

## بررسی شاخص‌های رشدی ارقام لوبیا قرمز تلقیح شده با ریزوبیوم و

### باکتری‌های ریزوسفری افزایش‌دهنده رشد گیاه (PGPR)

مهراب یادگاری<sup>۱</sup>، قربان نورمحمدی<sup>۲</sup> و هادی اسدی رحمانی<sup>۳</sup>

#### چکیده

به منظور بررسی اثرات تلقیح لوبیا قرمز با سویه‌های مختلف باکتری *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* توأم با باکتری‌های افزایش‌دهنده 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. آزوسپیریلیوم و سودوموناس به عنوان تنظیم‌کننده تثبیت نیتروژن در کنار ریزوبیوم به کار 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 در کرت‌های آزمایشی در زمان برداشت و وزن خشک گیاه به هنگام زرد شدن برگ‌ها بین تیمارهای اصلی به کار 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 به کار رفته در این تحقیق دیده شد. باکتری‌های تنظیم‌کننده رشد به کار رفته در این تحقیق منجر به افزایش در صفات برآورد شده گردیدند به طوری که در غالب موارد ارقام تلقیح شده توأم با ترکیب Rb136×سودوموناس بیشترین (۲۸ گرم در گیاه وزن دانه، ۳۵ گرم 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

یادگاری، م. بررسی شاخص‌های رشدی ارقام لوبیا قرمز تلقیح شده با ...

## مقدمه و بررسی منابع

لوبیا به عنوان یکی از منابع تأمین غذای انسان دارای پروتئین در حد بالا، فسفر، آهن، ویتامین B<sub>1</sub> 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 افزایش‌دهنده 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 آفت‌کش‌های 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 سال‌های زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ 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 جدول ۱ 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

۴- ترکیب سویه *Rhizobium* sp. Rb133 با

*Azospirillum lipoferum* S-21

۵- ترکیب سویه *Rhizobium* sp. Rb136 با

*Pseudomonas fluorescens* P-93

۶- 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

نمونه برداری 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<sup>۱</sup> (۶/۲۵) 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، به طوری که سویه Rb133 و باکتری سودوموناس به لحاظ ساختار ژنتیکی و توان رقابتی بیشتر (جدول ۲) وزن دانه بیشتری در گیاه به وجود آورد. ارقام به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری (در سطح ۱٪) در خصوص صفت وزن دانه در گیاه داشتند و در گروه‌های مختلفی قرار گرفتند. اثرات متقابل به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نشان ندادند ولی در گروه‌های مختلفی قرار گرفتند، به طوری که ترکیب رقم اختر با هر یک از تیمارهای کودی، باکتری Rb133- سودوموناس و باکتری Rb136- سودوموناس توانست وزن دانه بیشتری در گیاه به وجود بیاورد که نشان‌دهنده اثر مطلوب سویه Rb136 در رقم فوق‌الذکر می‌باشد (جدول‌های ۳ و ۶). در این خصوص نتایج مشابهی توسط یادگاری و همکاران (۱۳۸۳) به دست آمده است (۲).

### وزن غلاف در گیاه

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

به طور تصادفی در کرت‌های اصلی قرار گرفتند. مشخصات این سویه‌ها در جدول ۲ 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<sup>۱</sup> اضافه شده و به هم زده شد. سپس ۷ گرم از مایه تلقیح پودری هر یک از سویه‌ها به بذور افزوده شد (حداقل حاوی  $2 \times 10^8$  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 ۴ 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 ۲-۳ 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 به دست آوردن میزان پروتئین دانه و سایر اجزا، نمونه‌های برگ، ساقه و غلاف مربوط به آخرین

1. Correction factor

1. Arabic Gum

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 (جدول ۴ و ۶). تغییرات بین ارقام احتمالاً به دلیل نحوه رشد متفاوت، مقادیر و صفات رشد متفاوت بوده است به طوری که 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 قرار گرفتند. به طوری که سویه‌های Rb133 و Rb136 در ترکیب با باکتری سودوموناس بیشترین میزان عملکرد پروتئین دانه را به خود اختصاص دادند. هانگریا و بوهرر<sup>۱</sup> (۲۰۰۰) در آزمایشات مشابهی که روی اثر گذاری سویه‌های مختلف باکتری از گونه برادی ریزوبیوم بر خصوصیات کیفی و کمی ارقام مختلف سویا انجام شد به تغییرات معنی‌دار بین ارقام اشاره نمودند (۸). سنویرانتی<sup>۲</sup> 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 (۴، ۶).

