

SID



ابزارهای پژوهش



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه‌های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم‌های آموزشی

سامانه ویراستاری (ویرایش متون فارسی، انگلیسی، عربی)

کارگاه‌ها و فیلم‌های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



آموزش مهارت‌های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت‌های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI



آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

بررسی اثرات باکتری‌های ریزوبیوم (*Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli) بر عملکرد لوبیاچیتی تحت تنش خشکی در شرایط گلخانه و مزرعهاکبر همتی^{۱*}، محمد فیضیان^۲، هادی اسدی رحمانی^۳ و خسرو عزیزی^۴

- ۱- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
 ۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
 ۳- دانشیارموسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
 ۴- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۶**چکیده**

جهت بررسی اثرات سویه‌های باکتری ریزوبیوم در عملکرد لوبیاچیتی در شرایط تنش خشکی، اقدام به اجرای آزمایش کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ به صورت گلدانی و در سال ۱۳۹۴ به صورت مزرعه‌ای گردید. در سطوح اصلی این آزمایش تیمارهای تنش خشکی شامل آبیاری بر اساس ۳۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده خاک و در سطوح فرعی تیمارهای باکتری ریزوبیوم لگومینوزارم بیوار فازنولی شامل سویه‌های، ۵۴، ۵۸، ۱۶۰ و ۱۷۷ (جمع‌آوری شده از مزارع استان‌های زنجان و خراسان) قرار داشت. حجم آب مصرفی، کارایی مصرف آب آبیاری، نیتروژن اندام هوایی، تعداد و وزن گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه گیاه، وزن خشک و تر بوته، عملکرد زیستی و عملکرد تولید دانه از جمله صفات مورد اندازه‌گیری در این آزمایش بودند. نتایج نشان داد که اثرات تنش خشکی و باکتری ریزوبیوم در عملکرد تولید دانه و کارایی مصرف آب در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند. بیشترین مقدار عملکرد دانه و کارایی مصرف آب به ترتیب به میزان ۳۰۶۶ کیلوگرم در هکتار و ۸۱۰ گرم در مترمکعب آب با تلقیح بذر لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوزارم بیوار فازنولی سویه ۱۶۰ و آبیاری بر مبنای ۶۰ درصد آب قابل استفاده به دست آمد. مصرف آب در این تیمار برابر ۳۷۹۸ مترمکعب در طی فصل رشد بود که ۱۹ درصد کمتر از تیمار شاهد (۸۰ درصد آب قابل استفاده) بود. نتایج این آزمایش نشان داد در شرایط تنش خشکی، در صورت استفاده از باکتری ریزوبیوم، گیاه لوبیا قادر به تحمل تنش خشکی و حصول حداکثر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، ریزوبیوم، عملکرد، لوبیا

مقدمه

با توجه به حساسیت گیاه لوبیا به تنش خشکی، عملکرد و تثبیت نیتروژن در این گیاه در شرایط کمبود آب شدیداً تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در راستای کشاورزی پایدار، یکی از راهکارهای افزایش عملکرد در گیاهان بهره‌گیری از توان ریزومودات زنده مانند باکتری‌های ریزوبیوم در شرایط کمبود آب است. در شرایط مناسب، مانند وجود سویه کارآمد باکتری ریزوبیوم و شرایط محیطی مطلوب، گیاه لوبیا توانایی تأمین ۷۰ تا ۸۰ درصد نیاز نیتروژنی خود را دارد (Zahran,

1991). در یک آزمایش مشاهده شد در صورت تلقیح بذر لوبیا با باکتری ریزوبیوم و مصرف ۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار حداکثر عملکرد در لوبیا به دست آمد (Hemmati & Asadi, 2005). در یک آزمایش دیگر با تلقیح بذر لوبیا با یک کیلوگرم مایه تلقیح ریزوبیوم بدون استفاده از کود نیتروژن ۳۹۹۰ کیلوگرم دانه در هکتار بر داشت شد، درحالی‌که در تیمار شاهد (عدم تلقیح) با مصرف ۶۰۰ کیلوگرم کود اوره، عملکرد کمتر از این مقدار بود (Hemmati, 2010). گزارش شده است که در صورت تلقیح بذر با باکتری مناسب و فعال، علاوه بر افزایش عملکرد، بیش از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تثبیت می‌گردد (Pirvali, 2007). باکتری همزیست ریزوبیوم علاوه بر تثبیت نیتروژن، چون در فیزیولوژی و

* نویسنده مسئول: فارس، اقلید، ایستگاه تحقیقات کشاورزی
a.hemati@areo.ac.ir

به منظور تعیین اثرات باکتری‌های ریزوبیوم در عملکرد لوبیا در شرایط متفاوت تنش خشکی، در این آزمایش اثرات چهار سویه باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم فازئولی در عملکرد و کارایی نسبی مصرف آب در گیاه لوبیا در سال اول در گلخانه و در سال دوم در مزرعه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور مقایسه و انتخاب سویه برتر باکتری ریزوبیوم از نظر مقاومت به خشکی و بررسی عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در گیاه لوبیا، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. این آزمایش در سال اول در گلخانه و در سال دوم در مزرعه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس اجرا شد. در کرت‌های اصلی رژیم‌های رطوبتی خاک شامل ۳۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل‌استفاده خاک (AW) قرار داشت و در کرت‌های فرعی تیمارهای کود زیستی شامل R-160، R-58، R-54 و R-177 بود. این سویه‌های باکتری که همگی از گونه لگومینوزاروم بیوار فازئولی می‌باشند، از مزارع استان‌های زنجان و خراسان جداسازی و شناسایی شدند که در آزمایش‌های تعیین کارایی همزیستی و سازگاری توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب به عنوان سویه‌های برتر در لوبیا شناخته شده‌اند.

طرح آماری در هر دو آزمایش گلخانه و مزرعه یکی بود. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش از قبیل بافت، رطوبت در نقطه پژمردگی (PWP) و ظرفیت زراعی (FC)، اسیدیته، شوری، آهک و عناصر غذایی (نیترژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و بور) قبل از کشت اندازه‌گیری گردید. لذا کودهای شیمیایی مورد نیاز بر اساس آزمون خاک و توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب در هر تیمار مصرف شد. سپس در هر گلدان پنج عدد بذر لوبیاچیتی تلقیح‌شده با باکتری ریزوبیوم قرار داده شد.

