داد (جدول ۵). همچنین براساس جدول ٦، بیشترین عملکرد روغن (۱۰۱۵ کیلوگرم بر هکتار) از تیمار تلقیح با قارچ میکوریزا موسهآ و تلقیح با باکتری به‌دست آمد. کمترین عملکرد روغن (٦۱۵ کیلوگرم بر هکتار) نیز از تیمار بدون تلقیح با قارچ و باکتری حاصل شد. تلقیح با قارچ موسهآ و اینترارادیسز در مقایسه با عدم تلقیح میکوریزا عملکرد روغن را به‌ترتیب ۲۰ و ۱۲ درصد افزایش داد. به‌طورکلی، تنش خشکی باعث کاهش عملکرد روغن شد. کاهش عملکرد روغن به‌علت تأثیر تنش خشکی در کاهش ظرفیت دانه‌ها برای تجمع روغن و کاهش درصد روغن دانه و همچنین کاهش عملکرد دانه بود. بررسی (Soleimanzadeh, 2010) نشان داد که عملکرد روغن با افزایش تنش خشکی کاهش یافت ولی با کاربرد کودهای زیستی افزایش معنی‌دار نشان داد. Rostami Ajirloo *et al.* (2016) گزارش کردند که بیشترین عملکرد روغن (۱۱۱/۸ گرم بر مترمربع) در شرایط آبیاری نرمال به‌دست آمد. Khashaman *et al.* (2012) و Roustaie *et al.* (2012) نیز گزارش کردند که بیشترین و کمترین عملکرد روغن به‌ترتیب از تیمار آبیاری کامل و تنش خشکی شدید حاصل شد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این آزمایش مشخص شد که تلقیح با قارچ و باکتری و همچنین آبیاری به‌موقع شرایط را برای گیاه مساعدتر کرد لذا تلقیح با قارچ باعث تشکیل بیشتر غلاف، افزایش وزن دانه و درصد روغن شد. تلقیح با باکتری تعداد دانه در بوته و درصد پروتئین را افزایش داد. اگرچه تنش خشکی عملکرد دانه را کاهش داد اما تلقیح با باکتری باعث کاهش اثر تنش خشکی شد به‌طوری‌که عملکرد دانه در تنش ملایم و شدید افزایش یافت. تلقیح با قارچ نیز شرایط را برای رشد بهتر گیاه مناسب کرد که نتیجه آن افزایش عملکرد نسبت به عدم تلقیح شد. تلقیح توأم با قارچ و باکتری در مقایسه با عدم تلقیح نیز شرایط بهتری را برای رشد و نمو و درنتیجه افزایش بعضی صفات فراهم کرد که نتیجه آن افزایش عملکرد بود.

منابع

1. Abotalebian, M. A. & Khalili, M. (2014). Effect of arbuscular mycorrhiza and Bradyrhizobium japonicum on soybean yield and yield components under water stress. *Iranian Journal of Field Crop Science, 45*(2), 169-181. (In Persian)
2. Alizadeh, O. & Nadian, H. A. (2006). Evaluation effect of water stress and nitrogen rates on amount of absorption some macro and micro elements in corn plant mycorrhizae and non mycorrhizae. *Research Journal of Biological Sciences*, 5(5): 350- 355.
3. Aminifar, J., Biglouei, M. H., Mohsenabadi, Gh. R. & Samiezadeh, H. (2012). Effect of deficit irrigation on quantitative and qualitative yield of soybean cultivars in Rasht region. *Electronic Journal of Crop Production*, 5(2), 93-109. (In Persian)
4. Aminifar, J., Mohsenabadi, Gh. R., Biglouei, M. H. & Samiadeh, H. (2013). Effect of deficit irrigation on yield, yield components and water productivity of soybean T. 215 cultivar. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 3(11), 24-34. (In Persian)
5. Babazade, H., Sarai Tabrizi, M., Parsinejad, M. & Modares Sanavi, S. A. M. (2011). Evaluation of some qualitative and quantitative agronomic traits of soybean under water stress. *Journal of Water Research in Agriculture*, 24(2), 99-109. (In Persian)
6. Behtari, B., Dabbagh Mohammadinasab, A., Ghassemi Golezani, K., Zehtabe Salmasi, S. & Tourchi, M. (2008). Effects of water deficit stress on yield and yield components of two-soybean varieies (*Glycine max* L.). *Journal of Agricultural Science*, 18(3), 125-135. (In Persian)
7. Daneshian, J., Hadi, H. & Jonoubi, P. (2009). Study of quantitative and quality characteristics of soybean genotypes in deficit irrigation conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 11(4), 393-409. (In Persian)
8. Divsalar, M., Tahmasbi Sarvestani, Z., Modares Sanavi, S. A. M. & Hamidi, A. 2016. The evaluation of drought stress impact as irrigation withholding at reproductive stages on quantitative and qualitative performance of soybean cultivars. *Journal of Crops Improvement*, *18*(2), 481-493. (In Persian)
9. Dogan, E., Kirnak, H., & Copur, O. (2007). Deficit irrigation during soybean reproductive stages and CROPGRO-soybean simulations under semi-arid climatic conditions. *Field Crops Research*, 103, 154-159.
10. Eisazadeh Panjali Kharabasi, J., Galavi, M. & Ramroudi, M. (2015). Effect of methanol spraying on some quantitative and qualitative traits of soybean under drought condition. *Journal of Crops Improvement*, *17*(4), 1075-1085. (In Persian)
11. Esmaili Khanbebin, H., Nakhzari Moghaddam, A. & Dadashi, M. R. (2011). Effect of irrigation management and top dress nitrogen application on seed yield and reproductive characteristics of soybean. *Journal of Research in Crop Science*, *4*(14), 67-80. (In Persian)
12. Farnia, A. & Madani, H. (2010). Effect of drought stress and Bradyrhizobium japonicum bacteria straits on quantities and qualities characteristics in soybean (Clark cv.). *New Finding in Agriculture,4*(4), 391-404. (In Persian)
13. Fazlara, A. (2009). Chemical Control of Food Products. *Agricultural* Research, *Education and Extension Organization publication*, 260 p. (In Persian)
14. Galeshi, S., Torabi, B., Rasam, G. H. A., Rahemi Karizaki, A. & Barzger, A. B. (2009). *Stress and Stress Coping in Cultivated Plants* (Translated). Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Press. 308 p. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

