نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال سیزدهم، شماره ۵۲، زمستان ۱۳۹۷ / صفحات: ۱۵-۱

اثر کودهای زیستی بر اجزای عملکرد، عملکرد، پروتئین و روغن سویا (*Glycine max* Merrill.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

مجید قنبری[1*]، علی مختصی بیدگلی[1] و پرنیان طالبی سیه‌سران[2]

[1]گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

[2]گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۲۵

چکیده

هدف از این تحقیق، ارزیابی تأثیر کاربرد باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس ازتوباکتر کروکوکوم در ترکیب با باکتری حل‌کننده فسفات سودوموناس پوتیدا بر کاهش اثرات کمبود آب آبیاری در رقم زراعی سویا تحت شرایط مزرعه بود. آزمایش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۹۵-۱۳۹٤ در دانشگاه تربیت مدرس به اجرا درآمد. تیمارهای آبیاری شامل آبیاری مطلوب، تنش ملایم، تنش متوسط و تنش شدید، به‌ترتیب بر اساس ۱۵، ۳۰، ٤۵ و ٦۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس از زمان استقرار تا پایان دوره رشد و چهار نوع تلقیح بذر سویا با باکتری شامل (شاهد یا بدون مصرف باکتری، تلقیح با *Azotobacter chroococcum*، تلقیح با *Pseudomonas putida* و تلقیح با هر دو باکتری) در نظر گرفته شده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که اثر اصلی رژیم آبیاری بر کلیه صفات به جز وزن هزار دانه و اثر اصلی کود زیستی به جز وزن هزار دانه، نیتروژن و روغن دانه بر کلیه صفات معنی‌دار بود. بیشترین تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، محتوای نسبی آب، نیتروژن دانه، پروتئین دانه، عملکرد پروتئین، روغن دانه و عملکرد روغن دانه از تیمار کاربرد توأم *Azotobacter chroococcum* و *Pseudomonas putida* به دست آمد. بیشترین تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، محتوای نسبی آب، نیتروژن دانه، پروتئین دانه، عملکرد پروتئین، روغن دانه و عملکرد روغن دانه در تیمار شاهد مشاهده گردید. از نتایج آزمایش، می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد ازتوباکتر به تنهایی موجب افزایش ۱۷/۹ درصد عملکرد روغن دانه، کاربرد سودوموناس پوتیدا به تنهایی موجب افزایش ۳۲/٤ درصد عملکرد روغن دانه و کاربرد توأم هر دو باکتری موجب افزایش ۳۹/۸ درصد عملکرد روغن دانه شد. به‌طور کلی، با توجه به عدم معنی‌داری برهمکنش کود بیولوژیک در سطوح تنش آبی، می‌توان به این نتیجه رسید که چه در شرایط آبیاری مطلوب و چه در شرایط تنش خشکی، کاربرد کود بیولوژیک در بهبود عملکرد و اجزای عملکرد دانه، عملکرد پروتئین و روغن دانه سویا مؤثر است.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، رقم تلار، کم‌آبی، کود بیولوژیک، لوبیای روغنی.

*نویسنده مسئول: majid.ghanbari@modares.ac.ir

مقدمه

Yassari به نقل از Gholami و Kouchaki (۲۰۱۱) گزارش داد که دانه‌های روغنی بعد از غلات دومین منبع مهم تأمین انرژی مورد نیاز جوامع انسانی به شمار رفته و کنجاله حاصل از فرآیند صنعتی تولید روغن نیز به لحاظ سرشار بودن از پروتئین یکی از اقلام مهم تغذیه دام، طیور و آبزیان محسوب می‌گردد (Yassari et al., 2014). همچنین، ایشان به نقل از Soleymani و همکاران (۲۰۱۱) بیان نمودند که گیاه زراعی سویا (Glycine max) گیاهی است دو لپه، یکساله، از خانواده پروانه آسانان و یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی می‌باشد که موارد استفاده زیادی در کشاورزی و صنعت دارد (Yassari et al., 2014).

سطح زیر کشت سویا در دنیا ۳۳۷۰۸۵٤۷ هکتار و میزان تولید آن ٦۸۸۵٥٤٤٦ تن و عملکرد آن ۲/۰٤۲۷ تن در هکتار سطح است. سطح زیر کشت سویا در ایران ۷٥٤۳۱ هکتار، میزان تولید آن ۱۳۸٤۸۹ تن و عملکرد آن ۱/۸٦٦۰ تن در هکتار است (FAO, 2016). قطب تولید دانه‌های روغنی ایران استان‌های مازندران و گلستان است (Ministry of Agriculture, 2016). به‌طور کلی تنش خشکی بدون حضور سایر تنش‌ها حدود ٤۰ تا ٤٥ درصد از عملکرد محصولات زراعی را کاهش می‌دهد (Heba and Samia, 2014).

کودهای زیستی علاوه بر افزایش فراهمی عناصر معدنی خاک با تثبیت زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم و مهار عوامل بیماری زا، با تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه، عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Mansour Ghanaei Pashaki et al., 2017). استفاده از میکروارگانیسم‌های ریزوسفری به‌منظور افزایش محصول، بالا بردن کیفیت تولیدات کشاورزی و کنترل بیماری‌های گیاهی نظر محققین را به خود جلب کرده است (Sturz and Christie, 2003;). یکی از میکروارگانیسم‌های مهم *Azotobacter* بوده که *chroococcum* یکی از گونه‌های مهم آن است و معمولاً در خاک‌های زراعی یافت می‌شود. این باکتری از لحاظ فیزیولوژیک، هوازی بوده و بهترین دمای نگهداری آن ۲٥ درجه سلیسیوس است. این ریزجاندار نیتروژن اتمسفری را پس از مصرف کربوهیدرات (مانند: دکستروز، مالتوز، لاکتات و ...) تولید کرده که محصول فرعی آن دی‌اکسید کربن است (Viscardi et al., 2016). محققین گزارش کردند که تلقیح بذر با *Azotobacter chroococcum* توانایی دفاعی گیاه چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) به تنش اکسیداتیو را در برگ‌های آن بهبود بخشیده و این بهبود به‌دلیل تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از جمله؛ سوپر اکسید دیسموتاز، پراکسیداز، کاتالاز و محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها است (Jnawali et al., 2015). نتایج آزمایش‌های دیگر نشان داد که تلقیح بذور کلزا (*Brassica napus* L.) با باکتری *Azotobacter* به‌طور معنی‌داری طول گیاه، قطر ساقه، تعداد شاخه‌ها، وزن هزار دانه، میزان محصول و روغن را در مقایسه با گروه شاهد افزایش داد (Jnawali et al., 2015).