به منظور تلقیح بذر با باکتری‌ها، ابتدا بذور جهت ضدعفونی به مدت سه دقیقه در محلول هیپوکلراید سدیم ۲ درصد قرار داده شدند و سپس پنج مرتبه با آب مقطر شستشو داده شدند. به منظور چسبندگی بیشتر، قبل از تلقیح، بذور با محلول آب و شکر آغشته شده و آن‌گاه بذور هر تیمار با مایه تلقیح باکتری مربوطه به میزان دو کیلوگرم مایه تلقیح به ازای ۲۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار پوشانده شد. سپس به مدت دو ساعت در سایه نگهداری و بلافاصله اقدام به کشت در گلدان گردید. هر تیمار شامل دو گلدان ۸ کیلوگرمی با سه تکرار بود.

مورفولوژی ریشه گیاه تأثیرگذار است، موجب رشد و افزایش جذب عناصر غذایی می‌شود. اثرات تحریک‌کنندگی رشد باکتری‌ها، به دلیل تولید فیتوهورمون، محدود شدن رشد قارچ‌های پاتوژن، تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، سیدروفورها و یونوفورها می‌باشد (Kishor, 1991). به نظر می‌رسد این باکتری‌ها قادرند حتی در شرایط تنش خشکی نسبت به جذب عناصر غذایی اقدام نمایند. متقابلاً عناصر غذایی نیز در تثبیت نیترژن و کارایی باکتری مؤثرند (Sahrawat & Rao, 1988). علاوه بر عناصر غذایی، تنش آبی در تثبیت نیترژن مؤثر می‌باشد. چگونگی این تأثیر متفاوت است. گزارش شده است که میزان نیترژن اندازه‌گیری‌شده به روش احیای استیلن، در تثبیت نیترژن در شرایط تنش رطوبتی خاک ۲۶ درصد کاهش یافته است. گرچه میزان این تأثیر به مرحله رشد گیاه بستگی دارد، ولی در هر حال، کمبود رطوبت خاک در تشکیل، رشد و فعالیت گره تأثیر انکارناپذیری دارد (Zahran, 1991). محققان در یک آزمایش ملاحظه نمودند که با کاهش آب خاک، از تعداد و وزن گره‌ها کاسته می‌شود، در حالی که وزن خشک گیاه تغییری نمی‌کند. همچنین آنها مشاهده نمودند که کاهش آب خاک، فعالیت آنزیم نیترژناز، پتانسیل آب برگ، مقدار پروتئین و نشاسته و مقدار لگ‌هموگلوبین و فعالیت سایر آنزیم‌های مهم در ساخت کربن در گیاه کاهش می‌یابد (Ramos et al., 1999). همچنین گزارش شده است که تغییرات ژنتیکی و فیزیولوژیکی ایجادشده در گره ناشی از تنش خشکی عامل کاهش تثبیت نیترژن و عملکرد است، لذا باید در روش‌های به‌نژادی و انتخاب، با بهره‌گیری از این تغییرات نسبت به معرفی سویه‌های مقاوم به خشکی اقدام نمود (Seraj et al., 1999). در یک آزمایش، ۷۲۰۰ گره تثبیت‌کننده نیترژن در لوبیا مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که ژن *TPS* نسبت به ژن‌های وحشی موجود در گره‌ها باعث افزایش بیشتر مقاومت به تنش خشکی می‌شود. در همین آزمایش ملاحظه شد که لوبیای تلقیح‌شده با باکتری ریزوبیوم گونه لگومینوزاروم فازئولی، افزایش ۵۰ درصدی عملکرد در شرایط تنش خشکی نسبت به تیمار شاهد داشته است (Suarez et al., 2008).

در یک آزمایش دیگر مشاهده شد از ۱۰ سویه ریزوبیوم که تحت تنش‌های خشکی ۰/۰۳، ۱- و ۱/۵- میلی‌پاسکال آب قابل‌استفاده قرار گرفته‌اند، پنج سویه باکتری ۳۵ روز تنش را تحمل نموده و دو سویه دارای جمعیتی به مقدار ۱۰۷ ریزوبیوم در هر گرم خاک بودند که توصیه شد از آن‌ها برای تلقیح عدس در مناطق خشک استفاده شود (Athar, 2002).

بر اساس رسانیدن عمق توسعه ریشه به حد ظرفیت زراعی به شرح زیر محاسبه و اعمال گردید:

رطوبت وزنی خاک-رطوبت خاک در ظرفیت زراعی = کمبود رطوبت خاک

= عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)

$1000 \times \text{عمق ریشه (میلی‌متر)} \times \text{وزن مخصوص ظاهری} \times \text{کمبود رطوبت خاک}$

عرض کرت \times عمق خالص آبیاری = عمق آب آبیاری (مترمربع/مترمکعب)

زمان آبیاری نیز با اندازه‌گیری روزانه رطوبت وزنی تیمارهای تنش خشکی و داشتن رطوبت نقطه پژمردگی برابر ۱۸ درصد، مقدار آب قابل‌دسترس (AW) هر تیمار کنترل و به محض رسیدن رطوبت خاک به تیمارهای موردنظر (۳۰-۲۵، ۶۰-۵۵ و ۸۰-۷۵ درصد آب قابل‌استفاده) مقدار آب آبیاری به شرح فوق محاسبه و اعمال گردید. در مرحله داشت، سایر عملیات زراعی از قبیل مبارزه با آفات و علف‌های هرز طبق عرف محل انجام شد. در زمان گلدهی از هر کرت یک بوته انتخاب و تعداد و وزن غده‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه، وزن خشک و تر و مقدار نیتروژن در اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت نیز عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن ۱۰۰ دانه اندازه‌گیری شد. از روی حجم آب مصرفی و عملکرد تولید دانه، کارایی مصرف آب (WUE) تعیین گردید. داده‌های آزمایش در پایان هر سال بر اساس برنامه آماری Mstat-C تجزیه واریانس شد و میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه شدند. سرانجام در سال دوم صرفاً صفاتی که بر اساس آزمون فیشر (Ft) همگن بودند، تجزیه واریانس مرکب شد و نهایتاً تیمار برتر مشخص گردید.

