Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره سوم، پائیز ۱۳۹۸
۸۰۵-۸۱۵
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1439.1315

مقاله پژوهشی

بررسی اثر کودهای زیستی بر عملکرد کمی و تغییرات هورمونی گیاه سویا (*Glycine max* Merrill) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

مجید قنبری[۱]، علی مختصی بیدگلی[۲*]، پرنیان طالبی سیه‌سران[۳]
۱. دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۲. استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۱/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۰۲

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن *Azotobacter chroococcum* در ترکیب با باکتری حل‌کننده فسفات *Pseudomonas putida* بر کاهش اثرهای کمبود آب آبیاری بر سویا رقم تلار تحت شرایط مزرعه موردمطالعه قرار گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح آبیاری ۱۵ (شاهد)، ۳۰ (تنش ملایم)، ۴۵ (تنش متوسط) و ۶۰ (تنش شدید) درصد تخلیه رطوبت قابل‌دسترس 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 بودند. آبیاری به‌صورت قطره‌ای-نواری (T-tape) انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد که اثرات اصلی رژیم آبیاری و کود زیستی بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده به‌جز تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود. بیشترین تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، هورمون‌های ایندول استیک اسید، جیبرلین، سیتوکنین و آبسیزیک اسید موجود در برگ از تیمار کاربرد توأم *Azotobacter chroococcum* و *Pseudomonas putida* به دست آمد. بیشترین تعداد غلاف در بوته، دانه در غلاف، عملکرد دانه، هورمون‌های ایندول استیک اسید، جیبرلین و سیتوکنین در تیمار شاهد و بیشترین هورمون آبسیزیک اسید در تیمار تنش شدید مشاهده گردید. به‌طورکلی، می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد *Azotobacter chroococcum* به‌تنهایی موجب افزایش ۲۵ درصد عملکرد دانه نسبت به شاهد، کاربرد *Pseudomonas putida* به‌تنهایی موجب افزایش ۳۰ درصد عملکرد دانه نسبت به شاهد و کاربرد توأم هر دو باکتری موجب افزایش ۴۲ درصد عملکرد دانه نسبت به شاهد شد که نشان‌دهنده توانایی این ریزجانداران در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد و همچنین افزایش هورمون‌های محرک رشد در شرایط تنش بوده و در بروز مقاومت در گیاه سویا و کاهش افت شدید عملکرد بسیار مؤثر است.

واژه‌های کلیدی: **اجزای عملکرد، ازتوباکتر، تنش کم‌آبی، سودوموناس، هورمون‌های رشد.**

مقدمه

دانه‌های روغنی بعد از غلات دومین منبع مهم تأمین انرژی موردنیاز 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). گیاه زراعی سویا (*Glycine max*) گیاهی است دولپه، یک‌ساله، از خانواده پروانه آسانان و یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است که موارد استفاده زیادی در کشاورزی و صنعت دارد (Yassari et al., 2009).

سطح زیر کشت سویا در دنیا ۳۳۷۰۸۵۴۷ هکتار و میزان تولید آن ۶۸۸۵۵۴۴۶ تن و عملکرد آن ۲/۰۴۲۷ تن در هکتار سطح است. سطح زیر کشت سویا در ایران ۷۵۴۳۱

* نگارنده پاسخگو: علی مختصی بیدگلی. پست الکترونیک: mokhtassi@modares.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

هکتار، میزان تولید آن ۱۳۸۴۸۹ تن و عملکرد آن ۱/۸۶۶۰ تن در هکتار است (FAO, 2016). قطب تولید دانه‌های روغنی ایران استان‌های مازندران و گلستان است (Ministry of Agriculture, 2016). به‌طورکلی ارقام زودرس سویا برای عرض‌های جغرافیایی بالا با هوای خنک و یا نواحی با طول فصل رشد کوتاه مناسب بوده و تنش خشکی بدون حضور سایر تنش‌ها حدود ۴۰ تا ۴۵ درصد از عملکرد محصولات زراعی را کاهش می‌دهد (Heba and Samia, 2014).

Azotobacter دارای گونه‌های بسیاری بوده که *chroococcum* یکی از گونه‌های مهم آن است و معمولاً در خاک‌های زراعی یافت می‌شود. این باکتری ازلحاظ فیزیولوژیک، هوازی بوده و بهترین دمای نگهداری آن ۲۵ درجه سلسیوس 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 به دلیل تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت ازجمله؛ 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).

