بررسی شاخص‌های رشدی ارقام لوبیا قرمز تلقیح شده با ریزوبیوم و باکتری‌های ریزوسفری افزاینده رشد گیاه (PGPR)

مهراب یادگاری[1]، قربان نورمحمدی[2] و هادی اسدی رحمانی[3]

چکیده

به منظور بررسی اثرات تلقیح لوبیا قرمز با سویه‌های مختلف باکتری *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* توأم با باکتری‌های افزاینده رشد (PGPR) بر تعدادی از شاخص‌های رشد و نمو و تعیین بهترین ترکیب باکتری- رقم، آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های تصادفی در دو سال زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در مزرعه آموزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد انجام شد. عوامل آزمایشی شش سویه باکتری Rb-133، Rb-136، Rb-133×آزوسپیریلیوم، Rb-136×آزوسپیریلیوم، Rb-133×سودوموناس، Rb-136 × سودوموناس توأم با تیمار بدون تلقیح بدون کود (شاهد) و تیمار کودی (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره) در کرت‌های اصلی قرار گرفتند. آزوسپیریلوم و پسودوموناس به عنوان تنظیم‌کننده تثبیت نیتروژن در کنار ریزوبیوم به‌کار رفتند. سه رقم لوبیا قرمز به نام‌های اختر، گلی و صیاد در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج حاصله از این تحقیق نشان دادند که در خصوص صفت وزن دانه در گیاه، وزن غلاف در گیاه، درصد پروتئین دانه، عملکرد پروتئین دانه، درصد نیتروژن اندام هوایی گیاه در زمان برداشت، درصد نیتروژن خاک موجود درکرت‌های آزمایشی در زمان برداشت و وزن خشک گیاه به هنگام زرد شدن برگ‌ها بین تیمارهای اصلی به‌کار رفته در این آزمایش اختلاف معنی‌دار وجود دارد. هم‌چنین در مورد صفات شاخص برداشت، نسبت وزنی اندام هوایی به ریشه، درصد نیتروژن اندام هوایی تفاوت معنی‌دار در دو سال آزمایش بین ارقام به‌کار رفته در این تحقیق دیده شد. باکتری‌های تنظیم‌کننده رشد به‌کاررفته در این تحقیق منجر به افزایش در صفات برآورد شده گردیدند به‌طوری‌که در غالب موارد ارقام تلقیح شده توأم با ترکیب Rb136× سودوموناس بیشترین (۲۸ گرم در گیاه وزن دانه، ۳۵گرم در گیاه وزن غلاف، ۹۲۳/۶ کیلوگرم در هکتار عملکرد پروتئین دانه، ۷ درصد نیتروژن اندام هوایی، ۷۱ گرم وزن ماده خشک گیاه به هنگام زرد شدن برگ‌ها) و تیمارهای شاهد (بدون کوددهی، بدون تلقیح) کمترین میزان صفات برآورد شده را دارا بودند.

واژه‌های کلیدی: لوبیا، باکتری‌های تنظیم‌کننده رشد گیاه، ریزوبیوم.

تاریخ دریافت مقاله: ۸۷/۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۲/۱۳

۱- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد

۲- استاد گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی تهران، واحد علوم و تحقیقات