بیشترین میزان وزن غلاف را به وجود آورد، ولی در تجزیه مرکب داده‌های آزمایش علاوه بر آن که اثر رقم معنی‌دار بود، بین اثرات تیمارهای باکتریایی و اثرات متقابل تفاوت چشم‌گیری مشاهده گردید (جدول‌های ۳ و ۶). تغییرات بین سویه‌های باکتری به نظر می‌رسد به دلیل خصوصیت ژنتیکی و توان رقابتی متفاوت آن‌ها باشد به طوری که تیمارهای سویه Rb133- سودوموناس، Rb136- سودوموناس و تیمار کودی برتر از سایرین قرار گرفتند. 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 بذر گیاهان تلقیح شده با این سویه‌ها داشتند به طوری که سویه‌های موسوم به PGPR<sub>1</sub>، PGPR<sub>2</sub> و PGPR<sub>4</sub> از ۶ 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<sub>4</sub> کاهش یافتند. از بین ارقام مورد ارزیابی در این آزمایش، رقم JL24 از همه بهتر بود و با استفاده از سویه‌های فوق‌الذکر میزان رشد، عملکرد و جذب غذایی بالاتری داشت (۵).

#### عملکرد پروتئین دانه

عملکرد پروتئین دانه از حاصل ضرب دو صفت میزان عملکرد و درصد پروتئین دانه محاسبه گردید. این صفت در هر یک از سال‌های مورد آزمایش تنها

1. Hungria and Bohrer  
2. Senevirante

*Bradyrhizobium japonicum* به اختلاف

معنی دار 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 در پایان 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 طوری که 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 (جداول ۵ و ۶) 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 تأثیر سویه‌های باکتری و ارقام، تغییرات قابل ملاحظه آماری را به وجود آورد (جداول ۵ و ۶). تغییرات به نحوی بود که منجر شد سویه Rb133-

### 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 (جداول ۴ و ۶). تغییرات بین ارقام احتمالاً به دلیل برقراری هم‌زیستی متفاوت با سویه‌های باکتری، حداقل رقابت بین اجزای گیاهی و نیز استفاده از منابع آب و خاک بهتر می‌باشد. به طوری که 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 به نظر می‌رسد به دلیل هم‌زیستی بهتر و خصوصیات ژنتیکی آن‌ها 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<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۱) نیز در محیط آزمایشگاه بر روی توان تثبیت نیتروژن و مقادیر عملکرد ارقام سویا در تلقیح با سه سویه سینوریزوبیوم فردی<sup>۲</sup> و یک سویه برادی

1. Vederia and Pastorino  
2. *Sinorhizobium fredii*

*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 باکتری‌های تنظیم کننده رشد توأم با سویه‌های مختلف باکتری‌های ریزوبیوم در گیاهان لپه هندی، مشاهده گردید که تلقیح با باکتری‌های افزایش‌دهنده 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  $\times Rb136$  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.

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<sup>۱</sup> (۲۰۰۰) بر روی ارقام لوبیا و سویه‌هایی از باکتری ریزوبیوم فازنولی 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 لالچین جداسازی شده است با کارایی ۲۱۸ درصد در تولید وزن خشک مؤثرترین سویه بوده است (۱). رودریگوئزناوارو<sup>۲</sup> 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 ۴ گیاه موجود در گلدان بیشترین وزن خشک را به خود اختصاص داده است (۱۱). جان مانجی<sup>۱</sup> 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

1. Rahmani and Rastin

2. Rodriguez Navarro and Buendia

3. John Maingi

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶

اسید یته گل	کربن آلی %	هدایت الکتریکی ds/m	روی قابل جذب (mgkg <sup>-1</sup> )	آهن قابل جذب (mgkg <sup>-1</sup> )	منگنز قابل جذب (mgkg <sup>-1</sup> )	مس قابل جذب (mgkg <sup>-1</sup> )	پتاسیم قابل جذب (mgkg <sup>-1</sup> )	فسفر قابل جذب (mgkg <sup>-1</sup> )	نیترژن کل %	بافت	عمق (cm)	سال
۷/۸	۰/۷	۰/۴۴	۱/۱۴	۳/۱۴	۹/۶۹	۱/۰۱	۲۳۵	۲/۱۸	۰/۰۶	لوم	۰-۳۰	۱۳۸۵
۸/۳۳	۰/۷۹	۰/۴۷	۱/۱۳۶	۳/۴۵۳	۹/۷۹	۱/۱۰۸	۲۴۵	۲/۸	۰/۰۶۵	لوم	۰-۳۰	۱۳۸۶