نتایج و بحث

مشخصات خاک محل آزمایش (جدول ۱) نشان داد بافت خاک لوم و دارای آهک است. خاک غیرشور بوده و مواد آلی آن کمتر از یک درصد بود. از نظر اسیدیته در محدوده خنثی و کمی قلیایی قرار داشت. میزان فسفر آن کمتر از حد مطلوب و مقدار پتاسیم بیشتر از حد بحرانی برای گیاه لوبیا بود. حد بحرانی فسفر و پتاسیم برای گیاه لوبیا به ترتیب برابر ۱۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است (Anderson, 1997; Ferenzen & Morgan, 1995). جهت تعیین حد بحرانی باید آزمون خاک در شرایط هر منطقه انجام شود تا بتوان آن را مبنای توصیه کودی قرار داد. گزارش شده است که با در نظر گرفتن حد بحرانی ۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر در خاک، بیش از ۷۰ درصد خاک‌های تحت کشت لوبیا در استان مرکزی با کمبود فسفر مواجه می‌باشند (Khodshenas & Dadivar, 2007). جمعیت باکتری ریزوبیوم همزیست لوبیا در نمونه خاک محل آزمایش به روش MPN plant infection test برابر ۷۴۰ باکتری در یک گرم خاک بود.

به منظور استقرار گیاه، آبیاری تا حد ظرفیت زراعی طی دو مرحله بدون اعمال تیمارهای تنش خشکی انجام شد. البته حجم آب مصرفی در هر تیمار اندازه‌گیری گردید. آبیاری سوم به بعد، با توزین روزانه وزن هر گلدان انجام شد. جهت محاسبه حجم آب هر تیمار ابتدا وزن گلدان در رطوبت مزرعه‌ای به روش گلدانی تعیین گردید. برای این منظور ابتدا یک گلدان اشباع شد و سپس با توزین هر دو ساعت یک بار وزن گلدان زمانی که شیب کاهش وزن ثابت گردید، وزن موردنظر به عنوان وزن گلدان در رطوبت ظرفیت زراعی ملاک محاسبه حجم آب آبیاری قرار گرفت. رطوبت در نقطه پژمردگی خاک در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. با داشتن FC و PWP به ترتیب برابر ۲۸/۴ و ۱۸ درصد، حجم آب قابل‌استفاده (AW) نیز مشخص گردید. وزن گلدان در تیمارهای تنش خشکی بر اساس دامنه‌های آب قابل‌استفاده تعیین شد. اکنون با توزین روزانه وزن هر گلدان به محض رسیدن وزن گلدان به دامنه موردنظر، تیمار تنش خشکی نسبت به آبیاری تا رسیدن به ظرفیت زراعی اقدام و حجم آب مصرفی یادداشت‌برداری گردید. بعد از استقرار یافتن گیاه، تعداد دو بوته نگه داشته و مابقی حذف شدند. در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، با طوقه برنمودن گیاه، ارتفاع، وزن تر و خشک اندام هوایی و مقدار نیتروژن گیاه در گلدان اول اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت نیز در گلدان دوم، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، حجم آب مصرفی و درصد نیتروژن در اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری شد.

در سال دوم با همان طرح آماری سال اول، آزمایش در مزرعه اجرا شد. لذا آزمایش دارای ۱۲ تیمار و سه تکرار بود. طول هر کرت ۱۰ متر و عرض آن با در نظر گرفتن چهار ردیف کشت و یک خط نکاشت، دو متر بود. قبل از اجرا، نمونه مرکب خاک تهیه و در آزمایشگاه، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ذکر شده در قسمت قبلی اندازه‌گیری شد. لذا کودهای مورد لزوم بر اساس آزمون خاک قبل از کشت مصرف گردید. بذر لوبیاچیتی رقم صدی با باکتری ریزوبیوم همانند روش گلخانه که شرح آن گذشت، تلقیح شد و در عمق ۵-۳ سانتی‌متری خاک قرار گرفت. به منظور استقرار گیاه، آبیاری مزرعه تا حد ظرفیت زراعی طی دو مرتبه انجام شد. با نصب کنتور حجمی میزان آب مصرفی اندازه‌گیری گردید.

به منظور تعیین حجم آب مصرفی هر تیمار در مراحل بعدی، پس از استقرار یافتن گیاه، با اندازه‌گیری FC به روش مزرعه‌ای برابر ۲۷/۵ درصد و وزن مخصوص ظاهری خاک برابر ۱/۶ گرم بر سانتی‌مترمکعب، با اندازه‌گیری رطوبت وزنی خاک و تبدیل آن به رطوبت حجمی، حجم آب مورد نیاز هر تیمار

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک قبل از آزمایش

Table 1. Physical and chemical characteristics of soil before the experiment

| عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth (cm) | اسیدیته گل اشباع PH | هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC(dSm ⁻¹) | کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%) | درصد مواد خنثی‌شونده T.N.V (%) | پتاسیم قابل جذب (واحد در میلیون) Potassium (PPM) | فسفر قابل جذب (واحد در میلیون) Phosphorus (PPM) | بافت خاک Soil texture |
|--|---------------------------|--|---|---|---|--|--------------------------|
| 0-30 | 7.7 | 0.8 | 0.53 | 34 | 225 | 5 | لوم Loam |

عملکرد تولید دانه در آزمایش مزرعه‌ای

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات تیمارهای خشکی و باکتری‌های ریزوبیوم در عملکرد دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. گرچه در بین تیمارهای ۶۰ درصد و ۸۰ درصد آب قابل استفاده تفاوت معنی‌دار در عملکرد وجود نداشت، ولی مقایسه میانگین عملکردها نشان داد بیشترین مقدار عملکرد دانه به میزان ۳۰۶۶ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری ۶۰ درصد آب قابل استفاده و تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم سویه ۱۶۰ به دست آمد (جدول ۲).

از آنجا که بقولات در دامنه‌های وسیع رطوبتی خاک قادر به تثبیت نیتروژن می‌باشند، می‌توان سویه‌هایی با دامنه‌های حساسیت متنوع انتخاب و مصرف نمود. چراکه حساسیت به تنش رطوبتی از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت است (Venkateswarlu *et al.*, 1999). وجود توده‌های ریزوبیوم در خاک‌های صحرایی و تشکیل غده‌های مؤثر در این اراضی مبین توانایی کارکرد این باکتری‌ها در خاک‌های با رطوبت کم می‌باشد (Jenkins *et al.*, 1999).