فسفر (P) اغلب به دلیل عدم قابلیت انحلال در خاک برای رشد گیاه محدودکننده است. گیاهان می‌توانند فسفر را فقط در فرم‌های یونی قابل انحلال به‌صورت $H_2PO_4^-$ و HPO_4^{2-} جذب کنند. باکتری‌های بسیاری توانایی محلول-سازی فسفر غیرقابل‌دسترس را با ترشح اسیدهای آلی ازجمله اسیدهای ارگانیک و فسفاتازها به‌صورت قابل‌حل دارند (Shakori and Sharifi., 2016). تنش‌هایی که سرعت رشد گیاه سویا را در مراحل اوایل گلدهی و تشکیل اولین بذرها کاهش می‌دهند، منجر به کاهش بیشتر عملکرد دانه می‌شوند (Qados, 2014). افزایش ۱۶ درصدی عملکرد ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) در اثر تلقیح *Pseudomonas putida* به علت تولید هورمون‌های محرک رشد توسط این باکتری گزارش شد (Mahato and Neopane, 2017). همچنین گزارش شده است که *Pseudomonas putida* با تولید جیبرلین سبب بهبود توسعه ریشه گیاهچه‌های ذرت می‌گردد (Kouchebagh et al., 2012). نتایج سایر پژوهش‌ها نشان داد که *Pseudomonas putida* با ترشح اسید ایندول استیک اسید (IAA) باعث افزایش طول ریشه گیاه سویا می‌گردد (Hasanah et al., 2015). همچنین گزارش شد که یکی از دلایل افزایش رشد گیاهان مختلف تحت تأثیر *Azotobacter*، تولید انواع هورمون‌های گیاهی مانند اکسین، سیتوکنین، جیبرلین و کنترل بیماری‌های گیاهی در سویا توسط این باکتری است (Noumavo et al., 2016). شواهد بسیاری مبنی بر توانایی باکتری‌های محرک رشد در تولید و ترشح مواد تنظیم‌کننده رشد ازجمله اکسین، سیتوکنین و جیبرلین همچنین تأثیر آن‌ها بر مرفولوژی، تغذیه و رشد گیاهان وجود دارد. در اغلب مطالعات، مشاهده‌شده که تنظیم‌کننده‌های رشد به‌ویژه ایندول استیک اسید، اغلب ویژگی‌های سیستم ریشه‌ای از قبیل رشد اولیه ریشه، تشکیل ریشه‌های جانبی و تارهای کشنده را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند (Glick, 1995). امروزه محققین سنتز باکتریایی هورمون ایندول استیک اسید و تنظیم تولید اتیلن در گیاهچه‌های جوان را مهم‌ترین مکانیسم باکتری‌های محرک رشد در تحریک رشد گیاهان دانسته‌اند (Glick, 1998). باکتری‌های محرک رشد گیاه، باکتری‌های ریزوسفر هستند و دارای توانایی کلنیزاسیون ریشه هستند. مکانیسم این باکتری‌ها به دو مکانیسم مستقیم یا غیرمستقیم تحریک رشد طبقه‌بندی می‌شود. ارتقای رشد به‌طور مستقیم، با تولید فیتوهورمون‌هایی مانند ایندول -۳ استیک اسید، جیبرلین، سیتوکنین، زباتین و آبسیزیک اسید یا با بهبود دسترسی به مواد غذایی همراه است، در مقابل به‌طور غیرمستقیم، با تولید آنتی‌بیوتیک، سیدروفورها، سیانید هیدروژن‌ها و القای مقاومت سیستمیک باعث کاهش فعالیت‌های پاتوژن یا ریزجانداران مضر شده و درنتیجه رشد گیاه را افزایش می-دهند (Glick et al., 2007).

با توجه به این‌که بیشتر اراضی کشور تحت تأثیر تنش خشکی هستند و سویا گیاهی حساس به تنش خشکی است، همچنین به دلیل استفاده از کود زیستی به‌عنوان نوعی راهکار مقاومت به تنش خشکی و تأثیر آن بر رشد و نمو سویا، در همین راستا برای بررسی تأثیر *Azotobacter*

www.SID.ir

Archive of SID

chroococcum در ترکیب با *Pseudomonas putida* بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا و تغییرات هورمونی آن، پژوهش فوق در شرایط مزرعه‌ای انجام شد. اهداف طرح عبارت بودند از (۱) استفاده از کودهای زیستی در سیستم-های کشاورزی پایدار به‌منظور کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و ایجاد سیستم‌های کم نهاده (low input). (۲) به دست آوردن ترکیب مناسبی از انواع ریزجانداران *Deisotrophic* که بتوانند در تغذیه گیاه مؤثر باشند. (۳) بررسی اثرات فیتوهورمونی ریزجانداران *Deisotrophic* در سویا علاوه بر نقش تغذیه‌ای آن‌ها.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات رژیم‌های مختلف آبیاری و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (*Azotobacter chroococcum*) و حل‌کننده فسفات (*Pseudomonas putida*) بر عملکرد، اجزای عملکرد و تغییرات هورمونی گیاه سویا رقم تلار (*Glycine max* Merrill)، پژوهشی به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به دلیل استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای-نواری (T-tape)، با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس با موقعیت طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۳ 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)، ۴۵ (تنش متوسط) و ۶۰ (تنش شدید) درصد تخلیه رطوبت قابل‌دسترس 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 بودند. سطوح تنش خشکی اعمال‌شده، مابین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم خاک منطقه تحت آزمایش جهت تعیین واکنش گیاه به سطوح متفاوت آب خاک تعیین گردید (Mokhtassi-Bidgoli et al., 2013). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه موردمطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. مقادیر کودهای شیمیایی موردنیاز بر اساس نتایج آزمون خاک مشخص و عناصر نیتروژن از منبع اوره و پتاسیم از منبع سولوپتاس قبل از کاشت به خاک اضافه شد (Yassari et al., 2014).