از دیگر میکروارگانیسم‌های مهم، باکتری *Pseudomonas putida* است که توانایی محلول‌سازی فسفر غیر قابل دسترس را با ترشح اسیدهای آلی از جمله اسیدهای ارگانیک و فسفاتازها به‌صورت قابل حل دارد (Shakori and Sharifi., 2016). تنش خشکی با کاهش سرعت رشد گیاه سویا در مراحل مختلف و به‌ویژه هنگام تشکیل بذرها منجر به کاهش بیشتر عملکرد دانه می‌شود (Qados, 2014). در آزمایشی گزارش شد تلقیح گیاه سویا با ریزوباکتری هایی مثل برادی‌ریزوبیوم نسبت به گیاهان تلقیح نشده باعث افزایش میانگین پروتئین دانه تا ۲۸ درصد شد (Egamberdiyeva et al., 2004). گزارش شده است که افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی در طی فصل رشد گیاهان سبب کاهش درصد روغن در آنها می‌گردد

(Miralles et al., 1997). پژوهش دیگری نشان داد که با افزایش مقدار آب در دسترس گیاهان، میزان روغن افزایش یافت (Mailer and Pratley,1990). کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی می‌تواند به علت اختلال در فرآیندهای متابولیک بذر و خسارت به انتقال آسیمیلات‌ها به دانه باشد (Bouchereau et al., 1996). در واقع تنش رطوبتی به‌ویژه در هنگام رسیدگی، درصد روغن را کاهش داده ولی درصد پروتئین را افزایش می‌دهد که این حالت به دلیل تسریع در رسیدگی گیاه بوده که فرصت کافی برای سنتز روغن از پروتئین‌های ذخیره شده در دانه نداشته و بنابراین درصد روغن کاهش خواهد یافت (Aliyari et al., 2000). کاهش در عملکرد روغن را می‌توان ناشی از کمبود رطوبت خاک، کاهش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی، کاهش تخصیص مواد به بخش‌های مختلف گیاه و در نتیجه نرسیدن عملکرد گیاه به پتانسیل ژنتیکی خود دانست (Fang et al., 2009). در یک پژوهش افزایش درصد پروتئین دانه گندم، در اثر تلقیح با ازتوباکترگزارش شده است (Zamber et al., 1984). همچنین در تحقیق دیگری تلقیح سورگوم با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم، میزان پروتئین دانه را افزایش داده است (Subba Rao and Dommergues., 1998). پژوهشگران به منظور ارزیابی تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه برخصوصیات اکوفیزیولوژیک دو رقم گندم تحت شرایط دیم دریافتند که رقم زاگرس نسبت به رقم آتیلا واکنش بهتری به تلقیح باکتریایی نشان داد و برای منطقه دیم گرمی کشت رقم زاگرس همراه با تلقیح با باکتری سودوموناس سویه R112 برای حصول حداکثر عملکرد دانه ۳۱۳۰ کیلوگرم در هکتار قابل توصیه است (Ansari et al., 2017). محققین به منظور بررسی تاثیر سطوح مختلف نیتروژن و مصرف باکتری بر عملکرد ژنوتیپ‌های سویا گزارش دادند که مصرف باکتری تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و تعداد گره در بوته نداشت که این نتیجه نشان دهنده عدم فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در شرایط اقلیمی شمال خوزستان می باشد (Kalantar Ahmadi et al., 2014). با توجه به این‌که بیشتر اراضی کشور تحت تأثیر تنش خشکی هستند و سویا گیاهی حساس به تنش خشکی است، هم‌چنین، به‌دلیل استفاده از کود زیستی به‌عنوان نوعی راهکار مقاومت به تنش خشکی و تأثیر آن بر رشد و نمو سویا از طریق افزایش میزان جذب فسفر در گیاه، در همین راستا برای بررسی تأثیر ازتوباکتر در ترکیب با باکتری حل‌کننده فسفات بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا، پژوهش فوق در شرایط مزرعه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات رژیم‌های مختلف آبیاری و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (*Azotobacter chroococcum*) و حل‌کننده فسفات (*Pseudomonas putida*) بر عملکرد دانه، پروتئین و روغن گیاه سویا رقم تلار (*Glycine max* Merrill)، به‌دلیل مقاومت این رقم به خوابیدگی، ریزش، پوسیدگی زغالی و سفیدک سطحی، پژوهشی به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌دلیل استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای-نواری (T-tape)، با سه تکرار در سال ۱۳۹٤ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس با موقعیت طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ٤۳ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۸ دقیقه شرقی و ۱۲۱۵ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح آبیاری ۱۵ (شاهد)، ۳۰ (تنش ملایم)، ٤۵ (تنش متوسط) و ٦۰ (تنش شدید) درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک و چهار سطح تلقیح بذر با باکتری شامل شاهد یا بدون مصرف باکتری، تلقیح با *Azotobacter chroococcum*، تلقیح با *Pseudomonas putida* و تلقیح با هر دو باکتری

بودنـد. برای تیمـار ازتوباکتر میزان ۲ لیتر در هکتار از مـایـه تلقیح که هر گرم آن دارای^{۹}۱۰ × ۵ (ازتوباکتر)، برای تیمـار ازتوبـاکتر میزان ۲ لیتر در هکتـار از مـایه تلقیح که هر گرم آن دارای^{٦}۱۰× ۸ (سـودوموناس) و برای تیمـار تلقیح دو باکتری میزان ۲ لیتر در هکتار از مایه تلقیح که هر گرم آن دارای^{۹}۱۰ × ۵ (ازتوباکتر) و ^{٦}۱۰× ۸ (سـودوموناس) باکتری زنده و فعال بود مورد استـفاده قرار گرفت. سطوح تنش خشکی اعمال شده، مابین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم خاک منطقه تحـت آزمـایش جهت تعیین واکنش گیاه به سـطوح متفاوت آب خاک تعیین گردید (Mokhtassi-Bidgoli et al., 2013).

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی تجزیه خاک مزرعه قبل از اجرای آزمایش

بافت خاک	ظرفیت زراعی	نقطه پژمردگی دائم	گوگرد	پتاسیم	فسفر	نیتروژن کل	کربن ارگانیک	مواد آلی	اسیدیته	هدایت الکتریکی	عمق نمونه‌برداری
-	% by volume	% by volume	mg.kg^{-1}	mg.kg^{-1}	mg.kg^{-1}	%	%	%	-	ds.m^{-1}	cm
شنی لومی	۱۹/۸۷	۸/۱۱	۵۰/۵	۳٤۵	۱۰	۰/۲	۱/۰٤	۱/۸	۷/۷	۱/۱۰	۰-۳۰