15. Habibi, S., Meskarbashee, M. & Farzaneh, M. (2015). Effect of mycorrhizal fungus (*Glomus spp*) on wheat (*Triticum aestivum* L.) yield and yield components with regard to irrigation water quality. Iranian Journal of Field Crops Research, 13(3), 471-484. (In Persian)
16. Habibzadeh, Y., Jalilian, J., Zardashti, M. R., Pirzad, A. & Eini, O. (2015). Some morpho-physiological characteristics of mung bean mycorrhizal plants under different irrigation regimes in field condition. *Journal of Plant Nutrition*, 38(11), 1754-1767.
17. Hadi, H., Asgharzadeh, A., Daneshian, J. & Hamidi, A. (2010). Effect of soybean co-inoculation with bradyrhizobium japonicum and aztobacter chroococcum and the seeds produced under drought stress on nodule and plant characteristics. Iranian *Journal of Soil Research*, 24(2), 165-177. (In Persian)
18. 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 Sciences Research*, 4(5), 559-569.
19. Khashaman, M. B., Paknezhad, F., Ardakani, M. R., Moradi, F. & Korosh Lee, M. (2012). Effect of drought stress and methanol on oil percentage and yield, protein percentage and yield and grain yield of soybean (Williams). *Journal of Research in Crop Sciences*, 4(16), 1-11. (In Persian)
20. Kobraei, S., Etminan, A., Mohammadi, R. & Kobraee, S. (2011). Effects of drought stress on yield and yield components of soybean. *Annals of Biological Research*, 2(5), 504-509.
21. Kokubun, M., Shimada, S. & Takahashi, M. (2001). Flower abortion caused by preanthesis water deficit is not attributed to impairment of pollen in soybean. *Crop Science*, 41(5), 1517-1521.
22. 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, 1-7.
23. Le, D. T., Nishiyama, R., Watanabe, Y., Tanaka, M., Seki, M., Ham. L. H., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K. & Tran, L. S. P. (2012). Differential gene expression in soybean leaf tissues at late developmental stages under drought stress revealed by genome-wide transcriptome analysis. *Plos One*, 7(11), 1-10.
24. Mehraban, A., Azizian Sharmeh, O. & Kamali Daljoo, A. (2016). Effect of drought stress on yield and quality of eight cultivars of soybean (*Glycin max* L.) in Sistan region. *Journal of Iranian Plant Echophysiological Research*, 11(43), 90-99. (In Persian)
25. Mehraban, A., Noormohammadi, Gh., Vazan, S., Ardakani, M. R. & Heydari Sharifabad, H. (2012). Investigation of the roles microorganisms vesicular – arbuscular mycorrhiza (VAM) fungi on some characteristics of sorghum cultivars. Journal of Agronomy and Breeding, 8(2), 1-9. (In Persian)
26. Mojaddam, M. (2016). Effect of drought stress on physiological characteristics and seed yield of sunflower at different levels of nitrogen. *Electronic Journal of Crop Production*, 9(4), 121-136. (In Persian)
27. Molazadeh, M. (2012). *Comprehensive Reference of Crops*. (Vol. II.) Agricultural Extension Education Press. 249 p. (In Persian)
28. Naher, U. A., Othman, R. & Panhwar, Q. A. (2013). Beneficial effects of mycorrhizal association for crop production in the tropics (a review). *International Journal of Agriculture and Biology*, 15(5), 1021-1028.
29. 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)
30. Ortas, I., Sari, N., Akpinar, C. & Yetisir, H. (2011). Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions. *Scientia Horticulturae*, 128(2), 92-98.
31. Purdehgan, M., Modarres-Sanavy, S. A. M, Ghanaty, F. & Karami, S. (2015). The effect of hegxaconazol on quantitative and qualitative characteristics of two soybean cultivars under water deficit stress. *Journal of Crop Production and Processing*, 5(16), 109-121. (In Persian)
32. Rostami Ajirloo, A., Asgharipour, M. R., Ghanbari, A., Joudi, M. & Khorami Vafa, M. (2016). The reaction of yield, yield components, morphological and quality traits of soybean varieties to cutting irrigation in different growth stages. *Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology*, 3(1), 1-16. (In Persian)
33. Roustaie, Kh., Movahhedi Dehnavi, M., Khadem, S. A. & Owliaie, H. R. (2012). Effect of different super absorbent polymer and animal manure ratios on the quantitative and qualitative characteristics of soybean under