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی تجزیه خاک مزرعه موردمطالعه

Table 1. Physicochemical properties of the studied soil

عمق نمونه‌برداری SD	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	ماده آلی O.M	نیتروژن کل T.N	فسفر P	پتاسیم K	گوگرد S	نقطه پژمردگی دائم PWP	ظرفیت زراعی FC	بافت خاک Texture
cm	$dS.m^{-1}$	-	%			$mg.kg^{-1}$		% by volume		لومی شنی
0-30	1.10	7.7	1.8	0.2	10	345	50.5	8.11	19.87	Sandy loam

طول هر کرت آزمایشی ۶ متر و عرض ۳ متر بود. فاصله هر خط کاشت ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌ها و بین تکرارها به ترتیب سه متر و ۳/۵ متر در نظر گرفته شد. جهت جلوگیری از نشت آب به سایر کرت‌ها از آبیاری به‌صورت قطره‌ای-نواری (T-tape) استفاده گردید. زمان‌بندی آبیاری بر اساس درصد تخلیه رطوبت خاک در ظرفیت زراعی در منطقه ریشه و عمق مدیریت آبیاری برای سویا حدود ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد که با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه گردید. همچنین، جهت کشت، تراکم ۲۵ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. مقدار آب خاک ابتدا به روش وزنی و سپس با استفاده از دستگاه TDR[1] مدل (Trime- IMKO- Gmbh, D-76275, Germany) (FM) در عمق ذکرشده تعیین گردید. برای تعیین رابطه بین مقدار عددی ارائه شده توسط TDR و درصد حجمی رطوبت خاک اندازه‌گیری شده به روش وزنی از منحنی کالیبراسیون استفاده شد. برای استفاده از TDR، در مرکز هر واحد آزمایشی یک لوله دسترسی[2] از جنس PVC تعبیه شد. همچنین، برای تعیین مقدار آب آبیاری از لوله‌های مجهز به

[1]. Time-Domain Reflectometry

[2]. Access tube

www.SID.ir

Archive of SID

کنتور استفاده گردید. با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده و رابطه (۱) درصد تخلیه آب قابل‌دسترس خاک در منطقه مؤثر ریشه ارزیابی شد:

[۱] حداکثر تخلیه مجاز (MAD[3])=(FC-θ)/(FC-PWP)

در این فرمول FC و PWP به ترتیب رطوبت خاک در محدوده ظرفیت زراعی[4] و نقطه پژمردگی دائم[5] (جدول ۱) و θ درصد حجمی رطوبت خاک قبل از آبیاری است (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 تنظیم‌شده و مقدار آب موردنیاز برای آبیاری از رابطه (۲) محاسبه گردید:

$$V_d = MAD \times ASW \times R_z \times 10 \qquad [۲]$$

در این فرمول V_d حجم آب آبیاری (میلی‌متر)، ASW[6] آب قابل‌دسترس خاک برابر با ۱۱۷/۶ میلی‌متر در هر متر عمق خاک و R_z عمق مؤثر ریشه برابر با ۰/۳ متر می‌باشند. آب قابل‌دسترس خاک عبارت از مقدار آب موجود در ناحیه ریشه بین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم است (Mokhtassi-Bidgoli et al., 2013). مقدار آب استفاده‌شده برای آبیاری همه تیمارها در مرحله رشد رویشی پس از استقرار گیاه یکسان و بعد از دوره زایشی متفاوت بود. ریز جانداران تثبیت‌کننده 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 موردنظر برحسب نوع تیمار تلقیح گردید. در پایان رسیدگی فیزیولوژیکی عملیات برداشت صورت گرفت و برحسب رطوبت ۱۴ درصد، عملکرد و اجزای عملکرد اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت، جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شدند. به‌منظور اندازه‌گیری هورمون‌های گیاهی اکسین و سیتوکنین، ۱/۵ گرم بافت گیاهی وزن شد و در ۲۰ میلی‌لیتر محلول حاوی نسبت مساوی از متانول و آب دیونیزه واردشده و در ۴ درجه سلسیوس با هموژنایزر هموژنیزه شد. محلول حاصل‌شده در ۳۰۰۰ دور به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد و محلول رویی بر ستون کروماتوگرافی C18 قرارگرفته و با ۵ میلی‌لیتر آب دیونیزه شستشو شد. سپس از ستون ۳ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد عبور داده شد. محلول استخراجی توسط سردکننده در حرارت آزمایشگاه تبخیر گردیده و بر باقی‌مانده مقدار یک میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد اضافه شد. این محلول نهایی برای تعیین مقدار هورمون‌های اکسین و سیتوکنین در دستگاه HPLC مدل ۴۶۰۰ ساخت شرکت Unicam آمریکا واقع در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه تربیت مدرس مورداستفاده قرار گرفت (Shengji, et al., 2008). جهت اندازه‌گیری هورمون جیبرلین، مقدار یک گرم بافت در محلول حاوی متانول-آب-اسید استیک با نسبت (۳۰-۷۰-۱) قرار گرفت و توسط هموژنایزر به‌صورت هموژن در آمد. این محلول به مدت ۱۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد. در پایان محلول رویی بر ستون C18 از نوع SPE قرار گرفت و با ۱۰ میلی‌لیتر محلول اتانول-آب-اسید استیک (۸۰-۲۰-۱) شستشو شد. این محلول استخراجی در حرارت آزمایشگاه خشک و هورمون جیبرلین توسط HPLC مدل ۴۶۰۰ ساخت شرکت Unicam آمریکا واقع در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه تربیت مدرس تعیین غلظت گردید (Ge et al., 2004). همچنین، به‌منظور اندازه‌گیری هورمون آبسیزیک اسید، ۰/۳ گرم بافت گیاهی در ۷۵۰ میکرولیتر از محلول استون-آب مقطر-اسید استیک (۸۰-۱۹-۱) هموژن گردید. عصاره حاصل‌شده در ۱۰۰۰۰ دور به مدت ۲ دقیقه سانتریفیوژ شد. محلول رویی برداشته و دوباره عمل فوق با ترکیب فوق انجام‌گرفته و محلول باقی‌مانده عصاره‌گیری شد. عصاره حاصل‌شده، در دمای معمولی خشک شد. سپس به آن استو نیتریل و آب مقطر (۲۰۰ میکرولیتر) به نسبت‌های ۱۵:۸۵ و اسید استیک (۱۲ میلی‌مول در pH):۳/۵ اضافه گردید. سپس ۱۰-۱۵ میکرو-لیتر به ستون دستگاه (۵۰×۱/۲میلی‌متر×۵/۳ میکرومتر) HPLC مدل ۴۶۰۰ ساخت شرکت Unicam آمریکا واقع در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه تربیت مدرس تزریق شد. فاز متحرک از طریق استونیتریل-آب (۱۰:۹۰) ایجاد شد (Zhou et al., 2003).