گزارش شده است که تلقیح لوبیا بانوعی باکتری ریزوبیوم باعث افزایش ۵۰ درصدی عملکرد در شرایط تنش آبی نسبت به شاهد شده است (Suarez *et al.*, 2008). احتمالاً باکتری شرایط جذب بهتر عناصر غذایی را در ریزوسفر فراهم می‌نماید، لذا عملکرد گیاه کمتر تحت تأثیر تنش آبی قرار می‌گیرد. علاوه بر باکتری، گونه گیاه نیز در تحمل تنش آبی حائز اهمیت می‌باشد. اصولاً بقولاتی که به تنش آبی مقاومت زیادی دارند، در درون سلول‌های خود یکسری تنظیمات اسمزی ایجاد می‌نمایند. این تنظیمات در تغییر فشار سلولی و تجمع املاح فعال اسمزی در سلول خلاصه می‌شود. یکی از این املاح پرولین می‌باشد که در لوبیا مشاهده شده است که بین تجمع پرولین و مقاومت به تنش رطوبتی ارتباط نزدیکی وجود دارد (Kapuya *et al.*, 1985).

عملکرد زیستی در آزمایش مزرعه‌ای

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد تیمارهای آبیاری و باکتری و اثرات متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد در

عملکرد زیستی معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد مصرف آب آبیاری در حد ۶۰ درصد آب قابل استفاده و سویه باکتری ۱۶۰، منجر به حصول حداکثر عملکرد زیستی (۶۸۸۲ کیلوگرم در هکتار) شده است (جدول ۲). همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بیشترین عملکرد زیستی در تیمار تنش متوسط آبیاری (۶۰ درصد آب قابل استفاده) به دست آمد، نه در تیمار آبیاری مطلوب (۸۰ درصد آب قابل استفاده). گرچه آزمایشات نشان داده است که بیشترین مقدار عملکرد زیستی با آبیاری مطلوب حاصل می‌گردد (Amiri *et al.*, 2015 & Ganjeali *et al.*, 2011)، در عین حال باید به این نکته توجه نمود در شرایط غیرتنش خشکی با طولانی شدن دوره رشد، برگ‌های گیاه لوبیا خصوصاً برگ‌های پایینی به علت پیری، ریزش نموده و سبب کاهش وزن اندام هوایی گیاه و به تبع آن عملکرد زیستی می‌گردد. موضوع کاهش وزن خشک اندام هوایی به دلیل پیری و ریزش برگ‌ها گزارش شده است (Bhatt & Srinivasa Rao, 2005). در صورت استفاده از باکتری‌های زیستی مانند ریزوبیوم در شرایط تنش خشکی، به واسطه جذب بیشتر آب و عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن توسط ریشه‌های گیاه، تا حدودی مانع کاهش شدید وزن اندام هوایی و عملکرد زیستی می‌شود.

حجم آب مصرفی و کارایی مصرف آب آبیاری

نتایج نشان داد اثر آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر باکتری معنی‌دار نبود. اثر متقابل این دو تیمار نیز معنی‌دار نشد. بیشترین حجم آب آبیاری در طی فصل رشد برابر ۴۵۲۳ مترمکعب در هکتار در تیمار ۸۰ درصد آب قابل استفاده و کمترین حجم آب آبیاری به میزان ۳۲۸۸ مترمکعب در هکتار در تیمار ۳۰ درصد آب قابل استفاده مصرف شد. متوسط مصرف آب در تیمار ۶۰ درصد آب قابل استفاده برابر ۳۷۹۸ مترمکعب بود که ۱۹ درصد کمتر از تیمار ۸۰ درصد آب قابل استفاده بود (جدول ۲).

اثرات تیمارها در کارایی مصرف آب در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین کارایی مصرف آب به میزان ۰/۸۱ کیلوگرم در مترمکعب در تیمار آبیاری ۶۰ درصد آب قابل

۰/۶۲ کیلوگرم در مترمکعب آب آبیاری به ترتیب در تیمارهای ۳۰ درصد، ۶۰ درصد و ۸۰ درصد آب قابل استفاده بود.

استفاده و سویه باکتری ۱۶۰ به دست آمد (جدول ۲). کارآیی مصرف آب در تیمارهای تنش خشکی برابر ۰/۶۴، ۰/۷۸ و

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده بر اساس آزمون دانکن در شرایط مزرعه‌ای
Table 2. Comparison of mean of measured qualities with Dancan test under field conditions

| کارآیی مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب) WUE (kg.m ⁻³) | حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) Water irrigation (m ³ .ha ⁻¹) | عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha ⁻¹) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹) | تیمارها Treatments |
|--|--|--|---|---|
| 0.52 c | 3288 c | 4495 c | 1733 c | باکتری ریزوبیوم سویه ۵۴ و آبیاری در ۳۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 30% & Rhizobium54 |
| 0.66 b | 3288 c | 4991 c | 2177 bc | باکتری ریزوبیوم سویه ۱۶۰ و آبیاری در ۳۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 30% & Rhizobium160 |
| 0.77 ab | 3288 c | 5890 b | 2551 ab | باکتری ریزوبیوم سویه ۱۷۷ و آبیاری در ۳۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 30% & Rhizobium177 |
| 0.61 b | 3288 c | 4961 c | 1996 c | باکتری ریزوبیوم سویه ۵۸ و آبیاری در ۳۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 30% & Rhizobium58 |
| 0.77 ab | 3794 b | 6603 ab | 2908 a | باکتری ریزوبیوم سویه ۵۴ و آبیاری در ۶۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 60% & Rhizobium54 |
| 0.81 a | 3794 b | 6882 a | 3066 a | باکتری ریزوبیوم سویه ۱۶۰ و آبیاری در ۶۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 60% & Rhizobium160 |
| 0.79 ab | 3794 b | 6594 ab | 2991 a | باکتری ریزوبیوم سویه ۱۷۷ و آبیاری در ۶۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 60% & Rhizobium177 |
| 0.76 ab | 3794 b | 6728 ab | 2895 a | باکتری ریزوبیوم سویه ۵۸ و آبیاری در ۶۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 60% & Rhizobium 58 |
| 0.61 b | 4523 a | 5983 b | 2743 a | باکتری ریزوبیوم سویه ۱۷۷ و آبیاری در ۸۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 80% & Rhizobium177 |
| 0.65 b | 4523 a | 6495 ab | 2968 a | باکتری ریزوبیوم سویه ۵۴ و آبیاری در ۸۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 80% & Rhizobium54 |
| 0.59 c | 4523 a | 5921 b | 2700 a | باکتری ریزوبیوم سویه ۱۶۰ و آبیاری در ۸۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 80% & Rhizobium160 |
| 0.61 c | 4523 a | 6138 ab | 2759 a | باکتری ریزوبیوم سویه ۵۸ و آبیاری در ۸۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 80% & Rhizobium58 |

* اعدادی که دارای حروف یکسان می‌باشند، در سطح آماری درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The number with the same character are non significant at %5.