۳- استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهران

مقدمه و بررسی منابع

لوبیا به عنوان یکی از منابع تأمین غذای انسان دارای پروتئین در حد بالا، فسفر، آهن، ویتامین B_1 و فیبر بوده و فاقد کلسترول می‌باشد. لوبیا نقش مهمی در جهان به ویژه آمریکای مرکزی، آمریکای جنوبی و آفریقا دارد. نیتروژن به عنوان یک عنصر کلیدی در ساختمان بسیاری از ترکیبات موجودات و سلول‌های گیاهی مطرح است. ارقام لوبیا مشابه تمام بقولات به طور نسبی در زمان پر شدن غلاف به میزان زیادی نیتروژن احتیاج دارند و هر نوع کاهشی در عملکرد و تولید محصول در اثر رقابت برای جذب نیتروژن ایجاد می‌شود. نتایج تحقیقات نشان داده است که استفاده از ۵۰-۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توأم با تلقیح بذور با باکتری‌های ریزوبیوم عملکرد مشابهی مانند کوددهی را ایجاد می‌نماید. هم‌چنین مصرف کود نیتروژن زیاد منجر به عدم گره‌بندی می‌شود (۱۵). تثبیت نیتروژن در بقولات در تغذیه نیتروژنی محصول بعدی تأثیر دارد. برخی کودهای زیستی در تولید هورمون‌های محرک رشد گیاهی اثر می‌گذارند. در بیشتر کشورها، باکتری مخصوص تلقیح در همه خاک‌ها وجود نداشته یا تعداد اندکی از آن در خاک وجود دارد. باکتری‌های تنظیم‌کننده رشد در محیط ریشه، مزایایی برای رشد گیاه در پی دارند که در نتیجه آن جذب مواد غذایی بیشتر می‌شود (۷). این باکتری‌ها با سنتز انواع ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه باعث افزایش رشد و کیفیت محصول شده و از طریق فرآیندهای مختلف باعث ایجاد مقاومت سیستمیک در گیاهان می‌شوند. این مقاومت باعث می‌شود گیاه تنش‌های محیطی مانند عدم تهویه، آلودگی به عناصر سنگین، شوری، تنش خشکی، آفات و بیماری‌ها را تحمل نماید. امروزه استفاده از جنس‌های مناسب باکتری‌های افزاینده رشد به منظور بهبود رشد گیاه و کاهش آلودگی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها در بسیاری از نقاط دنیا مرسوم می‌باشد که به عنوان مایه‌های تلقیح محرک رشد یا آفت کش‌های زیستی به فروش می‌رسند. در این تحقیق سعی شد تا ضمن معرفی بهترین ترکیبات رقم-باکتری، اثرگذاری باکتری‌های تنظیم‌کننده رشد گیاه (PGPR) نیز بر صفات مورد نظر مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در بهار و تابستان سال های زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸٦ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، با موقعیت ´۵۱ °۵۰ طول جغرافیایی شمالی و ´۱۷ °۳۲ عرض جغرافیایی شرقی انجام شد. مشخصات خاک مزرعه در جدول۱ آورده شده است. آزمایش در هر دو سال زراعی به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های تصادفی و در سه تکرار انجام شد. عامل باکتری عبارت بودند از:

۱- سویه *Rhizobium* sp.Rb133

۲- سویه *Rhizobium* sp. Rb136

۳- ترکیب سویه *Rhizobium* sp.Rb133 با *Pseudomonas fluorescens* P-93

٤- ترکیب سویه *Rhizobium* sp.Rb133 با *Azospirillum lipoferum* S-21

۵- ترکیب سویه *Rhizobium* sp. Rb136 با *Pseudomonas fluorescens* P-93

٦- ترکیب سویه *Rhizobium* sp. Rb136 با *Azospirillum lipoferum* S-21 که به همراه یک تیمار شاهد (بدون کود و بدون باکتری) و تیمار مصرف نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) به دلیل جلوگیری از عمل تداخل و سهولت در اجرای طرح

به طور تصادفی در کرت‌های اصلی قرار گرفتند. مشخصات این سویه‌ها در جدول۲ آمده است.

عامل رقم شامل ارقام لوبیا قرمز (صیاد، گلی و اختر) بود که به صورت تصادفی در کرت‌های فرعی توزیع شدند. مایه تلقیح‌های پودری حاوی سویه‌های باکتری به میزان توصیه شده یک روز قبل از کشت توزین و سپس در یخچال نگهداری شدند. برای چسبندگی بهتر سویه‌های باکتریایی به بذور، به هر کیلوگرم بذر مقدار ۲۰ میلی‌لیتر محلول ۲۰٪ از محلول صمغ عربی[1] اضافه شده و به هم زده شد. سپس ۷ گرم از مایه تلقیح پودری هر یک از سویه‌ها به بذور افزوده شد (حداقل حاوی ۲×۱۰^{۸} با باکتری در هر گرم) و خوب به هم زده شد. عملیات کاشت به طور دستی و به روش هیرم کاری انجام شد. هرکرت آزمایشی شامل ٤ ردیف کاشت به طول ۵ متر با فواصل خطوط ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و فاصله ۱۰ سانتی‌متر بین بذور روی ردیف‌ها بود. بین کرت‌های اصلی ۳ ردیف بذور تلقیح نشده با باکتری به عنوان محافظ و جهت جلوگیری از عمل تداخل باکتری‌ها کشت گردید. فاصله بین تکرارها نیز ۳ متر در نظر گرفته شد. نهرهای آبیاری به نحوی تهیه شدند که آب آبیاری اضافی هر تکرار توسط یک نهر خروجی در انتهای کرت‌ها از مزرعه خارج شود. به منظور تنظیم تراکم مورد نظر در واحد سطح، سه هفته پس از کشت و در مرحله ۳-۲ برگی کامل اقدام به تنک گردید. جهت مبارزه با آفات از سم دیازینون (در برابر لارو کارادرنیا) و از سم نئورون (در برابر کنه تارتن) به میزان حداکثر غلظت ۳ در هزار استفاده شد. برای به‌دست آوردن میزان پروتئین دانه و سایر اجزا، نمونه‌های برگ، ساقه و غلاف مربوط به آخرین نمونه‌برداری قبل از زرد شدن برگ‌ها، پس از آسیاب و پودر شدن جهت تعیین درصد نیتروژن به روش کجدال به آزمایشگاه فرستاده شدند. پس از تعیین درصد نیتروژن با ضرب کلیه مقادیر در عدد تصحیح[1] (٦/۲۵) درصد پروتئین آن‌ها تعیین گردید (۱).