درنهایت، داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ (SAS, 2012) تجزیه شد. برای مقایسه

[3]. Maximum allowable depletion
[4]. Field capacity (FC)
[5]. Permanent wilting point (PWP)
[6] Available Soil Water

www.SID.ir

Archive of SID

میانگین‌ها از آزمون LSD (حداقل تفاوت معنی‌دار) و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر رژیم آبیاری در سطح احتمال یک درصد و کود زیستی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (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 (۶۸/۸۸) دیده شد که ۵۸/۰۷ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت و با تنش‌های ملایم و متوسط تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). همچنین، ازنظر کود زیستی، بیشترین تعداد غلاف در بوته در کاربرد توأم *Pseudomonas putida* و *Azotobacter chrococcum* (۹۰/۵۹) مشاهده شد که ۱۷/۱۸ 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). 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 مراحل رشدی R_1 تا R_4، 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* به دلیل 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 آنتی‌اکسیدانی بوده و بنابراین کمتر از شرایط تنش رطوبتی خسارت می‌بینند (Fazeli et al., 2015).

تعداد دانه در غلاف

جدول ۱ نشان داد که تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر 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 (۲/۰۶) بود که ۱۶/۰۱ درصد کاهش نسبت به شاهد دیده شد (جدول ۳). محققین گزارش نمودند که تنش رطوبتی در دورهٔ زایشی سویا، تعداد دانه در غلاف را کاهش داده و به نظر می‌رسد که کاهش تعداد دانه در غلاف در مرحله دانه‌بندی، به دلیل افزایش سقط تخمک در درون غلاف (۲۱۶/۵۹ گرم بر مترمربع) بود که با تنش ملایم تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین، کمترین مقدار عملکرد دانه به تنش شدید (۱۴۷/۷۸ گرم بر مترمربع) تعلق داشت که ۳۱/۷۷ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین مقدار عملکرد دانه ازنظر کود زیستی به کاربرد توأم *Pseudomonas putida* و *Azotobacter chrococcum* (۲۳۱/۷۷ گرم بر مترمربع) تعلق داشت که ۴۲/۲۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و کمترین مقدار آن در شاهد (۱۳۳/۸۴ گرم بر مترمربع) مشاهده گردید (جدول ۳). کاهش در عملکرد سویا در اثر کاهش در تعداد غلاف در واحد سطح تحت شرایط کم‌آبیاری 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 کم‌آبیاری و همچنین تضعیف سیستم آوندی نزدیک گل‌آذین، ازجمله 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 آنتی‌اکسیدانی (Vessey, 2003) مقاومت گیاه به شرایط کم‌آبیاری افزایش‌یافته و کاهش عملکرد دانه کمتر تحت شرایط تنش قرار می‌گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات کود زیستی بر عملکرد کمی و کیفی در گیاه سویا (*Glycine max* Merrill) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

Table 2. Analysis of variance (mean square) of effect of bio-fertilizer on qualitative and quantitative yield in soybean (*Glycine max* Merrill) under different irrigation regimes