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

حل نمودن فسفر (میکروگرم فسفر در میلی لیتر در هفته)	تولید اکسین (میکروگرم اکسین در میلی لیتر)	فعالیت نیتروژناز (۱۰ <sup>۴</sup> نانومول استرین در ساعت)	تولید سیانید هیدروژن	تولید سیدروفور	سویه ها
۶۸	۶۳/۷	-	+	+	<i>Pseudomonas fluorescens</i> P-93
۴۱	۳۲	۱۲	-	-	<i>Azospirillum lipoferum</i> S-21

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 سال ۱		وزن غلاف در گیاه سال ۲		وزن غلاف در گیاه سال ۱		وزن غلاف در گیاه سال ۲	
	میانگین	P < α	میانگین	P < α	میانگین	P < α	میانگین	P < α	میانگین	P < α
بلوک	۲	-	۲۸۲/۹۱	-	۸۴/۹۸	-	۵۹۱	-	۱۷۷/۰۹	-
باکتری	۷	ns	۱۱۰/۰۱	ns	۳۰۱/۸۴	۰/۰۱	۲۱۸/۷۶	ns	۳۳۷/۸۸	ns
خطای کرت‌های اصلی	۱۴	-	۴۹/۴۶	-	۲۸/۱۵	-	۱۰۴/۳۳	-	۳۷/۲۷	-
رقم	۲	۰/۰۱	۳۸۸/۸۸	۰/۰۱	۵۰۴/۱۴	۰/۰۱	۸۷۴/۷۵	۰/۰۱	۸۴۱/۳	۰/۰۱
باکتری × رقم	۱۴	ns	۶/۲۸	ns	۴/۹۷	ns	۱۵/۳۷	ns	۷/۸۶	ns
خطای کرت‌های فرعی	۳۲	-	۵/۰۹	-	۵/۳۸	-	۱۱/۶۶	-	۸/۳۴	-
ضریب تغییرات (CV %)			۱۷/۰۱		۱۲/۹		۱۷/۳۴		۱۲/۶۸	

جدول ۴- 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 سال ۱		درصد نیتروژن اندام هوایی سال ۲	
		میانگین	P < α	میانگین	P < α	میانگین	P < α	میانگین	P < α
بلوک	۲	۴۰.۶۹۵۶/۴۲۹	-	۴۰.۶۳۵۷/۵۱	-	۱/۸	-	۰/۴۸	-
باکتری	۷	۱۶۶۳۲۹/۱۶۸	ns	۱۶۳۴۵۷/۵	ns	۲/۰۶	ns	۰/۸۷	ns
عطای کرت‌های اصلی	۱۴	۷۰۰۰۸/۵۹۵	-	۶۹۷۹۴/۹۴	-	۱/۷۹	-	۱/۸۱	-
رقم	۲	۷۰.۴۱۶۹/۴۵۲	۰/۰۱	۷۰.۹۸۲۷/۱۹۶	۰/۰۱	۱۱/۵۹	۰/۰۱	۱/۶۸	۰/۰۱
باکتری × رقم	۱۴	۱۲۰.۱۲/۸۲۶	ns	۱۱۸۰.۶/۴۷	ns	۰/۳	ns	۰/۵۲	۰/۰۱
عطای کرت‌های فرعی	۳۲	۸۶۵۲/۸۳۹	-	۸۵۸۷/۷	-	۰/۵۶	-	۰/۶۲	-
ضریب تغییرات (CV %)		۱۸/۶۵		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.