نتایج و بحث

وزن دانه در گیاه

در سال نخست اجرای آزمایش، صفت وزن دانه در گیاه تحت تأثیر سویه‌های باکتری تغییرات معنی‌دار را نشان نداد، اما در سال دوم اجرای آزمایش و نتایج تجزیه مرکب داده‌ها، اختلاف معنی‌داری بین اثرات تیمارهای باکتریایی دیده شد، به‌طوری‌که سویه Rb133 و باکتری سودوموناس به لحاظ ساختار ژنتیکی و توان رقابتی بیشتر (جدول۲) وزن دانه بیشتری در گیاه به‌وجود آورد. ارقام به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری (در سطح ۱٪) درخصوص صفت وزن دانه در گیاه داشتند و در گروهای مختلفی قرار گرفتند. اثرات متقابل به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نشان ندادند ولی در گروه‌های مختلفی قرار گرفتند، به‌طوری که ترکیب رقم اختر با هر یک از تیمارهای کودی، باکتری Rb133- سودوموناس و باکتری Rb136- سودوموناس توانست وزن دانه بیشتری در گیاه به‌وجود بیاورد که نشان‌دهنده اثر مطلوب سویه Rb136 در رقم فوق‌الذکر می‌باشد (جدول‌های ۳ و ٦). در این خصوص نتایج مشابهی توسط یادگاری و همکاران (۱۳۸۳) به‌دست آمده است (۲).

وزن غلاف در گیاه

این صفت در هر یک از سال های اجرای آزمایش تنها تحت تأثیر اثر رقم قرار گرفت و رقم اختر

1. Arabic Gum

1. Correction factor

بیشترین میزان وزن غلاف را به‌وجود آورد، ولی در تجزیه مرکب داده‌های آزمایش علاوه بر آن که اثر رقم معنی‌دار بود، بین اثرات تیمارهای باکتریایی و اثرات متقابل تفاوت چشم گیری مشاهده گردید (جدول‌های ۳ و ٦). تغییرات بین سویه‌های باکتری به‌نظر می‌رسد به دلیل خصوصیت ژنتیکی و توان رقابتی متفاوت آن‌ها باشد به‌طوری که تیمارهای سویه Rb133- سودوموناس، Rb136- سودوموناس و تیمار کودی برتر از سایرین قرارگرفتند. در آزمایش مشابهی اثرات تلقیح سویه‌های مختلف سودوموناس بر روی بادام زمینی مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که این سویه‌ها اثر معنی‌داری بر روی وزن غلاف، میزان عملکرد و تولید کاه، وزن خشک گره، محتوای نیتروژن و فسفر موجود در خاک و اندام هوایی و بذرگیاهان تلقیح شده با این سویه‌ها داشتند به‌طوری‌که سویه‌های موسوم به $PGPR_1$, $PGPR_2$ و $PGPR_4$ از ٦ سویه دیگر بهتر بوده و در ۳ سال آزمایش در این صفات برتر بودند. هم‌چنین دیگر صفات مورد ارزیابی در این آزمایش مانند طول ریشه، تعداد غلاف در گیاه، وزن ۱۰۰ دانه، وزن پوسته و تعداد گره در گیاه با استفاده از این سویه‌ها افزایش یافت. بیماری‌های قارچی مانند پوسیدگی طوقه و پوسیدگی ساقه نیز توسط $PGPR_4$ کاهش یافتند. از بین ارقام مورد ارزیابی در این آزمایش، رقم JL24 از همه بهتر بود و با استفاده از سویه‌های فوق الذکر میزان رشد، عملکرد و جذب غذایی بالاتری داشت (۵).