SOV	منابع تغییرات	درجه آزادی df	تعداد غلاف در بوته Number of pod per Plant	تعداد دانه در غلاف Number of Seed per Pod	وزن هزار دانه Weight of 1000 seed
Block	بلوک	2	330.46^{ns}	0.15^{ns}	5.14^{ns}
Irrigation Regime	رژیم آبیاری	3	3697.22**	0.25*	3.04^{ns}
Bio-Fertilizer	کود زیستی	3	538.02*	0.19^{ns}	5.71^{ns}
Irrigation Regime × Bio-Fertilizer	رژیم آبیاری × کود زیستی	9	13.56^{ns}	0.01^{ns}	0.26^{ns}
Error	خطای آزمایش	30	142.54	0.07	4.65
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	*14.32*	*12.31*	*10.93*

جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

SOV	منابع تغییرات	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed Yield	ایندول استیک اسید IAA	جیبرلین GB	سیتوکنین CK	آبسیزیک اسید ABA
Block	بلوک	2	1711.29^{ns}	20356.50^{ns}	1746.35^{ns}	636.71**	1605.10**
Irrigation Regime	رژیم آبیاری	3	10624.60**	92034.43**	37019.31**	5250.18**	1807.40**
Bio-Fertilizer	کود زیستی	3	21812.02**	81737.81**	20079.58**	3138.38**	2382.85**
Irrigation Regime × Bio-Fertilizer	رژیم آبیاری × کود زیستی	9	88.15^{ns}	1887.55^{ns}	164.10^{ns}	46.34^{ns}	10.82^{ns}
Error	خطای آزمایش	30	631.35	11287.84	1772.22	117.87	253.41
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	*13.64*	*15.76*	*8.36*	*11.07*	*14.34*

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال آماری پنج و یک درصد و ns؛ غیر معنی‌دار.

*and ** Represents a significance at a probability level of 5% and 1%, respectively, and ns; Non-significant.

جدول ۳. اثرات اصلی رژیم آبیاری و کود زیستی بر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه سویا (*Glycine max* Merrill)

Table 3. Main effects of irrigation regime and Bio-fertilizer on measured traits in soybean (*Glycine max* Merrill)

	تیمار Treatment	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)	ایندول استیک اسید (نانومول بر گرم ماده خشک) IAA ($nmol.g^{-1}DM$)
رژیم آبیاری Irrigation Regime	15% FC (Control)	108.88^{a}	2.39^{a}	216.59^{a}	771.70^{a}
	30% FC (Mild Stress)	78.82^{b}	2.34^{a}	197.73^{a}	705.33^{ab}
	45% FC (Moderate Stress)	76.82^{b}	2.22^{ab}	174.33^{b}	654.43^{b}
	60% FC (Severe Stress)	68.88^{b}	2.06^{b}	147.78^{c}	564.00^{c}
کود زیستی Bio-Fertilizer	Control	75.02^{b}	2.33^{a}	133.84^{d}	560.88^{b}
	Azotobacter	81.43^{ab}	2.35^{a}	167.37^{c}	681.16^{a}
	Pseudomonas putida	86.36^{a}	2.30^{a}	203.45^{b}	694.85^{a}
	Azotobacter+Pseudomonas putida	90.59^{a}	2.33^{a}	231.77^{a}	758.57^{a}

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

	تیمار Treatment	جیبرلین (نانومول بر گرم ماده خشک) GB (nmol.g^{-1}DM)	سیتوکنین (نانومول بر گرم ماده خشک) CK (nmol.g^{-1}DM)	آبسیزیک اسید (نانومول بر گرم ماده خشک) ABA (nmol.g^{-1}DM)
رژیم آبیاری Irrigation Regime	15% FC (Control)	562.40^{a}	122.37^{a}	97.02^{c}
	30% FC (Mild Stress)	530.40^{a}	105.96^{b}	105.29^{bc}
	45% FC (Moderate Stress)	485.72^{b}	89.90^{c}	116.71^{ab}
	60% FC (Severe Stress)	434.61^{c}	73.71^{d}	124.82^{a}
کود زیستی Bio-Fertilizer	Control	456.49^{c}	76.83^{c}	95.78^{c}
	Azotobacter	491.79^{b}	95.15^{b}	107.53^{bc}
	Pseudomonas putida	510.07^{b}	105.46^{a}	110.76^{b}
	Azotobacter+Pseudomonas putida	554.78^{a}	114.51^{a}	129.76^{a}

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری یک درصد در آزمون LSD با هم ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 1% probability level by the LSD test.