وزن خشک گیاه سال ۲		وزن خشک گیاه سال ۱		درصد نیتروژن خاک سال ۱		درصد نیتروژن خاک سال ۱		درصد نیتروژن خاک سال ۱		درصد نیتروژن خاک سال ۱		درصد نیتروژن خاک سال ۱		درصد نیتروژن خاک سال ۱		درصد نیتروژن خاک سال ۱		درصد نیتروژن خاک سال ۱	
$P < \alpha$	میانگین مربعات	$P < \alpha$	میانگین مربعات	$P < \alpha$	میانگین مربعات	$P < \alpha$	میانگین مربعات	$P < \alpha$	میانگین مربعات	$P < \alpha$	میانگین مربعات	$P < \alpha$	میانگین مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات				
-	۲۹/۸۳	-	۱/۴۹	-	۰/۰۰۸	-	۰/۰۰۰۳	-	۰/۰۰۰۳	-	۰/۰۰۰۳	-	۰/۰۰۰۳	۲	بلوک				
۰/۰۱	۲۰۴۷/۴۷	ns	۴۵/۲	۰/۰۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۰۲	۷	باکتری				
-	۳۷۴/۹۷	-	۸۴/۶	-	۰/۰۰۰۱	-	۰/۰۰۰۴	-	۰/۰۰۰۴	-	۰/۰۰۰۴	-	۰/۰۰۰۴	۱۴	خطای کرت‌های اصلی				
۰/۰۱	۵۸۴/۶۴	۰/۰۱	۲۷۳/۲۶	۰/۰۱	۰/۰۰۰۶	۰/۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۰۲	۲	رقم				
ns	۴۱/۲۴	ns	۱۱/۱	ns	۰/۰۰۰۲	ns	۰/۰۰۰۱	ns	۰/۰۰۰۱	ns	۰/۰۰۰۱	ns	۰/۰۰۰۱	۱۴	باکتری × رقم				
-	۳۴/۶۲	-	۱۹/۷۸	-	۰/۰۰۰۵	-	۰/۰۰۰۰۷	-	۰/۰۰۰۰۷	-	۰/۰۰۰۰۷	-	۰/۰۰۰۰۷	۳۲	خطای کرت‌های فرعی				
	۱۳/۰۲		۱۷/۰۵		۱۰/۳۵		۴/۶		۴/۶		۴/۶		۴/۶		ضریب تغییرات (CV %)				

جدول ۶- 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..

P < α	وزن خشک گیاه		درصد نیتروژن خاک کرت‌ها		درصد نیتروژن اندام هوایی		عملکرد پروتئین دانه		عملکرد پروتئین دانه		وزن غلاف در گیاه		وزن دانه در گیاه		منبع تغییرات
	میانگین	مربعات	P < α	میانگین	مربعات	P < α	میانگین	مربعات	P < α	میانگین	مربعات	P < α	میانگین	مربعات	
۰/۰۱	۱۳۱۰۷/۳۸	۲۸۸۳	۰/۰۱	۳۹۰/۸۸	۱۱/۵۳	۰/۰۵	۳۴۰/۱۸	۰/۰۱	۸۰۷/۵	۱	سال				
ns	۱۵/۶۶	۰/۰۳۸	ns	۱/۱۴۲	۴۰۶۶۵/۵۷۶	۰/۰۱	۳۸۴/۰۴	۰/۰۱	۱۸۳/۹۴	۴	تکرار در سال				
۰/۰۱	۹۰۴۷/۷۶	۰/۰۷۴	۰/۰۵	۲/۴۶	۳۲۵۷۸۲/۴۲۱	۰/۰۱	۴۱۷/۰۵	۰/۰۱	۳۶۵/۰۳	۷	باکتری				
۰/۰۵	۸۰۰/۱۳	۰/۰۶۵	ns	۰/۴۷۴	۳/۸۲	ns	۳۹/۵۹	ns	۴۶/۸۲	۷	سال × باکتری				
-	۲۹۹/۷۹	۰/۰۱۰۳	-	۰/۹۶	۶۹۹۰۱/۸۷۱	-	۷۰/۵۱	-	۳۸/۹	۲۸	خطای کرت‌های اصلی				
۰/۰۱	۷۹۳/۰۸	۰/۱۴۱	۰/۰۱	۱۰/۵۷	۱۴۱۳۹۱/۵۷	۰/۰۱	۱۷۱/۵۱	۰/۰۱	۸۸۷/۹۶	۲	رقم				
ns	۶۴/۸	۰/۱۲۷	۰/۰۱	۲/۶۹	۵/۸	ns	۰/۹۵	ns	۵/۰۷	۲	سال × رقم				
ns	۱۷/۰۴	۰/۰۴۱	ns	۰/۲۲	۲۳۸۱۶/۳۷۱	۰/۰۱	۱۶/۵۸	ns	۸/۵۵	۱۴	باکتری × رقم				
ns	۳۵/۳	۰/۰۴۱	۰/۰۵	۰/۶	۲/۸۸۶	ns	۶/۶۵	ns	۲/۸۱	۱۴	سال × باکتری × رقم				
-	۲۷/۲	۰/۰۰۶	-	۰/۳۱۶	۸۶۲۱/۳۱۷	-	۱۰/۱۸	-	۵/۲۲۸	۶۴	خطای کرت‌های فرعی				
۱۴/۶۴		۱۳/۹۴			۱۸/۶		۱۴/۹		۱۴/۶۴		تجزیه تغییرات (۵۷%)				

ns= بدون تفاوت معنی دار 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، جلد ۱، 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<sub>2</sub> 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.