عملکرد پروتئین دانه

عملکرد پروتئین دانه از حاصل‌ضرب دو صفت میزان عملکرد و درصد پروتئین دانه محاسبه گردید. این صفت در هر یک از سال‌های مورد آزمایش تنها تحت تأثیر ارقام قرار گرفت اما در تجزیه مرکب تحت تأثیر ارقام، سویه‌های باکتری و اثرات متقابل، تغییرات معنی‌داری را در سطح ۱٪ نشان داد (جداول٤ و٦). تغییرات بین ارقام احتمالاً به دلیل نحوه رشد متفاوت، مقادیر و صفات رشد متفاوت بوده است به طوری‌که رقم اختر با توجه به تیپ رشدی ایستا در مقایسه با سایر ارقام (تیپ رشدی نیمه رونده) بیشترین عملکرد را نشان داد. با توجه به طبقه‌بندی میانگین تیمارهای باکتریایی توسط آزمون دانکن در سطح ۵٪، این سویه‌ها در گروه‌های مختلفی قرارگرفتند. به‌طوری که سویه‌های Rb133 و Rb136 در ترکیب با باکتری سودوموناس بیشترین میزان عملکرد پروتئین دانه را به خود اختصاص دادند. هانگریا و بوهرر[1] (۲۰۰۰) در آزمایشات مشابهی که روی اثر گذاری سویه‌های مختلف باکتری از گونه برادی‌ریزوبیوم بر خصوصیات کیفی و کمی ارقام مختلف سویا انجام شد به تغییرات معنی‌دار بین ارقام اشاره نمودند (۸). سنویراتنی[2] و همکاران (۲۰۰۰) نیز در آزمایش روی سویه‌های مختلف *Bradyrhizobium japonicum* و سطوح مختلف کوددهی نیتروژن در ارقام سویا، گزارش کردند که بیشترین میزان نیتروژن دانه متعلق به گروه تلقیح شده و کوددهی است (۱۲). در هر حال در آزمایش‌های فراوانی اثر مطلوب تلقیح باکتری با بذور بقولات به اثبات رسیده است که در بعضی از آن‌ها نتایج در خصوص مقادیر پروتئین دانه متفاوت بوده، ضمن آن‌که علاوه بر تلقیح، کوددهی نیز در مراحل مختلف رشد زایشی اثر مفیدی بر جای گذارده است (٤، ٦).

1. Hungria and Bohrer
2. Senevirante

درصد نیتروژن اندام هوایی گیاه در زمان برداشت

صفت درصد نیتروژن اندام هوایی گیاه در زمان برداشت در سال نخست تنها تحت تأثیر ارقام قرار گرفت اما در سال دوم علاوه بر ارقام تحت تأثیر تیمارهای باکتریایی و اثرات متقابل ارقام- باکتری قرار گرفت. در این خصوص نتایج تجزیه مرکب اطلاعات برآمده از آزمایش این موارد را تأیید نمود (جداول٤ و٦). تغییرات بین ارقام احتمالاً به دلیل برقراری هم‌زیستی متفاوت با سویه‌های باکتری، حداقل رقابت بین اجزای گیاهی و نیز استفاده ازمنابع آب و خاک بهتر می‌باشد. به‌طوری‌که رقم اختر درصد نیتروژن بیشتری در اندام هوایی خود تجمع داد. در بین سویه‌ها صرفاً در سال دوم آزمایش اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید و در سال اول و نیز در تجزیه مرکب اطلاعات اختلاف چشم‌گیری دیده نشد اما در دسته‌بندی میانگین تیمارهای باکتریایی ترکیب Rb133 با سودوموناس و Rb136-آزوسپیریلوم برتر از بقیه بودند که به‌نظر می‌رسد به دلیل هم‌زیستی بهتر و خصوصیات ژنتیکی‌آن‌ها باشد. لازم به ذکر است که باکتری تنظیم‌کننده رشد گیاهی سودوموناس در این صفت نیز برتر از باکتری آزوسپیریلوم عمل نمود. میانگین اثرات متقابل باکتری- رقم در هر دو سال آزمایش در گروه‌های مختلفی قرار گرفت که در این میان ترکیب رقم اختر با Rb133- سودوموناس یا Rb136- آزوسپیریلوم در برترین گروه‌ها از لحاظ درصد نیتروژن قرار گرفتند. ویدیرا[1] و همکاران (۲۰۰۱) نیز در محیط آزمایشگاه بر روی توان تثبیت نیتروژن و مقادیر عملکرد ارقام سویا در تلقیح با سه سویه سینوریزوبیوم فردی[2] و یک سویه برادی *Bradyrhizobium japonicum*، به اختلاف معنی‌دار در خصوص مقدار نیتروژن اندام هوایی در بین سویه‌ها و ارقام مختلف سویا اشاره نمودند.