ایندول استیک اسید

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اکسین تحت تأثیر رژیم آبیاری و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد (P<۰/۰۱) معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین رژیم‌های مختلف آبیاری (جدول ۳) نشان داد که بیشترین مقدار ایندول استیک اسید (۷۷۱/۷۰ نانومول بر گرم ماده خشک) در شاهد و کم‌ترین مقدار ایندول استیک اسید (۵۶۴/۰۰ نانومول بر گرم ماده خشک) در تیمار تنش شدید است. ازنظر کود زیستی (جدول ۳)، بیشترین مقدار ایندول استیک اسید (۷۵۸/۵۷ نانومول بر گرم ماده خشک) در تیمار کاربرد توأم *Pseudomonas putida* و *Azotobacter chrococcum* وجود داشته که ۲۶/۰۶ درصد نسبت به شاهد افزایش‌یافته و ازنظر آماری با تیمار کاربرد *Pseudomonas putida* و کاربرد *Azotobacter chrococcum* تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین، کمترین ایندول استیک اسید (۵۶۰/۸۸ نانومول بر گرم ماده خشک) در شاهد مشاهده گردید. در شرایط کم‌آبی کاهش غلظت ایندول استیک اسید به تجزیه پروتئین در برگ نسبت داده شده است (Vierstra, 2003). همچنین یورکی و همکاران (Yurekli et al., 2004) اظهار داشتند، کاهش غلظت ایندول استیک اسید در شرایط کم‌آبی به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیدکننده ازجمله، IAA اکسیداز مرتبط است. افزایش غلظت ایندول استیک اسید در بافت گیاهی در اثر کاربرد باکتری‌های *Pseudomonas putida* و *Azotobacter chrococcum*، می‌تواند ناشی از ایندول استیک اسید تولیدشده توسط باکتری‌های مصرف‌شده باشد (Karadeniz et al., 2006). سودمندی ایندول استیک اسید تولیدشده از طرف این باکتری‌ها می‌تواند عامل اصلی افزایش ریشه، تعداد تارهای کشنده، تعداد ریشه‌های فرعی و سطح ریشه (Molla et al., 2012) باشد که نهایتاً منجر به فراهمی بیشتر آب برای گیاه و افزایش مقاومت گیاه به کم‌آبی می‌گردد.

جیبرلین

جیبرلین تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد (P<۰/۰۱) معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار هورمون جیبرلین (۵۶۲/۴۰ نانومول بر گرم ماده خشک) در شاهد مشاهده شد که با تنش ملایم تفاوت معنی‌داری نداشت و کم‌ترین مقدار جیبرلین (۴۶۴/۳۱ نانومول بر گرم ماده خشک) در تنش شدید دیده شد که ۲۱/۱۲ درصد نسبت به شاهد کاهش داشت (جدول ۳). ازنظر کود زیستی (جدول ۳)، بیشترین مقدار جیبرلین (۷۵۸/۵۷ نانومول بر گرم ماده خشک) در کاربرد توأم *Pseudomonas putida* و *Azotobacter chrococcum* بود که ۲۶/۰۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داشته و کمترین مقدار آن (۵۶۰/۸۸ نانومول بر گرم ماده خشک) در شاهد مشاهده گردید. اطلاعات اندکی درباره تغییرات غلظت جیبرلین در بافت گیاهی در هنگام تنش در اختیار است. محققان دریافتند که کاهش یا عدم‌تغییر غلظت جیبرلین در برگ گیاه در مواجه با شرایط تنش‌زا، به‌شدت و طول دوره اعمال دوره تنش وابسته است (Wu et al., 2008). در مقابل تحقیقات پژوهشگران نشان داد که غلظت جیبرلین و همچنین پراکنش آن در گیاه، تحت تأثیر تنش خشکی قرار نمی‌گیرد (Estiyar et al., 2014). مشابه با هورمون ایندول استیک اسید،

www.SID.ir

Archive of SID

گزارش‌های متعددی وجود دارد که باکتری‌های *Azotobacter chrococcum* (Yassari and Rafati Alashti, 2009) و *Pseudomonas putida* (Naseri et al., 2013) قادر به تولید هورمون جیبرلین بوده و با در اختیار گیاه قرار دادن آن باعث افزایش غلظت آن در بافت گیاهی شده که این افزایش بنا بر مشاهدات (Molla et al., 2012) در رشد و توسعه ریشه‌های موئین برای افزایش جذب آب و عناصر غذایی مؤثر است.

سیتوکنین

مطابق نتایج تجزیه واریانس نشان داد که هورمون سیتوکنین تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد (P<۰/۰۱) معنی‌دار بود (جدول ۲). ازنظر رژیم‌های مختلف آبیاری بیشترین مقدار هورمون سیتوکنین (۱۲۲/۳۷ نانومول بر گرم ماده خشک) در شاهد و کم‌ترین هورمون سیتوکنین (۷۳/۷۱ نانومول بر گرم ماده خشک) در تنش شدید دیده شد که ۶۶/۰۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۳). ازنظر کود زیستی (جدول ۳)، بیشترین هورمون سیتوکنین (۱۱۴/۵۱ نانومول بر گرم ماده خشک) در کاربرد توأم *Pseudomonas putida* و *Azotobacter chrococcum* وجود داشت و با کاربرد *Pseudomonas putida* تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین هورمون سیتوکنین (۷۶/۸۳ نانومول بر گرم ماده خشک) در شاهد مشاهده گردید. محققین دریافتند که غلظت سیتوکنین در بافت گیاهی در شرایط کم‌آبی کاهش پیدا می‌کند (Zhang and Davis, 1991). پژوهشگران این کاهش را در پاسخ به افزایش غلظت هورمون ABA در گیاهان در معرض تنش دانسته (Han and Lee, 2005) و بنابراین استنباط می‌شود باکتری‌های *Pseudomonas putida* و *Azotobacter chrococcum* قادر به تولید سیتوکنین بوده و محققین افزایش غلظت سیتوکنین را در اثر کاربرد باکتری‌های تحریک‌کننده رشد گزارش نموده‌اند (Noumavo et al., 2016).