مقدار تنش تقریباً معادل دور آبیاری هفتگی در لوبیا است. در شرایط طبیعی دور آبیاری لوبیا در منطقه ۴ تا ۵ روز می‌باشد. در همین راستا گزارش شده است که تلقیح ترکیبی از کودهای زیستی نسبت به عدم تلقیح آن‌ها منجر به افزایش عملکرد ۵۰ درصدی نخود در شرایط آبیاری و ۷۵ درصدی در شرایط تنش خشکی شده است (Khaleghnezhad & Jabbari, 2014). احتمالاً باکتری‌های ریزوبیومی با افزایش تثبیت زیستی نیتروژن موجب گسترش شبکه ریشه‌ای گیاه و به دنبال آن جذب بیشتر آب و عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی متوسط شده‌اند که این امر از افت عملکرد ناشی از تنش خشکی جلوگیری می‌نماید (Sabaghpour *et al.*, 2008; Marcia *et al.*, 2006). افزایش وزن ۱۰۰ دانه در تیمار تنش خشکی متوسط (۶۰ درصد AW) عامل مهم دیگر افزایش

با توجه به نتایج عملکرد تولید دانه و کارآیی مصرف آب که در این آزمایش به دست آمد (جدول ۲) ملاحظه می‌شود بیشترین مقدار عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب در تیمار تنش متوسط خشکی (۶۰ درصد AW) حاصل شد که این موضوع کارآیی مفید باکتری‌های ریزوبیوم را در شرایط تنش خشکی نشان می‌دهد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که در صورت استفاده از باکتری ریزوبیوم سویه ۱۷۷ یا سویه ۱۶۰، گیاه لوبیا بدون افت عملکرد توانایی تحمل تنش خشکی تا ۶۰ درصد آب قابل استفاده را دارد. بیشترین عملکرد دانه در این آزمایش به میزان ۳۰۶۶ کیلوگرم در هکتار در تیمار تنش خشکی ۴۰ درصدی و سویه باکتری ۱۶۰ به دست آمد. این میزان عملکرد در تیماری به دست آمد که ۱۹ درصد آب کمتری نسبت به تیمار عدم تنش (۸۰ درصد AW) مصرف شد. این

سطح پنج درصد معنی دار بود. اثر سال نیز در سطح یک درصد معنی دار بود.

در وزن تر، گرچه از نظر آماری تفاوت معنی داری بین تیمارها مشاهده نشد، ولی مقایسه میانگین‌ها در آزمون دانکن نشان داد همان تیمارهایی که بیشترین وزن خشک را ایجاد نموده بودند، بیشترین وزن تر را نیز داشتند، به طوری که بیشترین وزن خشک و تر بوته به ترتیب به میزان ۱۴ و ۷۳ گرم، در تیمار آبیاری ۳۰ درصد آب قابل استفاده و ریزوبیوم سویه ۱۷۷ به دست آمد (جدول ۴). بیشتر بودن وزن خشک اندام هوایی در شرایط تنش خشکی ممکن است به رشد بیشتر ریشه‌ها مربوط باشد. توسعه بیشتر ریشه‌ها در شرایط تنش خشکی به جذب بیشتر آب و مواد غذایی و افزایش رشد در شرایط تنش کمک می‌کند (Rahbarian *et al.*, 2011). علاوه بر این، استفاده از باکتری‌های ریزوبیوم در شرایط تنش خشکی با تثبیت نیتروژن و افزایش جذب مواد غذایی مانند فسفر و پتاسیم موجب رشد بیشتر گیاه شده و مانع کاهش شدید وزن خشک گیاه می‌شوند. گزارش شده استفاده از باکتری‌های ریزوبیوم به صورت انفرادی یا ترکیبی در شرایط تنش خشکی نسبت به تیمار شاهد وزن خشک بیشتری در لوبیا تولید کرده اند (Khaleghnezhad & Jabbari, 2014).

عملکرد دانه و به تبع آن افزایش کارایی مصرف آب در این تیمار بود (Khaleghnezhad & Jabbari, 2014).

وزن ۱۰۰ دانه

وزن ۱۰۰ دانه از مهم‌ترین اجزای عملکرد بوده و تأثیر به سزایی در عملکرد دارد. بر اساس تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش مشاهده گردید که اثرات اصلی در سطح یک درصد و اثرات متقابل و اثر سال در سطح پنج درصد بر وزن ۱۰۰ دانه معنی دار بودند (جدول ۳). در این آزمایش مشاهده شد باکتری و تنش خشکی بر روی وزن ۱۰۰ دانه تأثیر معنی داری دارند، به طوری که در دو سال آزمایش بیشترین وزن ۱۰۰ دانه به میزان ۴۴ گرم در تیمار آبیاری ۶۰ درصد آب قابل استفاده و سویه باکتری ۱۶۰ به دست آمد (جدول ۴). گزارش‌های متعددی مبنی بر افزایش وزن ۱۰۰ دانه لوبیا توسط باکتری ریزوبیوم ارائه شده است (Khaleghnezhad & Jabbari, 2014; Hemmati, 2013; Taherkhani *et al.*, 2007; Dadivar *et al.*, 2007).

وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه

تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش (جدول ۳ و ۴) نشان داد که اثر تیمار آبیاری در وزن خشک و تر گیاه در سطح پنج درصد معنی دار بود در حالی که اثر تیمار باکتری در وزن خشک و تر معنی دار نبود. اثرات متقابل نیز فقط در وزن تر در

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش گلخانه‌ای و مزرعه‌ای

Table 3. Combined analysis of variance for measured characteristics in field and green house experiments

| میانگین مربعات MS | | | | | | | |
|--|--|---|---------------------------------|--|---|------------------|---------------------------------------|
| وزن گره در ریشه (گرم در بوته) Nodule weight (gplant ⁻¹) | وزن خشک گیاه (گرم در بوته) Plant dry weight (gplant ⁻¹) | وزن تر گیاه (گرم در بوته) Plant wet weight (gplant ⁻¹) | درصد نیتروژن Nitrogen (%) | وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100Seed weight(g) | حجم آب آبیاری (متر مکعب در هکتار) Water irrigation (m ³ .ha ⁻¹) | درجه آزادی df | منابع تغییر Source of variation |
| 0.24* | 6.8ns | 23.3ns | 0.13ns | 4.64ns | 15792ns | 2 | تکرار Replication |
| 0.37* | 26.72* | 2.65* | 0.20ns | 12.33ns | 46195** | 2 | آبیاری Irrigation |
| 0.03 | 9.12 | 11.77 | 0.39 | 9.02 | 13599 | 4 | خطا Error |
| 0.01ns | 13.28ns | 12.20ns | 0.20* | 2.76ns | 31584ns | 3 | باکتری Bacteria |
| 0.02ns | 15.31* | 2.37* | 0.12ns | 0.96ns | 23914ns | 6 | آبیاری × باکتری Irri. × Bac. |
| 0.01 | 15.21 | 5.48 | 0.06 | 4.5 | 25128 | 18 | خطا Error |
| 26 | 28 | 24.4 | 9.8 | 5.0 | 7.5 | | ضریب تغییرات C.V.% |

ns و * و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح آماری ۵ درصد و ۱ درصد

ns: Non- significant; * and **: significant at %5 and %1 respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده با آزمون دانکن
Table 5. Mean comparison of measured qualities with Dancon test

| وزن خشک گیاه (گرم) Plant dry weight(g) | وزن تر گیاه (گرم) Plant wet weight(g) | نیتروژن (درصد) Nitrogen (%) | وزن صد دانه (گرم) 100-seed weight(g) | تعداد غده در گیاه Nodule no. per Plant | وزن غده در گیاه (گرم) Nodule weight(g) | تیمارها Treatments |
|---|--|--------------------------------|---|---|---|--|
| 12ab | 62a | 3.15ab | 40abcd | 2ef | 0.1223b | باکتری ریزوبیوم سویه ۵۴ و آبیاری در ۳۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 30% & Rhizobium54 |
| 11b | 63a | 3.35ab | 42abc | 1ef | 0.1000b | باکتری ریزوبیوم سویه ۱۶۰ و آبیاری در ۳۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 30% & Rhizobium160 |
| 14a | 73a | 2.85b | 37cde | 9d | 0.1693b | باکتری ریزوبیوم سویه ۱۷۷ و آبیاری در ۳۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 30% & Rhizobium177 |
| 12ab | 62a | 2.85b | 39bcd | 3ef | 0.1178b | باکتری ریزوبیوم سویه ۵۸ و آبیاری در ۳۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 30% & Rhizobium58 |
| 9bc | 49a | 2.98b | 35e | 25bc | b 0.1777 | باکتری ریزوبیوم سویه ۵۴ و آبیاری در ۶۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 60% & Rhizobium54 |
| 9bc | 47a | 3.69a | 44a | 35b | 0.1893b | باکتری ریزوبیوم سویه ۱۶۰ و آبیاری در ۶۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 60% & Rhizobium160 |
| 10b | 51a | 3.36ab | 43ab | 16cd | 0.2397ab | باکتری ریزوبیوم سویه ۱۷۷ و آبیاری در ۶۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 60% & Rhizobium177 |
| 13ab | 72a | 3.11ab | 41abc | 13cd | 0.2083ab | باکتری ریزوبیوم سویه ۵۸ و آبیاری در ۶۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 60% & Rhizobium 58 |
| 9bc | 44a | 3.25ab | 39bcd | 63a | 0.4583a | باکتری ریزوبیوم سویه ۱۷۷ و آبیاری در ۸۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 80% & Rhizobium177 |
| 9bc | 50a | 3.25ab | 38dc | 33b | 0.3357ab | باکتری ریزوبیوم سویه ۵۴ و آبیاری در ۸۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 80% & Rhizobium54 |
| 9bc | 50a | 3.45ab | 43ab | 19bcd | 0.2090ab | باکتری ریزوبیوم سویه ۱۶۰ و آبیاری در ۸۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 80% & Rhizobium160 |
| 12ab | 66a | 2.99b | 39bvd | 34b | 0.2640ab | باکتری ریزوبیوم سویه ۵۸ و آبیاری در ۸۰ درصد آب قابل استفاده Irrigation at available water 80% & Rhizobium58 |

* اعدادی که دارای حروف یکسان می‌باشند، در سطح آماری ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

*The number with same character are non significant at %5.

نیتروژن گیاه

تعداد گره معنی‌دار نبود. در همین حال، تیمار باکتری در تعداد گره در سطح پنج درصد معنی‌دار بود، در حالی که در وزن گره معنی‌دار نبود. با افزایش آب مصرفی، تعداد و وزن گره‌ها افزایش یافت، به طوری که بیشترین تعداد گره (۶۳ عدد) و وزن گره (۰/۴۵۸ گرم) در بوته، در تیمار آبیاری ۸۰ درصد آب قابل استفاده و سویه باکتری ۱۷۷ به دست آمد (جدول ۴). از آنجاکه رطوبت کافی یکی از شرایط لازم برای تولید گره توسط باکتری‌های ریزوبیومی است، در این آزمایش مشاهده شد که با افزایش رطوبت خاک، وزن گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، بیشتر شد و در بین باکتری‌های ریزوبیوم، سویه R-177 بیشترین تعداد و وزن گره را در ریشه ایجاد نمود. این نتایج با برخی گزارش‌ها (Elsheik & Hadi, 1999; Stajkovic et al., 2011; Valverd et al., 2006) منطبق می‌باشد.