درصد نیتروژن خاک موجود در کرت‌های آزمایشی در زمان برداشت

درصد نیتروژن خاک کرت‌های ارقام لوبیا تلقیح شده با سویه‌های مختلف باکتری درپایان فصل در هر دو سال اجرای آزمایش تحت تأثیر سویه‌های باکتری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ نشان داد. در کرت‌های حاوی Rb133- باکتری سودوموناس بیشترین میزان نیتروژن در خاک باقی ماند. در صورتی که کرت‌های دارای باکتری Rb136 کمترین میزان را در بین کرت‌های با باکتری دارد که نشانه ضعف در عملکرد این باکتری است و نتوانسته در خاک به میزان قابل توجهی نیتروژن باقی بگذارد تا خاک غنی شود که عدم کارایی مناسب این سویه را نشان می‌دهد. در بین ارقام اختلاف آماری چشم‌گیری مشاهده گردید به طوری‌که رقم اختر درصد نیتروژن بیشتری در خاک باقی گذاشت. اثرات متقابل ارقام و سویه‌های باکتری به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را نشان نداد اما در تجزیه مرکب داده‌ها، این اثرات معنی‌دار بودند (جداول۵ و٦) و در ترکیبات فوق در حدود ۰/۰۳ درصد، ترکیب Rb133-سودوموناس همراه با رقم اختر بیشتر از زمان ابتدای کاشت در خاک نیتروژن باقی گذارده است.

وزن خشک گیاه به هنگام زردشدن برگ‌ها و غلاف‌ها:

صفت وزن خشک گیاه به هنگام زردشدن برگ‌ها تحت تأثیرسویه‌های باکتری و ارقام، تغییرات قابل ملاحظه آماری را به‌وجود آورد (جداول ۵ و ٦). تغییرات به نحوی بود که منجر شد سویه Rb133-

1. Vederia and Pastorino
2. *Sinorhizobium fredii*

باکتری سودوموناس و رقم اختر در مکان بالاتری نسبت به سایر سویه‌ها و ارقام صیاد و گلی قرار بگیرد. اثرات متقابل سویه‌های باکتری و ارقام به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار نشان ندادند ولی میانگین این اثرات در گروه‌های مختلفی قرارگرفت. در این خصوص ترکیب Rb133 و باکتری سودوموناس و رقم اختر بیشترین تولید ماده خشک را داشتند. در آزمایشات مشابهی که توسط اسدی رحمانی و راستین[1] (۲۰۰۰) بر روی ارقام لوبیا و سویه‌هایی از باکتری ریزوبیوم فازئولی صورت گرفت ایشان نیز به وجود اختلاف معنی‌دار در خصوص وزن خشک ارقام لوبیا اشاره نمودند. بر طبق نتایج ایشان سویه شماره ۱۰۰ که از استان همدان و منطقه لالجین جداسازی شده است با کارایی ۲۱۸ درصد در تولید وزن خشک مؤثرترین سویه بوده است (۱). رودریگوئزناوارو[2] و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که تفاوت معنی‌داری در خصوص مقادیر وزن خشک اندام هوایی رقم لوبیا کانیلنی در تلقیح با سویه‌های مختلف ریزوبیوم وجود دارد. برطبق این گزارش سویه Retli 21PR-2 با میزان ۱۱/۷ گرم وزن خشک در ٤ گیاه موجود در گلدان بیشترین وزن خشک را به خود اختصاص داده است (۱۱). جان مانجی[3] و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که تلقیح بذور اثر مطلوبی بر افزایش کل ماده خشک می‌گذارد و اندازه و کیفیت بذر مطلوب‌تر می‌گردد و تثبیت نیتروژن در خاک بیشتر می‌شود (۹). در آزمایشی دیگر که بر روی سویه‌های مختلف آزوسپیریلوم و سطوح کوددهی نیتروژنی در گیاه *Gaillardia pulchella*، انجام شده است مشخص شد که تیمارها تأثیر معنی‌داری در روی ارتفاع گیاه، تعداد برگ در هر گیاه، تعداد شاخه در هر گیاه و کل ماده خشک داشته‌اند (۱۰). در بررسی اثرات تلقیح سویه‌های مختلف باکتری های تنظیم کننده رشد توأم با سویه‌های مختلف باکتری‌های ریزوبیوم در گیاهان لپه هندی، مشاهده گردید که تلقیح با باکتری‌های افزاینده رشد گیاه اثر معنی‌داری در میزان گره‌بندی، تثبیت نیتروژن، کل میزان نیتروژن موجود در اندام‌هوایی و عملکرد دانه داشت. در این آزمایش تلقیح منفرد با ریزوبیوم باعث افزایش گره‌بندی به میزان ۵۰٪ گردید و بیشترین میزان گره‌بندی در زمان تلقیح گیاهان با ریزوبیوم و سویه *Pseudomonas putida* ایجاد گردید (۱۳).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به آزمایش انجام شده باکتری‌های افزایش دهنده رشد (PGPR) منجر به افزایش در صفات زراعی گیاه لوبیا شدند. در غالب موارد، ارقام تلقیح شده توأم با ترکیب Rb136× سودوموناس بیشترین و تیمارهای شاهد (بدون کوددهی، بدون تلقیح) کمترین میزان صفات برآورد شده را دارا بودند. لذا پیشنهاد می‌شود ضمن لزوم انجام آزمایش در مناطق دیگر کشور که قابلیت کشت و کار گیاه لوبیا وجود دارد برای بالا بردن صفات مورد نظر جهت افزایش عملکرد، از باکتری‌های افزایش دهنده رشد گیاه در ترکیب با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن استفاده شود.