www.SID.ir

Archive of SID

drought stress. *Journal of Crops Improvement*, 14(1), 33-42. (In Persian)

34. Ruhul Amin, A. K. M., Jahan, S. R. A. & Hasanuzzaman, M. (2009). Yield components and yield of three soybean varieties under different irrigation management. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 4(1), 40-46.
35. Seyed Sharifi, R. & Namvar, A. (2015). *Biodiversity in Agriculture*. University of Mohaghegh Ardebil University Press. 282 P. (In Persian)
36. Shahkoh Mahali, A., Masoumi, A., Raeesi, S., Mostafavi, E. & Pashaei, Kh. (2016). Evaluation of water stress effect on plant yield and some traits in various cultivars soybean. *Iranian Journal of Oil seed plants* 5(1), 27-40. (In Persian)
37. Soleimanzadeh, H. (2010). Effect of VA-mycorrhiza on growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) at different phosphorus levels. *World Academy of Science, Engineering and Technogyl*, 4(11), 820-823.
38. Vejsadova, H., Siblikova, D., Hraselova, H. & Vancura, V. (1992). Effect of the VAM fungus Glomus sp. On the growth and yield of soybean inoculated with *Bradyrhizobium japonicum*. *Plant and Soil*, 140(1), 121-125.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

Crops Improvement
(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 21 ■ No. 1 ■ Spring 2019

Effect of Mycorrhizal Fungi and Rhizobium Bacterial on Qualitative and Quantitative Traits of Soybean in Response to Drought Stress

Naser Samsami[1], Ali Nakhzari Moghaddam[2*], Ali Rahemi Karizaki[2], esmaeil Gholinezhad[3]

1. Former M.Sc. Student, Department of Plant Production, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.
3. Associate Professor, Department of Agricultural Sciences, Payam Noor University, Tehran, Iran.

Received: November 11, 2018 Accepted: January 6, 2019

Abstract

In order to investigate the effect of drought stress and inoculation with mycorrhizal fungi and rhizobium bacteria on quality and quantity of soybean yield, an experiment has been conducted as a split-plot factorial in a RCBD with three replications at research farm of Agricultural Highschool of Urmia during 2017 cropping season. The main plot has been drought stress, including optimum irrigation, and moderate and severe drought stress, while the sub plots include mycorrhizal fungi in three levels (without mycorrhiza and inoculation with *Glomus mosseae* and *G. intraradices*) as well as *Rhizobium japonicum* in two levels (without inoculation and inoculation with *R. japonicum*). In response to moderate drought stress, protein percentage has increased, though raising the severity of drought stress reduces protein and oil percentage. Irrigation along with inoculation with mycorhizal fungi, especially *G. mosseae*, enhances the number of seeds per plant, protein percentage, and protein yield. Under three irrigation conditions, inoculation with bacteria, in comparison with non-inoculation, boosts seed, oil, and protein yield, with inoculation with bacteria and mycorhizal fungi increasing seed and oil yield. Study of correlation coefficient shows that there is a positive and significant correlation between seed yield with 1000-seed weight, number of seeds per plant, and oil and protein yield. According to the results of this research, using mycorrhiza *G. mosseae* and inoculation with *R. japonicum* can have a positive effect on the quantitative and qualitative traits of soybeans.

Keywords: Bio-fertilizers, inoculation, protein, seed yield, water deficit.

Corresponding author: a_nakhzari@yahoo.com

www.SID.ir