خصـوصیات فیزیکی و شیمایی خاک منطقه مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شـده است. ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم با اسـتفاده از دسـتگاه صـفحات فشـاری در فشـار ۰/۱ اتمسفر اندازه‌گیری شد. مقادیر کودهای شـیمیایی مورد نیاز بر اسـاس نتایج آزمون خاک مشـخص و عناصر نیتروژن از منبع اوره و فسفر از منبع سـوپر فسـفات تریپل قبل از کاشـت به خاک اضـافه شـد. طول هر کرت آزمایشی ٦ متر و عرض ۳ متر بود. فاصـله هر خط کاشـت ۵۰ سـانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌ها و بین تکرارها به ترتیب سـه متر و ۳/۵ متر در نظر گرفته شد. جهت جلوگیری از نشـت آب به سـایر کرت‌ها از آبیاری به‌صـورت قطره‌ای- نواری (T-tape) اسـتفاده گردید. تیپ‌های آبیاری روی ردیف‌های کاشـت قرار گرفت و فقط به انـدازه نیاز گیاه بر اسـاس تیمارهای آبیاری آب وارد مزرعه شـد. زمان‌بندی آبیاری بر اسـاس درصد تخلیه رطوبـت خـاک در ظرفیت زراعی در منطقه ریشـه و عمق مدیریت آبیاری برای سـویا حدود ۳۰ سـانتی‌متر در نظر گرفته شد که با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه گردید. همچنین، جهت کشـت، تراکم ۲۵ بوته در متر مربع درنظر گرفته شـد. مقدار آب خاک ابتدا به روش وزنی و سـپس با اسـتفاده از دسـتگاه TDR[1] مدل (Trime- IMKO- Gmbh, D-76275, Germany) (FM) در عمق ذکر شـده تعیین گردیـد. برای تعیین رابطه بین مقدار عددی ارائه شـده توسـط TDR و درصد حجمی رطوبت خاک اندازه‌گیری شده به روش وزنی از منحنی کالیبراسـیون استفاده شد. برای استفاده از TDR، در مرکز هر واحـد آزمـایشـی یـک لولـه دسـترسـی[2] از جنس PVC تعبیه شـد. همچنین، برای تعیین مقـدار آب آبیـاری از لولـه‌هـای مجهز به کنتور اسـتفاده گردید. با اسـتفاده از داده‌های به دست آمده و رابطه ۱ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک در منطقه مؤثر ریشه ارزیابی شد:

رابطه ۱

1. Time-Domain Reflectometry

2. Access tube

(FC-PWP)/ (FC-θ)= حداکثر تخلیه مجاز (MAD[1])

در این فرمول FC و PWP به‌ترتیب رطوبت خاک در محدوده ظرفیت زراعی[2] و نقطه پژمردگی دائم[3] (جدول ۱) و θ درصد حجمی رطوبت خاک قبل از آبیاری می‌باشد (Mokhtassi-Bidgoli et al., 2013). حداکثر تخلیه مجاز، بیشترین مقدار آبی است که در صورت خروج از خاک، میزان رطوبت حجمی آب خاک از نقطه پژمردگی دائم عبور کرده و گیاه از بین می‌رود. θ بر اساس تیمارهای آبیاری تنظیم شده و مقدار آب مورد نیاز برای آبیاری از رابطه ۲ محاسبه گردید:

رابطه ۲

$$V_d = MAD \times ASW \times R_z \times 10$$

در این فرمول V_d حجم آب آبیاری (میلی‌متر)، ASW[4]آب قابل دسترس خاک برابر با ۱۱۷/۶ میلی‌متر در هر متر عمق خاک و R_z عمق مؤثر ریشه برابر با ۰/۳ متر می‌باشند. آب قابل دسترس خاک عبارت از مقدار آب موجود در ناحیه ریشه بین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم است (Mokhtassi-Bidgoli et al., 2013). مقدار آب استفاده شده برای آبیاری همه تیمارها در مرحله رشد رویشی پس از استقرار گیاه یکسان و بعد از دوره زایشی (۵۰ درصد گلدهی) متفاوت بود. ریز جانداران تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن و حل‌کننده فسفر در این آزمایش *Azotobacter chrococcum* و *Pseudomonas putida* بودند که از مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه گردیدند. بذر رقم تلار سویا پس از تهیه از مؤسسه اصلاح نهال و بذر کرج بلافاصله قبل از کاشت با باکتری‌های مورد نظر بر حسب نوع تیمار تلقیح گردید. در پایان رسیدگی فیزیولوژیکی (۵۰ درصد قهوه‌ای شدن غلاف‌ها) عملیات برداشت صورت گرفت و بر حسب رطوبت ۱۴ درصد، عملکرد و اجزای عملکرد اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت، جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی با استفاده از کوآدرات از هر کرت انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شدند. در هر بوته (ساقه اصلی + شاخه) تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف اندازه‌گیری گردید. عملکرد نهایی بر مبنای تراکم موجود تعیین گردید. به‌منظور تخمین وزن هزار دانه، یک نمونه هزارتایی به‌طور تصادفی از برداشت نهایی هر کرت، به کمک دستگاه شمارش بذر جدا گردید، که پس از توزین، بر مبنای ۱۳ درصد رطوبت محاسبه شد. برای خشک کردن بذور از آون تهویه‌دار با دمای ۷۲ درجه سلیسیوس به مدت ۴۸ ساعت استفاده گردید. توزین نمونه‌ها با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱گرم انجام شد. جهت اندازه‌گیری محتوای آب نسبی برگ از رابطه ۳ استفاده شد (Kumar and Singh, 1998).

رابطه ۳

$$RWC= (Ww-Wd)/(Ws-Wd)$$

که در این رابطه Ww وزن تر برگ، Wd وزن خشک برگ و Ws وزن اشباع برگ است. درصد پروتئین و روغن دانه با استفاده از دستگاه اینفراماتیک (بر اساس طیف‌سنجی مادون قرمز) مدل ۸۶۲۰ ساخت سوئد اندازه‌گیری شد. درصد نیتروژن دانه بر اساس روش برادفورد اندازه‌گیری شد (Bradford, 1976). عملکرد پروتئین از حاصلضرب درصد پروتئین دانه و عملکرد دانه، و عملکرد روغن دانه از حاصلضرب درصد روغن دانه و عملکرد دانه به‌دست آمد. پس از یادداشت‌برداری، داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ (SAS, 2012) تجزیه شد. مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف

1. Maximum allowable depletion
2. Field capacity (FC)
3. Permanent wilting point (PWP)
4. Available Soil Water

معنی‌دار معمولی و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج

تعداد غلاف در بوته: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تعداد غلاف در بوته تحت‌تأثیر معنی‌دار رژیم آبیاری در سطح احتمال یک درصد و کود زیستی در سطح احتمال پنج درصد قرار داشت (جدول ۲). بین رژیم‌های مختلف آبیاری بیشترین تعداد غلاف در بوته در شاهد (۱۰۸/۸۸) مشاهده گردید و کمترین تعداد غلاف در بوته در تنش شدید (٦٨/٨٨) دیده شد که ٣٦/٧٣ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت و با تنش‌های ملایم و متوسط تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). همچنین، از نظر کود زیستی، بیشترین تعداد غلاف در بوته در کاربرد توأم *Pseudomonas putida* و *Azotobacter chrococcum* (۹۰/۵۹) مشاهده شد که ۲۰/۷۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و با کاربرد *Pseudomonas putida* تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین، کمترین تعداد غلاف در بوته در شاهد (۷۵/۰۲) وجود داشت (جدول ۳).

تعداد دانه در غلاف: جدول ۱ نشان داد که تعداد دانه در غلاف از نظر رژیم آبیاری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بین رژیم‌های مختلف آبیاری بیشترین تعداد دانه در غلاف در شاهد (۲/۳۹) مشاهده گردید که با تنش ملایم تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین تعداد دانه در غلاف در تنش شدید (۲/۰٦) بود که ۱۳/۰۸ درصد کاهش نسبت به شاهد دیده شد (جدول ۳).