1. Rahmani and Rastin
2. Rodriguez Navarro and Buendia
3. John Maingi

جدول۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸٦

سال	عمق (cm)	بافت	نیتروژن کل ٪	فسفر قابل جذب ($mgkg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب ($mgkg^{-1}$)	مس قابل جذب ($mgkg^{-1}$)	منگنز قابل جذب ($mgkg^{-1}$)	آهن قابل جذب ($mgkg^{-1}$)	روی قابل جذب ($mgkg^{-1}$)	هدایت الکتریکی ds/m	کربن آلی %	اسید یته گل اشباع (pH)
۱۳۸۵	۰-۳۰	لوم	۰/۰٦	۲/۱۸	۲۳۵	۱/۰۱	۹/٦۹	۳/۱٤	۱/۱٤	۰/٤٤	۰/۷	۷/۸
۱۳۸٦	۰-۳۰	لوم	۰/۰٦۵	۲/۸	۲٤۵	۱/۱۰۸	۹/۷۹	۳/٤۵۳	۱/۱۳٦	۰/٤۷	۰/۷۹	۸/۳۳

جدول ۲- برخی مشخصات سویه‌های **PGPR** به‌کار رفته در آزمایش (برآورد شده توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب)

سویه ها	تولید سیدروفور	تولید سیانید هیدروژن	فعالیت نیتروژناز ($۱۰^{٤}$ نانومول استیلن در ساعت)	تولید اکسین (میکروگرم اکسین در میلی لیتر)	حل نمودن فسفر (میکروگرم فسفر در میلی لیتر در هفته)
Pseudomonas fluorescens P-93	+	+	−	٦۳/۷	٦۸
Azospirillum lipoferum S-21	−	−	۱۲	۳۲	٤۱

جدول ۳- تجزیه واریانس وزن دانه و وزن غلاف در ارقام لوبیا تحت تأثیر تیمارهای مختلف باکتری در سال اول و دوم آزمایش.

منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن دانه در گیاه سال۱		وزن دانه در گیاه سال۲		وزن غلاف در گیاه سال۱		وزن غلاف در گیاه سال۱	
		میانگین مربعات	P< α	میانگین مربعات	P< α	میانگین مربعات	P< α	میانگین مربعات	P< α
بلوک	۲	۲۸۲/۹۱	–	۸٤/۹۸	–	۵۹۱	–	۱۷۷/۰۹	–
باکتری	۷	۱۱۰/۰۱	ns	۳۰۱/۸٤	۰/۰۱	۲۱۸/۷٦	ns	۲۳۷/۸۸	ns
خطای کرت‌های اصلی	۱٤	٤۹/٤٦	–	۲۸/۱۵	–	۱۰٤/۲۳	–	۳۷/۲۷	–
رقم	۲	۳۸۸/۸۸	۰/۰۱	۵۰٤/۱٤	۰/۰۱	۸۷٤/۷۵	۰/۰۱	۸٤۱/۳	۰/۰۱
باکتری × رقم	۱٤	٦/۲۸	ns	٤/۹۷	ns	۱۵/۳۷	ns	۷/۸٦	ns
خطای کرت‌های فرعی	۳۲	۵/۰۹	–	۵/۳۸	–	۱۱/٦٦	–	۸/۳٤	–
ضریب تغییرات(% cv)		۱۷/۰۱		۱۲/۹		۱۷/۳٤		۱۲/٦۸	

جدول ٤- تجزیه واریانس عملکرد پروتئین و درصد نیتروژن اندام هوایی در ارقام لوبیا تحت تأثیر تیمارهای مختلف باکتری در سال اول و دوم آزمایش.

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد پروتئین دانه سال ۱		عملکرد پروتئین دانه سال ۲		درصد نیتروژن اندام هوایی سال۱		درصد نیتروژن اندام‌هوایی سال ۲	
		میانگین مربعات	P< α	میانگین مربعات	P< α	میانگین مربعات	P< α	میانگین مربعات	P< α
بلوک	۲	٤۰٦۹۵٦/٤۲۹	–	٤۰٦۳۵۷/۵۱	–	۱/۸	–	۰/٤۸	–
باکتری	۷	۱٦۲۳۲۹/۱٦۸	ns	۱٦۳٤۵۷/۵	ns	۲/۰٦	ns	۰/۸۷	ns
خطای کرت‌های اصلی	۱٤	۷۰۰۰۸/۵۹۵	–	٦۹۷۹٤/۹٤	–	۱/۷۹	–	۱/۸۱	–
رقم	۲	۷۰٤۱٦۹/٤۵۲	۰/۰۱	۷۰۹۸۲۷/۱۹٦	۰/۰۱	۱۱/۵۹	۰/۰۱	۱/٦۸	۰/۰۱
باکتری × رقم	۱٤	۱۲۰۱۲/۸۲٦	ns	۱۱۸۰٦/٤۷	ns	۰/۳	ns	۰/۵۲	۰/۰۱
خطای کرت‌های فرعی	۳۲	۸٦۵۲/۸۳۹	–	۸۵۸۷/۷	–	۰/۵٦	–	۰/۰٦۲	–
ضریب تغییرات(% cv)		۱۸/٦۵		۱۸/۵		۱۳/۲۸		۱۰/۵۲	