آبسیزیک اسید

هورمون آبسیزیک اسید تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد (P<۰/۰۱) معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین هورمون آبسیزیک اسید (۱۲۴/۸۲ نانومول بر گرم ماده خشک) در تنش شدید و کم‌ترین هورمون آبسیزیک اسید (۹۷/۰۲ نانومول بر گرم ماده خشک) در شاهد دیده شد (جدول ۳). همچنین، بیشترین هورمون سیتوکنین (۱۲۹/۷۶ نانومول بر گرم ماده خشک) در کاربرد توأم *Pseudomonas putida* و *Azotobacter chrococcum* وجود داشت و کمترین هورمون آبسیزیک اسید (۹۵/۷۸ نانومول بر گرم ماده خشک) در شاهد مشاهده گردید (جدول ۳). محققین گزارش کردند در شرایط تنش خشکی غلظت ABA در بافت گیاهی افزایش می‌یابد (Setter et al., 2001) و از طریق بسته نگاه‌داشتن روزنه‌ها و القای بیان ژن‌های مقاومت در برابر خشکی اثرات زیان‌بار کم‌آبی را کاهش می‌دهد (Thompson et al., 2000). پژوهشگران گزارش دادند که افزایش ABA در بافت گیاهی در اثر تنش خشکی می‌تواند بازدارنده رشد باشد که این فرآیند، مکانیسمی برای حفاظت از گیاه در شرایط تنش است (Wang et al.,2008). لیو و همکاران (Liu et al., 2004) نیز افزایش غلظت ABA را در گیاهان سویا در معرض تنش خشکی در مرحله غلاف دهی گزارش کرده‌اند. این محققین همبستگی منفی بین غلظت ABA در بافت گیاهی و تعداد غلاف در واحد سطح به دست آورند. اثرات مثبت استفاده از باکتری‌های *Pseudomonas putida* و *Azotobacter chrococcum* بر گیاهان مختلف در شرایط تنش به اثبات رسیده است (Mayak et al., 2004). این باکتری‌ها نه‌تنها در تولید هورمون‌های تحریک‌کننده رشد (اکسین و جیبرلین) نقش دارند بلکه از طریق آزادسازی و در اختیار گیاه قرار دادن هورمون ABA، باعث افزایش رشد گیاه سویا به‌ویژه در شرایط تنش می‌گردد؛ بنابراین گیاهان تلقیح شده با باکتری به دلیل فعالیت باکتری‌های *Pseudomonas putida* و *Azotobacter chrococcum*، عملکرد دانه و ماده خشک بیشتری را در مقایسه با سایر گیاهان (تلقیح نشده) تولید کردند.

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 فیتوهورمون‌ها، موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد سویا شده و موجب افزایش تولید هورمون‌های محرک رشد می‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

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 with English summary].

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

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

Estiyar, H.K., Khoei, F.R., Behrouzyar, E.K., 2014. The effect of nitrogen biofertilizer on yield and yield components of white bean (*Phaseolus vulgaris* cv. Dorsa). International Journal of Biosciences. 4(11), 217- 222.

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

Fazeli, F., Najafi Zarini, H., Arefrad, M., 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 with English summary].

Ge, L., Yong, J.W., Tan, S.N., Yang, X.H., 2004. Rapid extraction of abscisic acid and its metabolites for liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Journal of Chromatography. 10, 108-119.

Glick, B.R., 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Canadian Journal of Microbiology. 41, 109 - 17.

Glick, B.R., Todorovic, B., Czamy, J., Cheng, Z., Duan, J., McConkey, B., 2007. Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase. Critical Reviews in Plant Science. 26, 227- 42.

Glick, B.R., Penrose, M.D., Li, J.A., 1998. Model for the lowering of plant ethylene concentration by plant growth-promoting bacteria. Theoretical Biology. 190, 63-8.

Han, H.S., Supanjani, K., Lee, D., 2004. Effect of coinoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Agronomy Journal. 24, 169-176.

Hasanah, Y., Nisa, T.C., Armidin, H., Hanum, H., 2015. Isoflavone content of soybean (*Glycine max* (L). Merr.) cultivars with different nitrogen sources and growing season under dry land conditions. Journal of Agriculture and Environment for International Development. 109(1), 5-17.

Heba, I.M., 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(3), 47-58.

Jnawali, A.D., Ojha, R.B., Marahatta, S., 2015. Role of *Azotobacter* in soil fertility and sustainability–A review. Advances in Plants & Agriculture Research. 2(6), 1-5.