وزن هزار دانه: اثر رژیم آبیاری و کود زیستی بر وزن هزار دانه غیر معنی‌دار بود (جدول ۲). عملکرد دانه تحت‌تأثیر رژیم آبیاری و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). نتایج نشان داد که بین رژیم‌های مختلف آبیاری بیشترین عملکرد دانه مربوط به شاهد (٢١/٦٥ کیلوگرم در هکتار) بود که با تنش ملایم تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین، کمترین مقدار عملکرد دانه به تنش شدید (١٤/٧٧ کیلوگرم در هکتار) تعلق داشت که ۳۱/۷۷ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین مقدار عملکرد دانه از نظر کود زیستی به کاربرد توأم *Pseudomonas putida* و *Azotobacter chrococcum* (۲۳/۱۷ کیلوگرم در هکتار) تعلق داشت که ٤٢/٢٥ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و کمترین مقدار آن در شاهد (۱۳/۳۸ کیلوگرم در هکتار) مشاهده گردید (جدول ۳).

محتوای آب نسبی: محتوای آب نسبی برگ سویا از نظر رژیم آبیاری و کود بیولوژیک در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). جدول ۳ نشان داد که بیشترین مقدار محتوای آب نسبی از نظر رژیم آبیاری مربوط به تیمار شاهد (۰/۷۸ درصد) و کمترین مقدار آن به تیمار تنش شدید (۰/۵۹ درصد) تعلق داشت که ٢٤/٣٥ درصد نسبت تیمار شاهد کاهش داشت (جدول ۳). هم‌چنین، بیشترین مقدار محتوای آب نسبی از نظر کود بیولوژیک به تیمار کاربرد توأم سودوموناس پوتیدا و ازتوباکتر (۰/۷۳ درصد) تعلق داشت و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (۰/٦١ درصد) مشاهده گردید که ١٩/٦٧ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (جدول ۳).

جدول ۲: تجزیه واریانس اثرات کود بیولوژیک بر عملکرد کمی، پروتئین و روغن سویا (*Glycine max* Merrill) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	محتوای آب نسبی	نیتروژن دانه	پروتئین دانه	عملکرد پروتئین دانه	روغن دانه	عملکرد روغن دانه
بلوک	۲	۳۳۰/٤٦^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۵/۱٤^{ns}	۱۷۱۱/۲۹^{ns}	۰/۰۰۱۲^{ns}	۰/۹۸^{ns}	٤/۵۵^{ns}	۳۱۸۱٦۷۰/۷*	۰/۷۷^{ns}	۳۲۰۷۰۳/۳۵^{ns}
رژیم آبیاری	۳	۳٦۹۷/۲۲**	۰/۲۵*	۳/۰٤^{ns}	۱۰٦۲٤/٦۰**	۰/۰۸٤**	٤/۱٤**	۳۳۷/۱۵**	۵۵۱۸۷۰٤۰/۲**	۱/۷٦*	۱۳۲۲۵۳۰/٦۵**
کود بیولوژیک	۳	۵۳۸/۰۲*	۰/۱۹^{ns}	۵/۷۱^{ns}	۲۱۸۱۲/۰۲**	۰/۰۳۰**	۱/٤٦^{ns}	٦٤/۷۲**	۵۱۲۳٦٦۹۸/٤**	۰/٦٦^{ns}	۳۳۹۱۱۹۱/۸۱**
رژیم آبیاری × کود بیولوژیک	۹	۱۳/۵٦^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۲٦^{ns}	۸۸/۱۵^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۳۲^{ns}	۰/۸۰^{ns}	۷٤٤۸۲٤/۰^{ns}	۰/۰٤^{ns}	۱٦۱۲۸/۰۵^{ns}
خطای آزمایش	۳۰	۱٤۲/۵٤	۰/۰۷	٤/٦۵	٦۳۱/۳۵	۰/۰۰۰۵	۰/۹۸	۱/۵۸	۸٦۱۳۵۲/٦	۲/۰۷	۱۱۹۱۳۱/۳۷
ضریب‌تغییرات(درصد)	-	۱٤/۳۲	۱۲/۳۱	۱۰/۹۳	۱۳/٦٤	۳/۵۲	۱۱/۱٦	۳/۲٦	۱۲/۷۵	۵/۷۰	۱٤/۰۹

* و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال آماری پنج و یک درصد احتمال و ns غیر معنی‌دار.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات اصلی رژیم آبیاری و کود بیولوژیک بر صفات مورد بررسی در گیاه سویا (*Glycine max* Merrill)

	تیمار	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	محتوای آب نسبی (درصد)	نیتروژن دانه (درصد)	پروتئین دانه (درصد)	عملکرد پروتئین دانه (گرم بر متر مربع)	روغن دانه (درصد)	عملکرد روغن دانه (گرم بر متر مربع)
رژیم آبیاری	شاهد	۱۰۸/۸۸^{a}	۲/۳۹^{a}	۲۱/۶۵^{a}	۰/۷۸^{a}	۹/۵۶^{a}	٤٥/۲٤^{a}	۹۹۰٦/۱^{a}	۱۳/۸۳^{a}	۲۵۱۱/۵^{a}
	تنش ملایم	۷۸/۸۲^{b}	۲/۳٤^{a}	۱۹/۷۷^{a}	۰/٦۹^{b}	۹/۱۲^{a}	۳۹/۷۷^{b}	۷۹۳٤/۱^{b}	۱۳/۵٤^{ab}	۲۵۹۰/۳^{ab}
	تنش متوسط	۷٦/۸۲^{b}	۲/۲۲^{ab}	۱۷/٤۳^{ab}	۰/٦٤^{c}	۸/۷٤^{ab}	۳٦/۱۰^{c}	٦۳٦٤/۷^{c}	۱۳/۱۲^{b}	۲۳۵٤/٤^{b}
	تنش شدید	٦۸/۸۸^{b}	۲/۰٦^{b}	۱٤/۷۷^{c}	۰/۵۹^{d}	۸/۱۷^{b}	۳۲/۸۸^{d}	٤۹۰٦/۲^{d}	۱۳/۰۰^{b}	۲۰۳٦/۷۱^{c}
کود بیولوژیک	شاهد	۷۵/۰۲^{b}	۲/۱۳^{a}	۱۳/۳۸^{d}	۰/٦۱^{d}	۸/٤٤^{a}	۳۵/۵۱^{d}	٤۸۳٦/٤^{d}	۱۳/۷۰^{a}	۱۸۲٦/۳^{d}
	Azotobacter	۸۱/٤۳^{ab}	۲/۲۱^{a}	۱٦/۷۳^{c}	۰/٦٦^{c}	۸/۸٤^{a}	۳۸/۱٦^{c}	٦۵۲٦/۸^{c}	۱۳/۳۳^{a}	۲۲۲۵/۱^{c}
	Pseudomonas putida	۸٦/۳٦^{a}	۲/۲٤^{a}	۲۰/۳٤^{b}	۰/۷۱^{b}	۹/۰۳^{a}	۳۹/۲۵^{b}	۸۱۰۳/۱^{b}	۱۳/۳٤^{a}	۲۷۰۵/۵^{b}
	Azotobacter+Pseudomonas putida	۹۰/۵۹^{a}	۲/٤۳^{a}	۲۳/۱۷^{a}	۰/۷۳^{a}	۹/۲۷^{a}	٤۱/۰٦^{a}	۹٦٤٤/۹^{a}	۱۳/۱۳^{a}	۳۰۳۵/٦^{a}
	LSD	۹/۹۵	۰/۲۳	۲۰/۹۵	۹/۹۵	۰/۲۳	۲۰/۹۵	۰/۰۲	۰/۸۲	۱/۰٤

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری پنج درصد آزمون با هم ندارند.