جدول ۵- تجزیه واریانس درصد نیتروژن خاک کرت‌های آزمایشی پس از برداشت و وزن خشک گیاه به هنگام زرد شدن برگ‌ها و در ارقام لوبیا تحت تأثیر تیمارهای مختلف باکتری در سال اول و دوم آزمایش.

منبع تغییرات	درجه آزادی	درصد نیتروژن خاک سال۱		درصد نیتروژن خاک سال۱		وزن خشک گیاه سال۱		وزن خشک گیاه سال۲	
		میانگین مربعات	P< α	میانگین مربعات	P< α	میانگین مربعات	P< α	میانگین مربعات	P< α
بلوک	۲	۰/۰۰۰۰۳	–	۰/۰۰۸	–	۱/٤۹	–	۲۹/۸۳	–
باکتری	۷	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱	٤۵/۲	ns	۲۰٤۷/٤۷	۰/۰۱
خطای کرت‌های اصلی	۱٤	۰/۰۰۰۰٤	–	۰/۰۰۰۱	–	۸٤/٦	–	۳۷٤/۹۷	–
رقم	۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۰٦	۰/۰۱	۲۷۳/۲٦	۰/۰۱	۵۸٤/٦٤	۰/۰۱
باکتری × رقم	۱٤	۰/۰۰۰۰۱	ns	۰/۰۰۰۰۲	ns	۱۱/۱	ns	٤۱/۲٤	ns
خطای کرت‌های فرعی	۳۲	۰/۰۰۰۰۰۷	–	۰/۰۰۰۰۵	–	۱۹/۷۸	–	۳٤/٦۲	–
ضریب تغییرات(cv %)		٤/٦		۱۰/۳۵		۱۷/۰۵		۱۳/۰۲	

جدول ٦- تجزیه واریانس مرکب وزن دانه در گیاه، وزن غلاف در گیاه، عملکرد پروتئین دانه، درصد نیتروژن اندام هوایی، درصد نیتروژن خاک کرت‌های آزمایشی پس از برداشت، وزن خشک گیاه به هنگام زرد شدن برگ‌ها در ارقام لوبیا تحت تأثیر تیمارهای مختلف باکتری در دو سال اجرای آزمایش..

منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن دانه در گیاه		وزن غلاف در گیاه		عملکرد پروتئین دانه		درصد نیتروژن اندام هوایی		درصد نیتروژن خاک کرت ها		وزن خشک گیاه	
		میانگین مربعات	P< α	میانگین مربعات	P< α	میانگین مربعات	P< α	میانگین مربعات	P< α	میانگین مربعات	P< α	میانگین مربعات	P< α
سال	١	٨٠٧/٥	٠/٠١	٣٤٠/١٨	٠/٠٥	١١/٥٣	ns	٣٩٠/٨٨	٠/٠١	٢٨/٧٣	٠/٠١	١٣١٠٧/٣٨	٠/٠١
تکرار در سال	٤	١٨٣/٩٤	٠/٠١	٣٨٤/٠٤	٠/٠١	٤٠٦٦٥٦/٥٧٦	٠/٠١	١/١٤٢	ns	٠/٠٣٨	٠/٠٥	١٥/٦٦	ns
باکتری	٧	٣٦٥/٠٣	٠/٠١	٤١٧/٠٥	٠/٠١	٣٢٥٧٨٢/٤٢١	٠/٠١	٢/٤٦	٠/٠٥	٠/٠٧٤	٠/٠١	٩٠٤٧/٧٦	٠/٠١
سال × باکتری	٧	٤٦/٨٢	ns	٣٩/٥٩	ns	٣/٧٢	ns	٠/٤٧٤	ns	٠/٠٦٥	٠/٠١	٨٠٠/١٣	٠/٠٥
خطای کرت‌های اصلی	٢٨	٣٨/٩	–	٧٠/٥١	–	٦٩٩٠١/٨٧١	–	٠/٩٦	–	٠/٠١٠٣	–	٢٩٩/٧٩	–
رقم	٢	٨٨٧/٩٦	٠/٠١	١٧١٥/١	٠/٠١	١٤١٣٩٩١/٥٧	٠/٠١	١٠/٥٧	٠/٠١	٠/١٤١	٠/٠١	٧٩٣/٠٨	٠/٠١
سال × رقم	٢	٥/٠٧	ns	٠/٩٥	ns	٥/٨	ns	٢/٦٩	٠/٠١	٠/١٢٧	٠/٠١	٦٤/٨	ns
باکتری× رقم	١٤	٨/٥٥	ns	١٦/٥٨	٠/١	٢٣٨١٦/٣٧١	٠/٠١	٠/٢٢	ns	٠/٠٤١	٠/٠١	١٧/٠٤	ns
سال × باکتری × رقم	١٤	٢/٧١	ns	٦/٦٥	ns	٢/٨٨٦	ns	٠/٦	٠/٠٥	٠/٠٤١	٠/٠١	٣٥/٣	ns
خطای کرت‌های فرعی	٦٤	٥/٢٢٨	–	١٠/٠١٨	–	٨٦٢١/٣١٧	–	٠/٣١٦	–	٠/٠٠٦	–	٢٧/٢	–
ضریب تغییرات (cv %)		١٤/٦٤		١٤/٩		١٨/٦		١٣/٩٤		١٣/٩٩		١٤/٦٤	