Karadeniz, A., Topcuiglu, S.F., Inan, S., 2006. Auxin, gibberellins, cytokinin and abscisic acid production in some bacteria. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 22, 1061-1064.

Khajehpour, M.R., 2012. Production of Industrial Crops. Jahad Daneshgahi Press, 251 p. [In Persian].

Kouchebagh, S.B., Mirshekari, B., Farahvash, F., 2012. Improvement of corn yield by seed bio fertilization and urea application. World Applied Sciences Journal. 16(9), 1239-1242.

Liu, F., Jensen, C.R., Anderson, M.N., 2004. Pod set related to photosynthetic rate ad endogenous ABA in soybeans subjected to different water regimes and exogenous ABA and BA at early reproductive stages. Annals of Botany. 94, 405-411.

Mahato, S., Neupane, S., 2017. Comparative study of impact of *Azotobacter* and *Trichoderma* with other fertilizers on maize growth. Journal of Maize Research and Development. 3(1), 1-16.

Malek, M.A., Rafii, M.Y., Afroz, M.S.S., Nath, U.K., 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.

Maleki, A., Naderi, A., Siadat, A., Tahmasebi, A., 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 with English summary].

Mayak, S., Tirosh, T., Glick, B., 2004. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. Plant Science. 166, 525-530.

www.SID.ir

Archive of SID

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].

Mokhtassi-Bidgoli, A., Aghaalikhani, M., Nasiri-Mahallati, M., Zand, E., Gonzalez-Andujar, J.L., 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.

Molla, A.H., Shamsuddin, Z.H., Halimi, M.S., Morziah, M., Puteh, A.B., 2001. Potential for enhancement of root growth and nodulation of soybean coinoculated with Azospirillum and Bradoyrhizobacterium in laboratory systems. Soil Biology and Biochemistry. 33, 457-463.

Naseri, R., Azadi, S., Rahimi, M.J., Maleki, A., Mirzaei, A., 2013. Effects of Inoculation with *Azotobacter chroococcum* and *Pseudomonas putida* on yield and some of the important agronomic traits in Barley (*Hordeum vulgar* L). International Journal of Agronomy and Plant Production. 4(7), 1602-1610.

Noumavo, P.A., Nadège, A.A., Baba-Moussa, F., Adolphe, A., Baba-Moussa, L., 2016. Plant growth promoting rhizobacteria: Beneficial effects for healthy and sustainable agriculture. African Journal of Biotechnology. 15(27), 1452-1463.

Pedersen, P., Lauer, J.G., 2004. Response of soybean yield components to management system and planting date. Agronomy Journal. 96, 1372-1381.

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.

Rostamzadeh-Kaleibar, M., Farboodi, M., Hosseinzadeh-Moghbeli, A., Razmi, N., 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 with English summary].

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

Setter, T.L., Flannigan, B.A., Melkonian, J., 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies, abscisic acid, and cytokinins. Crop Science. 41, 1530-1540.

Shengji, H., Zhu, J., Ding, M.Y., 2008. Simultaneous determination of gibberlic acid, indol-3 acetic acid and abscisic acid in wheat extract by solid phase. Extraction and Liquid Chromatography-Talonta. 76, 798-802.

Shokri, S., 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.

Thompson, A.J., Jackson, A.C., Parker, R.A., Morpeth, D.R., Burbidge, A., Taylor, I.B., 2000. Abscisic acid biosynthesis in tomato: regulation of zeaxanthin epoxidase and 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase mRNAs by light/dark cycles, water stress and abscisic acid. Plant Molecular Biology. 42, 833-845.

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

Vierstra, R.D., 2003. The ubiquitin/26S proteasome pathway, the complex last chapter in the life of many plant proteins. Trends in Plant Science. 8, 135-142.

Viscardi, S., Ventorino, V., Duran, P., Maggio, A., De Pascale, S., Mora, M.L., 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.

Wang, C., Yang, A., Ying, H., Zhang, J., 2008. Influence of Water Stress on Endogenous Hormone Contents and Cell Damage of Maize Seedlings. Journal of Integrative Plant Biology. 50(4), 427-434.

Wu, Q.S., Xi, R.X., Zou, Y.N., 2008. Improved soil structure and citrus growth after inoculation with three *Arbuscular mycorrhizal* fungi under drought stress. European Journal of Soil Biology. 44, 122-128.

Yassari, E., 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., Shafiei, E., 2014.

www.SID.ir

Archive of SID

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 with English summary].

Yurekli, F., Banu Porgali, Z., Turkan, I., 2004. Variations in abscisic acid, indole-3-acetic acid, gibberelic acid and zeatin concentration in two bean species subjected to salt stress. Acta Biologica Cracoviensia series botanica. 46, 201-212.

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

Zhang, J.H., Davies, W.J., 1991. Root signal and the regulation of growth and development of plants in drying soil. Annual Reviews in Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 42, 55-76.

Zhou, R., Squire, T., Ambrose, M., Abroms, S.J.S., Ross, R., Culter, A.R.S.A.J., 2003. Rapid extraction of abscisic acid and its metabolites for liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Journal Chromatography. 1010, 75-85.

www.SID.ir