نیتروژن و پروتئین دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که نیتروژن و پروتئین دانه از نظر رژیم آبیاری در سطح احتمال آماری یک درصد و پروتئین دانه از نظر کود بیولوژیک در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها از نظر رژیم آبیاری نشان داد که بیشترین نیتروژن و پروتئین دانه در تیمار شاهد به‌ترتیب (۹/۵٦ درصد و ٤٥/۲٤ درصد) مشاهده شد که از نظر نیتروژن دانه با تیمار تنش ملایم تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین میزان آن در تیمار تنش شدید به ترتیب (۸/۱۷ درصد و ۳۲/۸۸ درصد) دیده شد که به‌ترتیب ۱٤/٥٤ و ۲۷/۳۲ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد (جدول ۳). همچنین، از نظر کود بیولوژیک، بیشترین پروتئین دانه در تیمار کاربرد توأم سودوموناس پوتیدا و ازتوباکتر (٤۱/۰٦ درصد) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (۳٥/٥۱ درصد) مشاهده گردید که ۱۳/٥۱ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (جدول ۳).

عملکرد پروتئین دانه: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عملکرد پروتئین دانه از نظر رژیم آبیاری و کود بیولوژیک در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین عملکرد پروتئین دانه از نظر رژیم آبیاری بیان‌گر این مطلب بود که بیشترین عملکرد پروتئین دانه در تیمار شاهد (۹۹۰٦/۱ گرم بر متر مربع) و کمترین مقدار آن در تیمار تنش شدید (٤۹۰٦/۲ گرم بر متر مربع) مشاهده شد که ٥۰/٤۷ درصد کاهش از خود نشان داد (جدول ۳). از نظر کاربرد کود بیولوژیک بیشترین عملکرد پروتئین دانه در تیمار کاربرد توأم سودوموناس پوتیدا و ازتوباکتر (۹٦٤٤/۹ گرم بر متر مربع) وجود داشته و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (٤۸۳٦/٤ گرم بر متر مربع) مشاهده گردید که نسبت به تیمار شاهد ۹۹/٤۲ درصد افزایش از خود نشان داد.

درصد و عملکرد روغن دانه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که درصد و عملکرد روغن از نظر رژیم آبیاری به‌ترتیب در سطح احتمال آماری پنج و یک درصد و عملکرد روغن دانه از نظر کود بیولوژیک در سطح احتمال آماری یک درصد ($P<0/01$) معنی‌دار است (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین رژیم آبیاری (جدول ۳) نشان داد که بیشترین درصد و عملکرد روغن دانه در تیمار شاهد به‌ترتیب (۱۸/۸۳ درصد و ۲۸۱۱/٥ گرم بر متر مربع) و کم‌ترین درصد روغن دانه در تیمار تنش شدید (۱۳/۰۰ درصد) مشاهده شد که با تیمار تنش متوسط تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین، کم‌ترین مقدار عملکرد روغن دانه در تیمار تنش شدید (۲۰۳٦/۷۱ گرم بر متر مربع) دیده شد (جدول ۳). از نظر کود بیولوژیک (جدول ۳)، بیشترین عملکرد روغن دانه در تیمار کاربرد توأم سودوموناس پوتیدا و ازتوباکتر (۳۰۳٥/٦ گرم بر متر مربع) وجود داشت. همچنین، کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (۱۸۲٦/۳ گرم بر متر مربع) مشاهده گردید.

بحث

پژوهشگران گزارش نمودند که ریزش غلاف از واکنش‌های مشخص سویا به تنش رطوبتی در طی دورهٔ زایشی است و با تأخیر در یک‌بار آبیاری گیاهان سویا از مرحل رشدی R1 تا R4، تعداد غلاف در بوته به‌طور خطی کاهش می‌یابد (Alizadeh, 2011). همچنین هرگونه کاهش در فراهمی نیتروژن و فسفر در طی دورهٔ رشد گیاه، موجب کاهش شاخص سطح برگ و دوام برگ‌ها شده، فعالیت فتوسنتزی کانوپی را کاهش داده که نتیجهٔ این شرایط، کاهش در تولید غلاف است (Pedersen and Lauer, 2004). محققان دریافتند که گیاهان تلقیح شده با *Pseudomonas putida* و *Azotobacter chrococcum* به‌دلیل نگهداری آب بیشتر در اندام هوایی خود دارای پتانسیل آب برگ

بالاتر و دمای کانوپی پایین‌تری در مقایسه با گیاهان بدون تلقیح تحت شرایط تنش رطوبتی بودند (Zahir et al., 2004). به‌علاوه تحقیقات نشان داده که گیاهان تیمار شده با *Azotobacter chrococcum* دارای فعالیت بیشتر آنزیم‌های آنتی اکسیدانی بوده و بنابراین کمتر از شرایط تنش رطوبتی خسارت می‌بینند (Fazeli et al., 2015). محققین گزارش نمودند که تنش رطوبتی در دورهٔ زایشی سویا، تعداد دانه در غلاف را کاهش داده و به‌نظر می‌رسد که کاهش تعداد دانه در غلاف در مرحله دانه‌بندی، به‌دلیل افزایش سقط تخمک در درون غلاف باشد (Alizadeh, 2011). این نتایج با یافته‌های سایر محققین مطابقت دارد (Maleki et al., 2012; Akbari-Noudehi, 2012). همچنین آزمایش‌ها نشان داد که کاربرد توأم *Pseudomonas putida* و *Azotobacter chrococcum* به‌دلیل تأمین بهتر و کامل‌تر عناصر غذایی و ایجاد تعادل در جذب نیتروژن و فسفر، تعداد دانه پر شده بیشتری را تولید کرد (Demir et al., 2006). محققین گزارش نمودند که تنش رطوبتی در دورهٔ زایشی سویا، وزن هزار دانه را کاهش داده و به‌نظر می‌رسد که دلیل اصلی این کاهش در وزن هزار دانه به رسیدگی زودتر گیاه (Brevedan and Egli, 2003) و کاهش طول دورهٔ پر شدن دانه مرتبط می باشد (Alizadeh, 2011). اما برخی از محققین اظهار داشتند که در شرایط تنش خشکی و با استفاده از *Pseudomonas putida* و *Azotobacter chrococcum*، غلظت نشاسته برگ از ۱۶ درصد به ۸ درصد در دورهٔ پر شدن دانه کاهش می یابد. این امر نشان دهند، آن است که ذخایر نشاسته جهت حمایت از پر شدن دانه، انتقال مجدد یافته و موجب افزایش وزن هزار دانه می‌گردد (Malek et al., 2014; Biswas et al., 2000). پژوهشگران دریافتند که تیمار تنش شدید باعث کاهش در تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه درغلاف شد، با این حال شرایط برای انتقال مجدد بیشتر فراهم گردیده و گیاه با افزایش وزن دانه هر چند به‌صورت غیر معنی‌دار، تعداد دانه و غلاف کمتر را تا حدودی جبران نموده است. این مکانیسم جبرانی در اجزاء عملکرد سویا در نتایج دیگر تحقیقات نیز مشاهده شده است (Rostamzadeh-Kaleibar et al., 2011; Maleki *et al.*, 2012; Akbari-Noudehi, 2012).

کاهش در عملکرد سویا در اثر کاهش در تعداد غلاف در واحد سطح تحت شرایط کم آبیاری در پژوهش‌های متعددی گزارش شده است (Rostamzadeh-Kaleibar et al., 2011; Maleki et al., 2012; Akbari-Noudehi, 2012). پژوهشگران، کاهش در تولید کربوهیدرات جهت پر شدن دانه در اثر کم آبیاری و همچنین تضعیف سیستم آوندی نزدیک گل آذین، از جمله مهم‌ترین دلایل فیزیولوژیک برای کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش رطوبتی عنوان کرده‌اند (Malek et al., 2014). استفاده از کود زیستی در شرایط تنش رطوبتی از طریق افزایش جذب عناصر غذایی موجب افزایش عملکرد دانه می‌گردد (Biswas et al., 2000). استفاده از باکتری‌های *Pseudomonas putida* و *Azotobacter chrococcum* تحت شرایط تنش رطوبتی از طریق افزایش مقدار پرولین برگ و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی (Vessey, 2003) مقاومت گیاه به شرایط کم آبیاری افزایش یافته و کاهش عملکرد دانه کمتر تحت شرایط تنش قرار می‌گیرد. گزارش‌های متعددی بر کاهش محتوی آب نسبی برگ سویا و سایر گیاهان زراعی در شرایط کمبود آب وجود دارد (Verslues et al., 2006). کاهش در محتوی نسبی آب برگ از طریق کمبود رطوبت خاک تحریک می‌شود به این دلیل که در مراحل اولیه کمبود آب فرآیندهای مصرف کننده آب مانند فتوسنتز و تنفس ادامه می‌یابند در حالی که جذب آب به اندازه کافی نیست همچنین در

ادامه، از دست دادن آب از طریق تبخیر کوتیکولی نیز باعث کاهش بیشتر RWC می‌گردد (Lobato et al., 2008). پژوهشگران طی آزمایشی روی نقش کود زیستی بر عملکرد و صفات موفولوژیک نشان دادند که کود زیستی تأثیر معنی‌داری روی وزن خشک ساقه‌ها، نسبت ریشه به ساقه و محتوای آب نسبی داشته و موجب افزایش آن‌ها گردید (Kader et al., 2002). علت این امر می‌تواند به این دلیل باشد که کودهای بیولبوژیک از طریق فرآهم کردن فسفر و نیتروژن سبب بهبود رشد رویشی و توسعه برگ‌ها شده و به دنبال آن محتوای آب نسبی برگ نیز افزایش می‌یابد (Mishra et al., 2010). در تیمار شاهد به دلیل عدم کاربرد هیچ گونه مواد غذایی و به‌دلیل ریزش برگ‌ها و عدم آماده‌سازی از طرف گیاه و ورود سریع گیاه در این تیمار به فاز زایشی سطح برگ بسیار کمی تشکیل شده و محتوای آب نسبی برگ کاهش می‌یابد (Madani, 2006).

پژوهش‌ها نشان داد میزان نیتروژن و پروتئین دانه سویا با ذخیره مطلوب رطوبتی خاک در ارتباط است (Madjar, 1984; Foroud et al., 1993b). محققین در کشت تابستانه سویا پروتئین دانه بیشتری را با آبیاری کامل در مقایسه با شرایط کم آبیاری گزارش نمودند (Restuccia et al., 1992). همچنین پژوهشگران اظهار داشتند که رابطه گوسیونی خطی بین پروتئین دانه و تنش رطوبتی نشان داد که بالاترین میزان پروتئین دانه با ذخیره رطوبتی بالای خاک که در نتیجه کثرت آبیاری بدست می آید، مرتبط می باشد (Foroud et al., 1993b). به علاوه در مورد اثر تلقیح گیاه سویا با باکتری می توان بیان نمود که گزارش‌های متتعدی نشان داد که استفاده از باکتری باعث افزایش درصد نیتروژن و پروتئین دانه شده است (Egamberdiyeva et al., 2004; Kanungo et al., 1998; Sharma, 2006). در تمامی گزارش‌های اظهار شده تلقیح گیاه با باکتری از طریق افزایش تثبیت بیولوژیک نیتروژن موجب فراهمی بیشتر آن برای گیاه شده و در نهایت غلظت نیتروژن در دانه و درصد پروتئین دانه را افزایش داده است (Postgate, 1998; Leigh, 2002). در تحقیقات پژوهشگران دیگر نیز افزایش عملکرد پروتئین دانه سویا با افزایش و تکرار آبیاری گزارش شده است (Martin-de-santa-Olalla, 1994; Daneshian et al., 1999). با توجه به این نکته که آسمیلاسیون نیتروژن آمونیاکی و تبدیل آن به ترکیبات کربنی در نهایت منجر به تولید گلوتامات در گیاه می‌شود و نیز در جریان ساخته شدن گلوتامات از نیتروژن، نیتروژن از طریق واکنش‌های جابجایی گروه آمین در ساختمان صدها اسید آمینه شرکت می‌کند و اسیدهای آمینه می‌توانند از طریق زنجیره پپتیدی با یکدیگر پیوند حاصل کرده، پروتئین‌های مختلف را بسازند (Kafi et al., 2000). لذا، دور از انتظار نیست که عملکرد پروتئین در تیمارهای کاربرد توأم کودهای زیستی در شرایط آبیاری کامل بیشتر از سایر تیمارهای آزمایشی باشد. زیرا گزارش شده که در شرایط رطوبتی اندک، عکس‌العمل گیاهان نسبت به نیتروژن محیط ریشه کم بوده ولی در صورت کافی بودن مقدار آب، پاسخ گیاه به نیتروژن قابل دسترس افزایش می‌یابد (Malakooti and Sepehr, 2004). باکتری‌ها علاوه بر فراهم نمودن شرایط رشد و نمو مناسب برای گیاه (Saha et al., 2000)، تثبیت زیستی نیتروژن را نیز انجام می‌دهند که منجر به افزایش توان گیاه در اسمیلاسیون نیتروژن می‌گردد. تحقیقات گذشته نشان داده است که ۲ تا ۵ هفته قبل از رسیدگی، زمان تجمع سریع روغن در دانه سویا است و همبستگی نزدیکی با دما دارد، به نحوی که دمای پایین سبب کاهش قندها به روغن می‌گردد (Howell and Carter, 1958). با توجه به اثر افزایشی باکتری ها در قابلیت دسترسی به نیتروژن و افزایش پروتئین دانه و از طرفی

همبستگی منفی بین درصد پروتئین و روغن دانه می‌توان انتظار داشت استفاده از باکتری به‌ویژه به صورت کاربرد توأم سودوموناس پوتیدا و ازتوباکتر باعث کاهش درصد روغن دانه شود. دلیل فیزیولوژیک این همبستگی منفی مربوط به رقابت برای اسکلت‌های کربنی در طی متابولیسم کربوهیدرات‌ها می‌باشد. سنتز اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه هر دو به اجزائ کربنی که از تجزیه کربوهیدرات‌ها حاصل می‌شوند، احتیاج دارند (Rathke et al., 2005)، از آنجایی که محتوی کربوهیدراتی ترکیبات پروتئینی از ترکیبات روغنی کمتر است (Lambers and Poorter,1992) افزایش فراهمی نیتروژن (ناشی از فراهمی آب و فعالیت باکتری در تثبیت بیولوژیک نیتروژن)، سنتز مواد پروتئینی را در مقایسه و به هزینه، سنتز اسیدهای چرب، بیشتر تحریک می‌کند و نتیجه آن کاهش درصد روغن دانه‌ها می‌باشد (Rathke et al., 2005).

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج توصیه می‌گردد که استفاده توأم از باکتری‌های *Deisotrophic* و باکتری‌های حل‌کننده فسفات با توجه توانایی این باکتری‌ها در افزایش تولید میزان پروتئین و روغن دانه، موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه سویا شده و موجب بهبود تولید پروتئین و روغن دانه سویا می‌گردد. از این رو، می‌توان به این نتیجه دست یافت که چه در شرایط آبیاری مطلوب و چه در شرایط تنش خشکی، کاربرد کود بیولوژیک در بهبود عملکرد و اجزای عملکرد دانه، عملکرد پروتئین و روغن دانه سویا مؤثر است.

References

Aliyari, H., Shekari, F. and Shekari, F. (2000). Oil seeds, sowing and physiology. Hamidi Press, Tabriz, pp 182. (In Farsi).

Ansari, M.H., Hashemabadi, D. and Yadegari, Y. (2017). Effect of PGPRs on Agronomic and Physiological Characteristics of Two Wheat Cultivars Under Rainfed Condition. The Plant Production (Scientific Journal of Agriculture), 40(2): 76-89. (In Farsi).

Bouchereau, A., Clossais, B.N., Bensaoud, A., Beport, L. and Renard, M. (1996). Water stress effects on rapeseed quality. European Journal of Agronomy, 5: 19-30.

Bradford, M. (1976). A rapid sensitive method for the quantitation of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annual Review Biochemestry, 72: 248-254 .

Daneshian, J., Majidi, A., Hashemi Dezfouli, A. and Noor Mohammadi, G. (1999). The effect of drought on quantitative and qualitative characteristics of two soybean cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences, 1(3): 35-46. (In Persian).

Egamberdiyeva, D., Qarshieva, D. and Davranov, K. (2004). Growth and yield of soybean varieties inoculated with *Brady rhizobium* spp in N-deficient calcareous soils. Biol Fertily Soils, 40: 144-146.

Fang, X., Turner, N.C., Yan, G., Li, F. and Siddique, K.H.M. (2009). Flower numbers, pod production, pollen viability, and pistil function are reduced and flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought. Journal of Experimental Botany, 1093(10): 1-11.

Foroud, N., Mundel, H.H., Saindon, G. and Entz, T. (1993a). Effect of level and timing of moisture stress on soybean plant development and yield components. Irrigation Science, 13: 149-155.

Foroud, N., Mundel, H.H., Saindon, G. and Entz, T. (1993b). Effect of level and timing of moisture stress on soybean yield,protein, and oil responses. Field Crop Research, 31: 195-209.

Gholami A., Kouchaki E.(2011). Mycorrhiza in Sustainable Agricluture. Shahrood University Publication. (In Persian).

Howell, R.W. and Carter, J.L. (1958). Physiological factors affecting composition of soybean. Response of oil and other constituents of soybean to temperature under controlled conditions. Agronomy Journal, 50: 664-667.

Kader, M.K., Mmian, H. and Hoyue, M.S.(2002). Effects of Azotobacter inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences, 2: 250-261.

Kafi, M., Lahooti, M., Zand, A., Sharifi, H. and Goldani, M. (2000). Plant physiology. Jahad Daneshgahi, Mashhad, 379 p. (In Farsi).

Kalantar Ahmadi, S.A., Daneshian, J. and Siadat, S.A. (2014). Reaction of soybean genotypes on the consumption of bacteria and different nitrogen levels in northern Khuzestan. The Plant Production (Scientific Journal of Agriculture), 37(2): 1-13. (In Farsi).

Kanungo, P., Ramakrishnan, B. and Rao, V.R. (1998). Nitrogenase activity of *Azospirillum* sp. isolated from rice as influenced by a combination of $NH4^{+}$-N and an insecticide, carbofuran. Chemosphere, 36: 339-344.

Kumar, A., and Singh, D.P. (1998). Use of physiological indices as screening technique for drought tolerance in oil seed Brassica species. Annals of Botany, 81: 413-420.

Lambers, H. and Poorter, H. (1992). Inherent variation in growth rate between higher plant: a search for physiological causes and ecological consequences. Advancy Ecology Research, 23: 187-261.

Leigh, G.J. (2002). Nitrogen fixation at the millennium. London: Elsevier Science.

Lobato, A.K.S., Costa, R.C.L., Oliveira Neto, C.F., Santos filho, B.G., Cruz, F.J.R., Freitas, L.M.N. and Cordeiro, F.C. (2008). Morphological changes in soybean under progressive water stress. International Journal of Botany, 4(2): 231-235.

Madani, H. (2006). The Effects of phosphate solubleizing Bactria (PSB) on potato yield at Iran Environment. 18th. world congress of soil science. Julie.9.15.2006. Phi1ade1phia Pennsylvania. USA.

Madjar, S.(1984). Oil and protein content in the kernel of double crop sunflower and soybean cultivated with and without irrigation in slavonia and barnja[Yugoslavia]. Znanost-Praksa-u Poljopriverdi-I- Prehrambenoj-Tehnologiji, 14: 49-63.

Mailer, R.J. and Pratley, J.E. (1990). Field studies of moisture availability effects on glucosinolate and oil concentration in the seed of rape (*Brassica napus* L.) and turnip rape (*B. rapa* L. var. silvestris (Lam.) Briggs). Canadian Journal of Plant Science, 70 (2): 399 - 407.

Malakooti, M.J. and Sepehr, A. (2004). Optimum Nutrition of Oilseeds, an Effective Steps to Achieve Oil Self-Sufficiency in the Country. Khaniran Press, 464 p. (In Farsi).

Mansour Ghanaei Pashaki, K., Mohsenabadi, G., Majidian, M. and Fallah Nosratabad, A. R. (2017). Effect of Application of Nitrogen, Phosphorus and Organic Fertilizers on Yield and Yield Components of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Lahijan, Northern Iran. JCPP, 6(22): 47-60. (In Persian with English Summary).

Martin-de-santa-Olalla, F., De-Juan-Valero, J.A. and Fabeiro-Cortes, C. (1994). Growth and yield analysis of soybean under different irrigation schedules in castill-La-Mancha, spain. European Journal of Agronomy, 3: 187-196.

Miralles, O.M., Valero, J.A. and Olalla, F.M. (1997). Growth, development and yield of five sunflower hybrids. European Journal of Agronomy, 6: 47-59.

Mishra, A., Prasad, K. and Rai, G.(2010). Effect of biofertilizer inoculations on growth and yield of dwarf field pea (*Pisum sativum* L.) in conjunction with different doses of chemical fertilizers. Journal Agron, 9: 163-168.

Postgate, J.R. (1998). Nitrogen fixation. Cambridge: Cambridge University Press.

Rathke, G.W., Christen, O. and Dipenbrock, W.(2005). Effect of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotation. Field Crops Research, 94: 103-113.

Restuccia, G., Mauromicale, G. and Ierna, A. (1992). Effects of different water regimes on the agronomic behavior of soybean cultivated in the Mediterranean environment. Rivista-di-Agronomia(italy), 26: 777-784.

Saha, K.C., Ghosh, T.K. and Mithua, H. (2000). Nitrogen fixation (C2H2 reduction) associated with root of sesamum cultivars and its response to inoculation of *Azospirillum*. Journal of Interacademicia, 4: 400–407.

Sharma, A.K. (2006). Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India. 407 pp.

Soleymani, A., Moradi, M. and Naranjani, L. (2011). Effects of The Irrigation Cut-off Time in Different Growth Stages on Grain and Oil Yield Components of Autumn's Canola Cultivars in Isfahan Region. Journal of Water and Soil, 25 (3): 426-435. (In Persian with English Summary).

Sturz, A. and Christie, B. (2003). Beneficial microbial allelopathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. Soil and Tillage Research, 72: 107-123.

Subba Rao, N.S. and Dommergues, Y.R. (1998). Microbial interactions in agriculture and forestry, Science Publishers, Inc, U.S.A. 278 pp.

Verslues, P.E., Agarwal, M., Katiyar-Agarwal, S., Zhu. J. and Zhu, J.K. (2006). Methods and concepts inquantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. The Plant Journal, 45: 523-539.

Zamber, M.A., Konde, B.K. and Sonar, K.R. (1984). Effect of *Azotobacter chroococcum* and *Azosprillum brasilense* inoculation under graded levels of nitrogen on growth and yeild of wheat. Plant Soil, 79: 61-67.

Yassari, E. and Rafati Alashti, M.(2009). Comparison of the effects of mineral phosphorous and *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida* bacteria on the growth and yield of the soybean cultivar of Sari. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences, 3(2): 2706-2711.

Yassari, E., Mozaffari., S., Ghasemi Chapi., O., Jafarzadeh Zoghalchali, H. and Shafiei, E. (2014). Effect of inoculation with phosphate solubilizing bacteria and mineral phosphorus levels on growth characteristics and grain yield in soybean (*Glycine max*) cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research, 12(4): 693-703. (In Persian).

Ministry of Agriculture. (2016). Programs and Achievements. Achievements of the agricultural sector in the twelfth government. (available at http://www.pr.maj.ir/portal/Home/). (In Persian).

Heba, I.M. and Samia, A.A.(2014). Influence of Garlic Extract On Enzymatic and Non Enzymatic Antioxidants in Soybean Plants (*Glycine Max*) Grown under Drought Stress. Life Science Journal, 11(3s): 47 -58.

Viscardi, S., Ventorino., V., Duran., P., Maggio., A., De Pascale., S., Mora, M.L. and Pepe, O.(2016). Assessment of plant growth promoting activities and abiotic stress tolerance of *Azotobacter chroococcum* strains for a potential use in sustainable agriculture. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 16: 848-863.

Jnawali, A.D., Ojha, R.B. and Marahatta, S. (2015). Role of *Azotobacter* in Soil Fertility and Sustainability–A Review. Advances in Plants & Agriculture Research, 2(6): 1-5.

Qados, A.M.S.A. (2014). Effect of Ascorbic Acid antioxidant on Soybean (Glycine max L.) plants grown under water stress conditions. International Journal of Advanced Research In Biological Sciences, 1(6): 189-205.

Shokri, S. and Sharifi, P. (2016). Effect of Phosphate Biofertilizer and Chemical Phosphorus on Growth and Yield of *Vicia faba* L. Electronic Journal of Biology, 1: 47-52.

FAO STAT. (2016). FAO statistical database (available at www.fao.org).

Zahir, A.Z., Arshad, M. and Frankenberger, W.F. (2004). Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Agronomy Advances, 81: 97-168.

Akbar-Noudehi, D. (2012). Effect of drought stress in different stages of growth on yield and soybean water use efficiency in Mazandaran. Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 22(1): 13-23. (In persian).

Alizadeh, A. (2011). Soil, Water, Plant Relationship. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Press, 516p. (In Persian).

Maleki, A., Naderi., A., Siadat., A., Tahmasebi, A. and Fazel, S. (2012). Effect of drought stress on physiological growth stages on yield and yield components of soybeans. Research in Agricultural Sciences, 4(15): 71-82. (In persian).

Mokhtassi-Bidgoli, A., Aghaalikhani., M., Nasiri-Mahallati., M., Zand. E., Gonzalez-Andujar, J.L. and Azari, A. (2013). Agronomic performance, seed quality and nitrogen uptake of *Descurainia Sophia* in response to different nitrogen rates and water regimes. Industrial Crops and Products, 44: 583-592.

Fazeli, F., Najafi Zarini., H., Arefrad, M. and Mirabadi, A.Z. (2015). Assessment of relation of morphological traits with seed yield and their diversity in M4 generation of soybean mutant lines (*Glycine max* (L.) Merrill) through factor analysis. Journal of Crop Breeding, 7: 15.47-56. (In persian).

SAS. (2012). SAS Version 9.2. SAS Institute Inc, Cary, NC.

Malek, M.A., Rafii., M.Y., Afroz., M.S.S., Nath, U.K. and Mondal, M.M.A.(2014). Morphological characterization and assessment of genetic variability, character association and divergence in soybean mutants. Scientific World Journal, 14: 1-12.

Rostamzadeh-Kaleibar, M., Farboodi, M., Hosseinzadeh-Moghbeli, A. and Razmi, N.

Biswas, P.K. (2008). Agricultural Microbiology. Dominant Publishers and Distributors. Orient Offset, Delhi-110053, 188-317 p.

Vessey, J.K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil, 255: 571-586.

(2011). The effect of irrigation regimes on yield and yield components of second cultivars of soybean cultivars in Moghan region. Ecophysiology of Crops and Weeds, 20: 15-28. (In Persian).