ns= بدون تفاوت معنی‌دار از نظر آماری

منابع

۱. مدیر شانه چی، م.۱۳۷۱. تولید و مدیریت گیاهان علوفه‌ای. انتشارات آستان قدس رضوی،۲۳۵-۲۳۲.

۲. یادگاری، م.، غ. اکبری و ج. دانشیان.۱۳۸۲. اثرات تلقیح چهار سویه باکتری بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا در شرایط آب و هوایی کرج. مجله علمی پژوهشی پژوهش‌های زراعی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، جلد۱، شماره ۱، ص. ۹۳-۱۰۹.

3. Asadi Rahmani, H., and Rastin, N. S. 2000. Prediction of the necessity of soybean inoculation based on the numbers of *Bradyrhizobium japonicum*. Ninth Congress of African Association for Biological N_2 Fixation, 65.
4. Bremer E., and Kessel, C. V. 1990. Selection of *leguminosarum* strains for lentil under growth room and field condition.Plant and Soil 121:47-56.
5. Dey. R., Pal, K. K., Bhatt, D. M., and Chauhan, S. M. 2004. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growthpromoting Rhizobacteria. Microbiological Research 159: 371-394.
6. Galal, G. M. 1997. Dual inoculation with strains of *Bradyrhizobium japonicom* and *Azospirillum brasilense* to improve growth. Biology and Fertility of Soils 24: 317-322.
7. Gray, E. J., and Smith, D. L. 2005. Intracellular and extra cellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. Soil Biology Biochemistry 37: 395-410.
8. Hungria, M., and Bohrer, T. R. J. 2000. Viability of nodulation and dinitrogen fixation capacity among soybean cultivars. Biology and Fertility of Soils 31:45-52.
9. Maingi, J. M., Shisanya, C. A., and Gitonga, N. M. 2001. Nitrogen fixation by common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in pure and mixed stands in semiarid south – east Kenya. European Journal of Agronomy 14:1-12.
10. Ravi, S., Gadagi, P. U., Krishna, K. J. H., and Tongmin S. A. 2004. The effect of combined *Azospirillum* inoculation and nitrogen fertilizer on plant growth promotion and yield response of the blanket flower *Gaillardia pulchella*. Scientia Horticulture 100: 323–332.
11. Rodriguez –Navarro. D. N., Buendia, A. M., Camacho, M., and Lucas, M. M. 2000. Characterization of *Rhizobium* spp. bean isolates from southwest Spain. Soil Biology and Biochemistry 32: 1601 –1613.
12. Senevirante, G., Vanholm, L. H. J., and Ekanayake, E. M. H. G. S. 2000. Agronomic benefits of rhizobia inoculants use over nitrogen fertilizer application in tropical soybean. Field Crops Research 68: 199-203.
13. Tilak, N., Ranganayaki, F., and Manoharachari, C. 2006. Synergistic effects of plant-growth promoting Rhizobacteria and Rhizobium on nodulation and nitrogen fixation by pigeon pea (*Cajanus cajan*). European Journal of Soil Science 57: 67–71.
14. Vederia, L. B., Pastorino, G. N., and Balatti, P. A. 2001. Incompatibility may not be the rule in the *sinorhizobium fredii* –soybean interaction. Soil Biology and Biochemistry 33: 837-840.
15. Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil 255: 571-586.