تجزیه مرکب داده‌های آزمایش (جدول ۳) نشان داد اثر باکتری و اثر متقابل باکتری و تنش آبی در نیتروژن گیاه در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود و اثر سال در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ایجاد نکرد. اثر سایر صفات نیز معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن با تلقیح باکتری سویه ۱۶۰ و مصرف آب در ۶۰ درصد آب قابل استفاده خاک به میزان ۳/۶۹ درصد به دست آمد (جدول ۴). افزایش نیتروژن گیاه به واسطه افزایش تثبیت زیستی این عنصر توسط باکتری‌های ریزوبیوم می‌باشد.

وزن و تعداد گره در ریشه

تجزیه واریانس آزمایش (جدول ۳) نشان داد که تیمار آبیاری در وزن گره در سطح پنج درصد معنی‌دار شد، ولی در

منابع

1. Amiri, S.R., Parsa, M., Banaeeyan Avval, M., Nasiri Mahalati, M., and Dihim Fard, R. 2015. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer levels on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Mashhad climatic condition. Iranian Journal of Pulses Research 6(1): 66-77. (In Persian with English Summary).
2. Anderson, F.N. 1997. Fertilizing Edible Dry Beans. Nebguide. G86-13. Agriculture University of Nebreska-Lincoln. 5P.
3. Athar, M. 2002. Drought tolerance by lentil rhizobia from arid and semi arid areas of Pakestan. Letters in Applied Microbiology 26: 38-42.
4. Batt, R.M., and Srinivasa Rao, N.K. 2005. Influence of pod load on response of okra to water stress. Indian Journal Plant Physiolog 10: 54-59.
5. Dadivar, M., Khodshenas, and Ghadiri, A. 2007. Effect of *Rhizobium* strains on yield and components yield of red bean. The 2nd National Pulse Crops Symposium of Iran, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran p. 44. (In Persian).
6. Elsheik, E.A.E., and Hadi, E.A. 1999. Effect of *Rhizobium* inoculation and nitrogen fertilization on yield and protein content of six chickpea cultivars in marginal soils under irrigation. Nutrient Cycling in Agroecosystems 54: 57-63.
7. Franzen, D.W., and Morgan, J. 1995. Fertilizing Pinto, Navy and other Dry Edible Bean. North Dakota State University. UDSU. Extension Service.
8. Ganjeali, A., Joveyanipour, S., Porsa, H., and Bagheri, A. 2011. Selection for drought tolerance in Kabuli chickpea genotypes in Nishabur region. Iranian Journal Pulses Research 2:27-38. (In Persian with English Summary).
9. Hemmati, A. 2012. Management of chemical fertilizers application in pulse (Bean). Esfahan Nosouh Puplication 192 p. (In Persian).
10. Hemmati, A. 2010. Effect of *Rhizobium* Biologic Fertilizers in Nitrogen Fertilizers Management and Yield of Commom Bean. Final Report of Project, Research Center for Agriculture and Natural Resources of Fars Province 15 P. (In Persian with English Summary).
11. Hemmati, A., and Asadi Rahmani, H. 2005. Study the effects of inoculation *Rhizobium* strains and the use of nitrogen in yield and protein of common bean. The 1st National Pulse Crops Symposium of Iran, Mashhad p. 112. (In Persian).
12. Jenkins, M.B., Virginia, R.A., and Jarrel, W.M. 1999. Ecology of fast-growing and slow-growing mesquite-nodulating rhizobia in Chihuahua and Sonoran desert ecosystems. Soil Science Society of American Journal 53: 543-549.
13. Kapuya, J.A., Barendse, G.W.M, and Linskens, H.F. 1985. Water stress tolerance and proline accumulation in *Phaseolus vulgaris*. Acta Botanic Neerl 34: 295-300.
14. Khaleghnezhad, V., and Jabbari, F. 2014. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed indices and photoassimilate partitioning under rainfed and irrigated conditions. Iranian Journal of Pulse Research 5(1): 45-56. (In Persian with English Summary).
15. Khodshenas, M.A., and Dadivar, M. 2007. Study the phosphorus condition of soils under bean culture in Markazi province. The 2nd National Pulse Crops Symposium of Iran, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran p. 39. (In Persian).
16. Kishor, K. 1991. Effect of iron and molybdenum nutrients on nodulation, symbiotic N₂ fixation and grain yield of Urd bean. Journal of Agricultural Research 6(1): 186-193.
17. Marcia, V.B., Helio, A.B., Cosme, R.M., and Christopher, P. 2008. Alleviation of drought stress in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by co-inoculation with *Paenibacillus polymyxa* and *Rhizobium troici*. Applied Soil Ecology 40: 182-188.

18. Pirvali Biranvand, N. 2007. Study the N₂ fixation efficiency of *Rhizobium* strains on two lines of bean with N15 isotopic dilution. The 10th Congress of Soil Science of Iran, Karaj, Iran, 22 p. (In Persian with English Summary).
19. Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R.A., Ganjeali, A., Bagheri, A.R., and Najafi, F. 2011. Drought stress effects on photosynthesis chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. ACTA Biologica Cracoviensia Series Botanicca 53: 47-56.
20. Ramos, M.L.G., Gordon, A.J., Minchin, F.R., Sprent, J.I., and Parsons, R. 1999. Effects of water stress on nodule physiology and biochemistry of a drought tolerant cultivar of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Annals of Botany 83(1): 57-63.
21. Sabaghpour, H., Mahmoudi, A.A., Saeed, A., Kamel, M., and Malthora, R.S. 2006. Study n chickpea (*Cicer arietinum* L.) drought tolerance lines under dryland condition of Iran. Indian Journal of Crop Sciences 1: 70-73.
22. Sahrawat, K.L., and Rao, B.S. 1988. Macro and micronutrient uptake by nodulating and non- nodulating peanut liens. Plant and Soil 109: 291-293.
23. Serraj, R., Sinclair, T., and Purcell, L. 1999. Review article: Symbiotic N₂ fixation response to drought. Journal of Experimental Botany 50(331): 143-155.
24. Stajkovic, O., Delic, D., Josic, D., Kuzmanovic, D., Rasulic, N., and Kenezovic, J. 2011. Improvement of common bean growth by co-inoculation with *Rhizobium* and plant growth promoting bacteria. Romanian Bio Technological Letters 16(1): 5919-5926.
25. Suarez, R., Wong, A., Ramirez, M., Barraza, A., Orozco, M., Cevallos, M., Lara, M., Hernandez, G., and Iturriaga, G. 2008. Improvement of drought tolerance and grain yield in common bean by over expressing trehalose-6-phosphate synthase in rhizobia. Molecular Plant Microb Interactions 21: 958-966.
26. Taherkhani, M., Nourmohammadi, G., Mirhadi, M.J., and Alimohamadi, R. 2007. Study the effect of three industrial inoculation on yield of bean varieties in Khoramdareh area of Zanjan, Iran. The 2nd National Pulse Crops Symposium of Iran, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran, p. 79. (In Persian).
27. Valverd, A., Burgos, A., Fiscella, T., Rivas, R., Vela, E., Rodri, C., Emilio, A., Cervantes, B., Chamber, M., and Mariano, J. 2006. Differential effects of co-inoculations with *Pseudomonas jessenii* PS06 (a phosphate-solubilizing bacterium) and *Mesorhizobium cicer* C-2/2 strains on the growth and seed yield of chickpea under greenhouse and field conditions. Journal Plant and Soil 287(2): 43-50.
28. Venkateswarlu, B., Maheswari, M., and Karan, N.S. 1999. Effects of water deficits on N₂ (C₂H₂) fixation in cowpea and groundnut. Plant and Soil 114: 69-74.
29. Zahran, H.H. 1999. *Rhizobium*-legume symbiosis and nitrogen fixation under sever condition and in an arid climate. Microbiology and Molecular Biology Reviews 63(4): 968-989.

The effects of rhizobium bacteria (*Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*) on yield of common bean in greenhouse and field experiments under drought stress condition

Hemmati^{1*}, A., Feizian², M., Asadi Rahmani³, H. & Azizi⁴, Kh.

1. Assistance Professor, Fars Agricultural & Natural Resources Research & Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
2. Associate Professor, Department of Soil Science, Lorestan University, Iran; m_feizian@yahoo.com
3. Associate Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karj, Iran; asadi_1999@yahoo.com
4. Associate Professor, Department of Agronomy, Lorestan University, Iran; azizi_kh44@yahoo.com

Received: 13 December 2015

Accepted: 15 January 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.51814

Introduction

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is the world's most important legume grown for human nutrition. Legumes and their symbiotic root nodule bacteria are extremely sensitive to drought stress. The fact that N₂ fixation is more sensitive to decreasing soil water content relative to leaf gas exchange constitutes an important constraint on N₂ accumulation and the yield potential of legumes subjected to soil drying. We hypothesize that inoculation of bean with rhizobium strains mitigates some of the negative effects of drought stress on bean. It is believed that certain microbial species and/or strains enhance plant tolerance to abiotic stresses such as drought (Yang *et al.*, 2008). The *Phyllobacterium brassicacearum* strain STM196, a PGPR isolated from the rhizosphere of oilseed rape *B. napus* enhances plant tolerance to drought in two accessions of *A. thaliana* with contrasting flowering phenology (Bresson *et al.* 2013). We proposed a new means by which bacteria can enhance plant performance under both well-watered and drought soil conditions. Inoculated plants accumulated more biomass before reproduction and exhibited a better WUE. Sharma & Saikia (2013) found that the *P. aeruginosa* GGRJ21 strain is tolerant to water stress in mung bean plants by accelerating the accumulation of inherent levels of antioxidant enzymes, cell osmolytes, and consistently expediting the up regulation of stress responsive genes in PGPR-treated plants under water stress conditions.

Materials & Methods

In order to study the effects of rhizobium strains and drought stress on yield and water use efficiency of common bean, an experiment was conducted under greenhouse and field condition in 2014 and 2015 respectively. This experiment was carried with split plot based on randomized complete block design with three replications. The treatments were irrigation base of 30, 60 and 80% available water of soil in main plot and 54, 58,160 and 177 rhizobium strains (*Leguminosarum phaseoli*) seed inoculated in sub plot.

*Corresponding Author: a.hemati@areeo.ac.ir

Water irrigation content, water use efficiency, plant nitrogen, nodule number, nodule dry matter, wet and dry shoot weight, yield and yield components were determined.

Results & Discussion

There was a significant difference ($P < 0.05$) in yield grain, biological yield, water use efficiency, 100-seed weight, dry and wet shoot weight, nodule number and nodule dry matter between the levels of irrigation as well as between different bacterial strains. The highest grain yield (3066 kg/ha), biological yield (6882 kg/ha), water use efficiency (0.81 kg/m³), 100 seed weight (44 g) were obtained in irrigation at 60% available water and 160 rhizobium strain seed inoculated treatment. Similar observation has been reported by, Suarez *et al.*, (2008) and Bhatt & Srinivasa Rao (2005). There was a significant difference ($P < 0.05$) in dry nodule matter and nodule number between irrigation and rhizobium strains. The irrigation levels showed significant difference on nodule dry matter but did not show a significant difference on nodule number, reverse, rhizobium strains have a significant difference on nodule number and have not significant difference in nodule dry matters. The most of nodule number (63 per plant) and nodule dry matters (0.458 g/plant) were obtained in irrigation at 80% available water and 177 rhizobium strain seed inoculation treatment. Nodule dry matter was reduced by increasing drought stress levels. Similar observations have been reported by Ramos *et al.*, (2003). There was a significant difference ($P < 0.05$) between wet and dry shoot weight and the irrigation levels but this result not observation in rhizobium strains treatments. Based on this experiment, it can be said that, rhizobium bacteria strains, similar as PGPR, can enhance plant performance and plant tolerance to environmental stresses by large variety of mechanisms. Some rhizobacteria help plants to maintain a favorable water status under water deficit (Creus *et al.* 2004) by enhancing the development of root system (Marulanda *et al.* 2009).

Conclusion

Our results showed that the use of rhizobium bacteria which can induce abiotic stress tolerance in the host as bio-fertilizers may be beneficial for increasing of yield and WUE in drought stress condition. In dry land like, Iran, we can use such microorganisms for lower use of water irrigation without decreasing seed yield in common bean.

Keywords: Bean, Drought stress, Rhizobium, Yield

SID



ابزارهای پژوهش



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه‌های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم‌های آموزشی

سامانه ویراستاری (ویرایش متون فارسی، انگلیسی، عربی)

کارگاه‌ها و فیلم‌های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



آموزش مهارت‌های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت‌های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI



آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران