



دانشگاه کردستان، منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و هفتم، شماره اول، ۱۳۹۹

۲۲۳-۲۴۱

<http://jopp.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jopp.2020.16146.2460

اثر تلقیح باکتری *Rhizobium leguminosarum* در ترکیب با سطوح مختلف جمعیت باکتری *Pseudomonas fluorescens* بر برخی صفات کمی باقلا (*Vicia faba*)

فهیمة وحدت‌پور^۱، حسین آروپی^۲، خدایار همتی^۳، بهنام کامکار^۴ و فاطمه شیخ^۵

^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران،

^۲ دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران،

^۳ دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،

^۴ استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران،

^۵ استادیار بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۵

چکیده

سابقه و هدف: استفاده از باکتری‌ها به‌عنوان کود زیستی یکی از مسائل مهم در توسعه کشاورزی پایدار محسوب می‌شود که مهم‌ترین نتیجه آن کاهش آلودگی محیط‌زیست در اثر کاهش مصرف کودهای شیمیایی است. گیاه باقلا سال‌هاست به دو دلیل بسیار مهم، ارزش تغذیه‌ای دانه‌ها و ارزش بوم‌شناختی آن جهت تثبیت نیتروژن، در تناوب‌های زراعی با غلات مورد استفاده قرار می‌گیرد. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر سطوح مختلف جمعیت باکتری *Pseudomonas fluorescens* به تنهایی و در ترکیب با باکتری *Rhizobium leguminosarum* بر برخی فاکتورهای رشد و عملکرد باقلا، جهت حصول عملکرد مناسب اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی و به‌صورت کرت‌های خردشده، در مزرعه‌ای واقع در ایستگاه تحقیقات کشاورزی استان گلستان، اجرا شد. *Rhizobium leguminosarum* به‌عنوان کرت اصلی و مقادیر باکتری *Pseudomonas fluorescens* در پنج سطح صفر، 9×10^2 ، 9×10^3 ، 9×10^4 ، 9×10^5 ، 9×10^6 و 9×10^9 باکتری زنده در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح، به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد. صفت ارتفاع بوته در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، شاخص سطح برگ در زمان غلاف‌دهی، تعداد دانه و غلاف در مترمربع در یک نمونه شامل ۱۰ بوته اندازه‌گیری و وزن ۱۰۰ دانه نیز در یک نمونه ۱۰۰ تایی توزین گردید. عملکرد دانه با احتساب رطوبت ۱۱ درصد سال اول و ۹ درصد سال دوم، عملکرد غلاف سبز و عملکرد زیستی در واحد سطح به‌دست آمد. از نسبت عملکرد اقتصادی (دانه) به عملکرد زیستی، شاخص برداشت محاسبه گردید.

یافته‌ها: نتایج دو سال آزمایش نشان داد که اثرگذاری باکتری‌ها، تحت تأثیر شرایط اقلیمی قرار گرفته است. در سال اول، تعداد غلاف و دانه در مترمربع تحت تأثیر اثر متقابل ریزوبیوم و سودوموناس قرار گرفتند و بهترین تیمار، کاربرد ریزوبیوم به‌همراه

* مسئول مکاتبه: aroiee@um.ac.ir

تعداد 9×10^9 ، باکتری زنده *Pseudomonas fluorescens* در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح بود. اثر سطوح مختلف جمعیت باکتری سودوموناس روی عملکرد غلاف سبز، در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. با کاربرد تعداد 9×10^9 باکتری سودوموناس، افزایش ۱۴ درصدی در عملکرد غلاف سبز نسبت به شاهد مشاهده شد. با افزایش تعداد باکتری (9×10^7) باکتری زنده سودوموناس در میلی‌لیتر مایه تلقیح) کاهش معنی‌داری در عملکرد غلاف نسبت به تیمار 9×10^9 دیده شد و در نهایت در بالاترین تعداد (9×10^9 باکتری زنده در میلی‌لیتر مایه تلقیح)، سودوموناس باعث افزایش دوباره و معنی‌دار عملکرد مذکور گردید که با تیمار 9×10^9 باکتری زنده در میلی‌لیتر مایه تلقیح، تفاوت معنی‌داری نداشت. در سال اول، کاربرد ریزوبیوم باعث افزایش ۱۰ درصدی عملکرد زیستی نسبت به شاهد گردید که در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. نتایج سال دوم نشان داد که از کارایی ریزوبیوم کاسته شده و بیش‌ترین تعداد دانه در مترمربع، عملکرد زیستی و عملکرد دانه در واحد سطح، با کاربرد تعداد 9×10^9 باکتری زنده سودوموناس در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح به‌دست آمد که با جمعیت‌های بالاتر به لحاظ آماری تفاوتی نداشت. تعداد غلاف در مترمربع نیز تحت تأثیر معنی‌دار و متقابل هر دو باکتری ریزوبیوم و سودوموناس قرار گرفت.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد که در مجموع اثر *Pseudomonas fluorescens* بر عملکرد و اجزای آن در شرایط محیطی مختلف دو سال، از ثبات بیش‌تری نسبت به ریزوبیوم برخوردار بود و بهترین جمعیت باکتری *Pseudomonas fluorescens* جهت تلقیح بذور باقلا، 9×10^9 باکتری زنده در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح، مشخص شد که به‌نظر می‌رسد آستانه پاسخ باقلا به این باکتری باشد.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، باقلا، *Rhizobium leguminosarum*، *Pseudomonas fluorescens*

مقدمه

مقدار در ایران معادل $2/2176$ کیلوگرم در هکتار است^۱.

برای دستیابی به حداکثر محصول وجود عناصر غذایی به مقدار لازم و متعادل در محیط پراکنش ریشه باقلا ضروری است. از جمله عناصر تأثیرگذار می‌توان به نیتروژن و فسفر اشاره نمود. استفاده از کودهای شیمیایی در درازمدت منجر به کاهش کیفیت محصولات گردیده و اثرات زیست‌محیطی مخربی از جمله تجمع فسفات و نترات در آب‌های زیرزمینی داشته است که تهدیدی برای سلامت انسان، دام و آبزیان است (۳۵). گیاه باقلا از طریق همزیستی با ریزوبیوم، مقداری از نیتروژن مورد نیاز خود را از طریق تثبیت نیتروژن هوا تأمین می‌نماید. تلقیح بذور با باکتری ریزوبیوم علاوه بر افزایش عملکرد و تثبیت زیستی نیتروژن، می‌تواند باعث کاهش مصرف بیش از اندازه کودهای نیتروژن شود (۳۶).

باقلا با نام علمی (*Vicia faba* L.) یکی از قدیمی‌ترین محصولات کشاورزی در جهان بوده و از نظر اهمیت و سطح زیر کشت بعد از لوبیا، نخودفرنگی و نخود چهارمین حبوبات می‌باشد (۴۰). این محصول غنی از پروتئین بوده که به‌دلیل ارزش غذایی بالای آن، از زمان‌های گذشته مورد استفاده جهت تغذیه انسان و دام قرار گرفته است (۷). از مزایای بوم‌شناختی باقلا می‌توان به توانایی همزیستی جهت تثبیت نیتروژن جو، اثرات مثبت در نظام‌های کشت برای گیاه زراعی بعد از خود، ایجاد تنوع و هم‌چنین افزایش دسترسی به فسفر برای محصول بعدی اشاره نمود (۲۲). از طرفی در نظام‌های کشت از باقلا جهت شکستن چرخه بیماری‌ها، مبارزه با آفات و علف‌های هرز استفاده می‌شود و از این طریق مصرف سموم شیمیایی را کاهش می‌دهد (۳۳). میانگین عملکرد جهانی باقلا در سال ۲۰۱۷، $3/1966$ کیلوگرم در هکتار می‌باشد و این

1. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

می‌گردد (۳۹). مالیک و سیندهو (۲۰۱۱) در آزمایشی اثر تلقیح جدایه‌های باکتری *Pseudomonas fluorescens* را در شرایط تلقیح به تنهایی و همراه با باکتری مزوریزیوم مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند تلقیح دوگانه این دو باکتری اثر بیش‌تری بر عملکرد گیاه نخود داشت (۳۰). از جمله مسائل مهمی که به‌عنوان نقاط ضعف پژوهش و توسعه در زمینه مایه تلقیح ریزجانداران محرک رشد (PGPR) در ایران مطرح است، انجام بیش‌تر پژوهش‌ها در سطح آزمایشگاه و گلخانه و خارج از مزرعه و هم‌چنین نامشخص بودن مؤثرترین جمعیت باکتری به لحاظ تعداد بر رشد یک گیاه خاص است که در پژوهش‌های به آن‌ها کم‌تر توجه شده است. عدم مؤثر بودن بسیاری از مایه تلقیح‌ها، ممکن است به‌علت عدم توانایی باکتری افزایشنده رشد، در کلنیزه کردن ریشه باشد (۲۴). با توجه به اهمیت گیاه باقلا و ارتباط آن با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و نیز نقش باکتری‌های حل‌کننده فسفات در افزایش کارایی همزیستی و عملکرد، بررسی تأثیر توأم باکتری‌های *Rhizobium leguminosarum* بیوار ویسه^۱ و *Pseudomonas fluorescens* سویه r187 در جمعیت‌های مختلف به‌منظور رسیدن به کارآمدترین تعداد باکتری در شرایط مزرعه، بر عملکرد و اجزای عملکرد، شاخص سطح برگ و ارتفاع بوته در گیاه باقلا، هدف این پژوهش قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه‌ای واقع در ایستگاه تحقیقات کشاورزی استان

فسفر عنصری مهم در تغذیه باقلا است. فقدان فسفر در خاک، بر رشد و مقدار تثبیت نیتروژن اثر نامطلوب دارد. هاشم‌آبادی (۲۰۱۳)، سطوح مختلف کود سوپر فسفات تریپل را بر عملکرد باقلا مورد بررسی قرار داد. نتایج پژوهش آن‌ها، افزایش معنی‌داری در عملکرد باقلا نشان داد (۱۸). بازدهی کودهای شیمیایی فسفات، بین ۱۰ تا ۲۵ درصد می‌باشد و بقیه به‌صورت رسوب و غیرقابل‌استفاده برای گیاه می‌باشد و هزینه تولید آن‌ها بالاست و این زمانی است که نیاز به جایگزینی مناسب برای کودهای مذکور احساس می‌شود. کودهای زیستی فسفوری می‌توانند قابلیت جذب فسفر را افزایش داده و رشد گیاه را با افزایش کارایی تثبیت زیستی نیتروژن، دسترسی به عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد افزایش دهند. این کودها حاوی محرک‌های زیستی، شامل باکتری‌های حل‌کننده فسفات و یا قارچ‌ها می‌باشند. باکتری‌ها در مقایسه با قارچ‌ها در انحلال فسفات، بسیار مؤثرترند و جمعیت بالایی را به خود اختصاص می‌دهند. غالب‌ترین گونه‌ها متعلق به جنس باسیلوس و سودوموناس می‌باشد (۳۸). باکتری‌های جنس سودوموناس به‌دلیل توزیع گسترده در خاک، توانایی کلونیزاسیون ریزوسفر بسیاری از گیاهان و تولید طیف متنوعی از متابولیت‌ها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. برخی از مطالعات نشان می‌دهند که بین عنصر نیتروژن و فسفر اثر متقابل مثبت بر محصول وجود دارد. فسفر می‌تواند میزان اثربخشی نیتروژن در باقلا را افزایش دهد و در نتیجه گیاه به‌میزان کم‌تری از کود نیتروژن نیاز پیدا می‌کند (۱).

در زمینه کاربرد توأم کودهای زیستی نیز این اثر دیده شده است. شاهارونا و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند، کاربرد نیتروژن کافی در خاک منجر به افزایش پاسخ گیاه به تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescens*

اردیبهشت و برداشت محصول نهایی دانه در تاریخ ۱۵ خرداد، زمانی که رنگ غلاف قهوه‌ای شده بود انجام پذیرفت. اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد، پس از حذف اثر حاشیه در هر واحد آزمایشی (نیم‌متر از ابتدا و انتهای کرت‌ها و نیز ردیف‌های جانبی) انجام گرفت. برای تعیین ویژگی‌های ریخت‌شناسی و اجزای عملکرد، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و براساس آن ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف شمارش گردید سپس با توجه به تراکم واقعی بوته در واحد سطح، تعداد غلاف و دانه در واحد سطح محاسبه گردید. نمونه ۱۰۰ دانه از ۱۰ بوته نمونه تصادفی، تهیه و توزین گردید. برای تعیین شاخص سطح برگ، در زمان غلاف‌دهی که گیاه به بیش‌ترین حد رشد خود رسیده و بعد از آن تولید گره و و رشد برگ متوقف می‌شود (۸)، تعداد ۵ بوته با توجه به حذف اثرات حاشیه‌ای انتخاب، به آزمایشگاه منتقل و توسط سطح برگ‌سنج مدل دلتا- تی^۳ سطح برگ آن‌ها اندازه‌گیری گردید.

برای تعیین عملکرد زیستی، تمامی اندام‌های هوایی گیاه به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک و سپس همراه بذور وزن شد. تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت. بعد اطمینان از معنی‌دار بودن یکنواختی واریانس اشتباه آزمایش، توسط آزمون بارتلت، داده‌ها مورد تجزیه مرکب بر اساس عامل سال قرار گرفتند. میانگین‌های به‌دست آمده با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر مقایسه آماری شدند.

گلستان، با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۴۰ متر و متوسط بارندگی سالیانه آن ۴۰۰ تا ۴۵۰ میلی‌متر اجرا گردید. پیش از اجرای آزمایش، از خاک زمین موردنظر نمونه‌برداری تصادفی انجام گرفت (جدول ۱). در آزمایش حاضر، تیمار باکتری *Rhizobium leguminosarum* بیوار ویسه سویه F40 در دو سطح (عدم کاربرد و کاربرد 10^8 باکتری زنده در هر میلی‌متر مایه تلقیح) در کرت‌های اصلی و باکتری *Pseudomonas fluorescens* سویه r187 در ۵ سطح (۰، 9×10^3 ، 9×10^5 ، 9×10^7 ، 9×10^9 باکتری زنده در هر میلی‌متر مایه تلقیح) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. پس از عملیات آماده‌سازی زمین (شخم، دیسک، تسطیح و کوددهی یکنواخت برای تمام کرت‌ها و در حد کود نیتروژن آغازگر^۱)، کرت‌های آزمایشی شامل ۶ خط کاشت به طول ۴ متر، با فاصله بین ردیف ۷۵، روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر (تراکم حدود ۱۵ بوته در مترمربع) و بین کرت ۲ متر ایجاد شد. تاریخ کشت اول آذر در نظر گرفته شد. بذر رقم برکت باقلا، ابتدای صبح، یک ساعت قبل از کشت با مایه تلقیح *Rhizobium leguminosarum* و *Pseudomonas fluorescens* به‌صورت بذر مال، برای هر کیلوگرم بذر ۱۰ میلی‌لیتر مایه تلقیح، آغشته شد و پس از سایه خشک، در عمق ۵ سانتی‌متری خاک کشت گردید. هر دو مایه تلقیح^۲ از مرکز تحقیقات خاک و آب کشور تهیه و تعداد باکتری سودوموناس در مایه تلقیح، توسط کارشناسان این مرکز شمارش و مشخص گردید. عملیات داشت شامل وجین علف‌هرز، آبیاری و مبارزه با آفات در صورت نیاز گیاه مطابق با عرف منطقه انجام گردید. برداشت محصول به‌صورت غلاف سبز در تاریخ ۲۰

1- Starter
2- Inoculant

3- Delta-T

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش.

Table 1. Some physical and chemical properties of the soil in the experimental field.

بافت Soil texture	شن %Sand	سیلت %Silt	رس %Clay	فسفر پتاسیم		نیترژن کل (درصد) N (%)	کربن آلی (درصد) O.C (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی E.C. (dS.m ⁻¹)	عمق Depth	سال Year
				قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) K and P(mg.kg ⁻¹)	قابل جذب						
Si-L	24	60	16	362	9.0	0.15	1.5	7.4	1.1	0-30	۱۳۹۴ 2015
Si-L	14	66	20	333	11.4	0.14	1.4	7.7	1.0	0-30	۱۳۹۵ 2016

نتایج و بحث

مجموع دو سال: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب، سال تأثیر معنی داری بر تمامی صفات مورد بررسی به جز وزن ۱۰۰ دانه داشت. بر اساس اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش (جدول ۲)، شرایط دمایی و میزان بارندگی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ نسبت به سال ۹۶-۱۳۹۵، جهت استقرار گیاهچه‌های باقلا بسیار مساعدتر بود. میانگین حداقل دما در سال اول (۳ درجه سانتی‌گراد) بالاتر از سال دوم (۱/۳ درجه سانتی‌گراد) بوده و در ماه‌های پایانی سال ۱۳۹۵ در مجموع ۲۷ روز، دمای هوا به صفر و زیر صفر درجه سانتی‌گراد تنزل یافت. در صورتی که تعداد روزهایی با این درجه حرارت، در سال اول تنها ۱۰ روز بوده است. این خود اثر نامطلوبی در روند رشد اولیه گیاهچه باقلا در سال دوم گذاشته است. شرایط محیطی از نظر دماهای مختلف، بر مراحل فنولوژی گیاه تأثیر دارد. حسن‌زاده و همکاران (۲۰۱۳)، گزارش کردند که دمای پایین در ابتدای فصل رشد باعث طولانی شدن مدت زمان سبز شدن بذر باقلا می‌شود. از طرفی با شروع گرما در انتهای فصل رشد، مدت زمان لازم برای مراحل مختلف فنولوژی از جمله روز تا گل‌دهی، روز تا غلاف‌دهی و روز تا بلوغ فیزیولوژیک کاهش می‌یابد (۲۰). تفاوت در میزان بارندگی به‌خصوص در دوره ابتدای کشت یعنی ماه‌های آذر و دی بین دو سال زراعی مشهود است، به طوری که میانگین بارندگی در سال اول (۵۶/۲ میلی‌متر) تقریباً دو برابر میزان بارندگی در سال دوم (۲۶/۵ میلی‌متر) بوده

است (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها، مبین تفاوت معنی‌دار، بین صفات مورد بررسی در دو سال بود (جدول ۴). با توجه به بررسی‌های انجام شده سایر پژوهشگران (۸ و ۲۸)، شرایط آب و هوایی علاوه بر تأثیر روی رشد گیاه، بر میزان کارایی باکتری‌ها نیز مؤثر بود. در بررسی مهدوی و همکاران (۱۳۸۸) دیده شد که با افزایش دمای منطقه ریشه، گره‌زایی و تثبیت نیترژن ارقام خلر افزایش می‌یابد. ایشان دریافتند که سرما در مرحله اول باعث کاهش غده‌زایی ریشه شده است (۲۸). تغییرات، ناشی از عوامل بوم‌شناختی و اختلاف در شرایط آب و هوایی سال‌های اجرای آزمایش قابلیت کنترل ندارد.

نتایج تجزیه واریانس مرکب دو سال (جدول ۳) نشان داد که اثر سال، بر وزن ۱۰۰ دانه باقلا معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین‌های مجموع دو سال در مورد این صفت نشان داد که کاربرد باکتری ریزوبیوم منجر به افزایش وزن ۱۰۰ دانه باقلا (۱۵۲/۶۶ گرم) گردید (شکل ۱). نتایج حاصل از این پژوهش مشابه نتایج الشیخ و الزیدانی (۱۹۹۷) در سودان بود که نشان داد، تلقیح باقلا با ریزوبیوم، باعث افزایش معنی‌دار وزن ۱۰۰ دانه در این گیاه شده است (۱۱). جاهانارا و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی روی لوبیا گزارش کردند که وزن ۱۰۰ دانه در اثر تلقیح با ریزوبیوم، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (۲۱). باکتری همزیست باقلا علاوه بر تثبیت نیترژن، با اثر بر فیزیولوژی و ریخت‌شناسی ریشه، باعث افزایش رشد و جذب عناصر غذایی می‌شود (۱۳).

نتایج سال اول:

تعداد غلاف، تعداد دانه و عملکرد غلاف سبز در مترمربع: نتایج تجزیه واریانس سال اول نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر متقابل بین دو باکتری *Rhizobium leguminosarum* و *Pseudomonas fluorescens* در سطح احتمال ۵ درصد، بر دو صفت تعداد غلاف و تعداد دانه در مترمربع بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۹) نشان داد، در شرایط کاربرد ریزوبیوم، تلقیح با جمعیت‌های مختلف سودوموناس اثر معنی‌داری بر تعداد غلاف و دانه در مترمربع داشت. بیش‌ترین تعداد غلاف (۱۳۹/۳۰) و تعداد دانه در واحد سطح (۷۹۰/۹۱) مربوط به شرایط تلقیح دوگانه ریزوبیوم و سودوموناس در بالاترین تعداد یعنی 9×10^9 باکتری زنده در هر میلی‌لیتر است که البته به لحاظ آماری تفاوتی با تعداد 9×10^0 ندارد. به‌نظر می‌رسد کاربرد ریزوبیوم در مایه تلقیح باعث افزایش کارایی باکتری سودوموناس گردیده است. مالیک و سیندهو (۲۰۱۱) در آزمایشی اثر تلقیح تعدادی از سویه‌های باکتری *Pseudomonas fluorescens* را در شرایط تلقیح به‌تنهایی و همراه با باکتری مزوریزوبیوم، بر گیاه نخود مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند، باکتری *Pseudomonas fluorescens* در شرایط تلقیح دوگانه با مزوریزوبیوم، در کل دوره رشد باعث تحریک رشد شده است که با نتایج حاضر مطابقت داشت (۳۰). بررسی‌ها نشان داده است که اثرات متقابل بین باکتری‌های حل‌کننده فسفات و ریزوبیوم منجر به گره‌زایی بهتر و افزایش تثبیت زیستی نیتروژن شده که انرژی مربوط به این همزیستی از حل شدن فسفات خاک و افزایش محتوی فسفر قابل‌دسترس خاک حاصل می‌شود (۱۵).

نتایج تجزیه واریانس در مورد عملکرد غلاف سبز، نشان‌دهنده اثر معنی‌دار مثبت باکتری *Pseudomonas fluorescens* در سطح احتمال ۵ درصد بر این صفت بود (جدول ۷). براساس اطلاعات مندرج در جدول مقایسه میانگین (جدول ۹)، بیش‌ترین

تجزیه واریانس مرکب مجموع دو سال، نشان‌دهنده اثر متقابل سال و باکتری *Rhizobium leguminosarum* بر صفت عملکرد دانه و عملکرد زیستی، در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۵) نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه و عملکرد زیستی (به‌ترتیب معادل ۷۹۸/۰۴ و ۱۷۸۵/۲۴ گرم در مترمربع)، مربوط به سال اول و در شرایط کاربرد ریزوبیوم بود، درحالی‌که در سال دوم، ریزوبیوم اثر معنی‌داری بر این صفات نداشت. در مورد صفت عملکرد غلاف سبز، نتایج، اثر متقابل معنی‌دار بین عامل سال و باکتری *Pseudomonas fluorescens* نشان داد به‌طوری‌که در سال اول باکتری سودوموناس، باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد مذکور گردید درحالی‌که در سال دوم بی‌تأثیر بود (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد شرایط آب و هوا (کاهش دما و بارندگی) در ابتدای دوره کشت سال دوم، بر جوانه‌زنی بذر، رشد گیاهیچه و کارایی باکتری مؤثر بوده است. برای کارایی بهتر باکتری‌ها، باید عوامل مؤثر بر فعالیت آن‌ها که دما نیز جزئی از آن‌ها است، در حد بهینه باشد. بقولات مناطق معتدله برای فعالیت همزیستی، به درجه حرارت حدود ۲۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد نیاز دارند (۲۸). دی و همکاران (۲۰۰۴) در آزمایشی روی گیاه بادام‌زمینی، اثر چهار سویه باکتری *Pseudomonas fluorescens* با توانایی تولید سیدروفور و اسید ایندول‌استیک، در سه شرایط درون آزمایشگاه، گلخانه و شرایط مزرعه، با سه سال تکرار، مورد بررسی قرار دادند. تمامی سویه‌ها در شرایط گلدانی منجر به افزایش عملکرد غلاف نسبت به شاهد شدند، ولی در شرایط مزرعه، نتایج هر سال با سال دیگر متفاوت بود. این تنوع در نتیجه تفاوت دوره‌های کشت از نظر دما، مقدار و توزیع بارندگی بود که می‌توانست کارایی باکتری را تغییر داده و بر رشد و عملکرد گیاه مؤثر باشد تا حدی که حتی یکی از سویه‌ها باعث کاهش عملکرد باقلا گردید (۸).

نتایج پژوهش حاضر نیز بیانگر این مطلب بود.

گیاه، توان تولید اسید ایندول استیک یا همان اکسین گیاهی می‌باشد. در آزمایشی که پرسلو (۲۰۰۱) بر پایه گیاه مدل آرابیدوپسیس انجام داد مشخص کرد باکتری *Pseudomonas thivervalensis* توان کلون کردن ریشه گیاه را دارد. سپس وی با شناسایی موتانت‌های غیرحساس به سودوموناس، گزارش نمود که آن‌ها به اکسین مقاوم هستند (۳۴).

اکسین تراوش شده از باکتری ریزوسفر در اتصال با ذخیره اکسین درونی گیاه، عمل می‌کند و بسته به مقدار آن و حساسیت بافت گیاه به این ماده، دارای اثر مثبت یا منفی بر گیاه است (۴). ریشه گیاه به نوسانات اکسین بسیار حساس می‌باشد و مقادیر مختلف آن به‌طور متفاوتی از طویل شدن ریشه تا ممانعت از رشد ریشه پاسخ می‌دهد (۱۰). بیلر و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که گیاه خیار تلقیح شده با انواعی از باکتری *Pseudomonas fluorescens* تولیدکننده اکسین، افزایش رشد را نشان داد، در حالی که تلقیح با موتانت باکتری که توانایی تولید بالای اکسین را داشت، منجر به ممانعت از رشد گیاه خیار گردید (۶). در پژوهش حاضر نیز به‌نظر می‌رسد، جمعیت 9×10^5 باکتری سودوموناس از طریق سنتز اکسین در حد بهینه و اثرات مثبتی که بر رشد ریشه داشته باعث افزایش عملکرد غلاف سبز و تعداد غلاف و دانه در واحد سطح گردیده است. با کاربرد مایع تلقیح حاوی جمعیت بالاتر باکتری سودوموناس فلورسنس (9×10^7)، کاهش معنی‌داری در تعداد غلاف و دانه در واحد سطح و عملکرد غلاف سبز مشاهده شد. اندازه جمعیت باکتری، تعیین‌کننده مقدار اکسین میکروبی است که به گیاه تحمیل می‌شود و بنابراین مشخص می‌کند که باکتری می‌تواند محرک یا بازدارنده رشد باشد (۱۷). مورگنسترن و اکان (۱۹۸۷) با عکسبرداری الکترونی، امکان اثرگذاری اکسین ساخته شده توسط باکتری آزوسپیریولوم را روی ریشه مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش گزارش شد، که جمعیت 10^8 باکتری زنده در هر میلی‌لیتر، باعث رشد نامتقارن نوک

عملکرد غلاف سبز ($4760/9$ گرم در مترمربع) به کاربرد مایه تلقیح حاوی 9×10^9 باکتری زنده سودوموناس در هر میلی‌لیتر مرتبط بود که البته به لحاظ آماری با تعداد 9×10^5 باکتری، تفاوتی نداشت. بررسی آلمو (۲۰۱۶)، بر روی سویه‌های باکتری *Pseudomonas fluorescens* که از ناحیه ریزوسفر باقلا جدا شده بود، نشان داد تمامی آن‌ها توانایی تولید هورمون گیاهی اسید ایندول استیک را دارند و از این طریق محرک رشد و عملکرد گیاه هستند. استعمال هورمون گیاهی در خاک به‌منظور تحریک رشد و عملکرد گیاه مرسوم نیست، ولی می‌توان از توانایی باکتری (تولید اکسین گیاهی) در جهت افزایش رشد و عملکرد باقلا بهره جست (۳). بررسی‌های بسیاری از پژوهشگران، اثر باکتری‌های حل‌کننده فسفات را بر عملکرد گیاه مثبت ارزیابی کرده است. صالحی و امین‌پناه (۲۰۱۵) در بررسی خود، افزایش تعداد غلاف در بوته در اثر کاربرد کود فسفر به‌همراه تلقیح بذور نخود با باکتری *Pseudomonas fluorescens* را نشان‌دهنده اثر مثبت فسفر بر تشکیل گل و بهبود تشکیل میوه دانستند (۳۷).

بررسی دقیق‌تر داده‌های جدول مقایسه میانگین نشان داد (جدول ۹) که در شرایط کاربرد ریزوبیوم، با افزایش جمعیت *Pseudomonas fluorescens* از تعداد 9×10^5 به 9×10^7 ، کاهش معنی‌داری در تعداد غلاف و تعداد دانه در مترمربع رخ داد و سپس با افزایش جمعیت (9×10^9)، افزایش معنی‌داری در صفات مذکور مشاهده شد. نتایج مقایسه میانگین در مورد صفت عملکرد غلاف سبز نیز همین روند را نشان داد. از طرفی جدول ضرایب همبستگی (جدول ۱۱) نشان داد که صفت عملکرد غلاف سبز با صفات تعداد غلاف و تعداد دانه در مترمربع، همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد دارد. به‌نظر می‌رسد مقدار کمی باکتری *Pseudomonas fluorescens* می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد و اجزای عملکرد باقلا داشته باشد. یکی از مهم‌ترین ابزار اثرگذار باکتری‌های محرک رشد بر

هم باکتری مفید است. یکی از دلایل تخریب IAA توسط باکتری، سمی بودن آن برای خود سلول‌های باکتریایی است. اسید ایندول استیک، یک اسید ضعیف است که در سیتوپلاسم، به‌طور طبیعی پروتون خود را از دست داده و شرایط اسیدی در سیتوپلاسم ایجاد می‌کند که از رشد باکتری ممانعت می‌نماید (۴۳).

بررسی‌ها نشان داده است که تنظیم تولید اکسین در اختیار ژنوم باکتری است. بیان ژنی به نام *ipdC* تولید اکسین را به عهده دارد. گلاس و کسوک (۱۹۸۸) گزارش کردند که برخی باکتری‌ها با اتصال IAA به اسیدآمینو لیزین، آن را غیرفعال می‌نمایند (۱۴). واند بروک و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی خود بر ژنوم باکتری، ژن مسئول این اتصال را (*iacC*) گزارش کردند (۴۴). هم‌چنین در پژوهش‌های بیان شده، برخی از باکتری‌ها قادر به تغییر IAA سنتز شده هستند و از این طریق آن را غیرفعال می‌کنند. گونه‌هایی از سودوموناس در خاک، توان تبدیل IAA به کاتکول را دارند. کاتکول یک ماده حدواسط در تغییر IAA توسط باکتری سودوموناس پوتیدا می‌باشد (۲۶). برای شناسایی ژن تخریب‌کننده IAA، باکتری *Pseudomonas putida* 1290 به‌عنوان مدل انتخاب گردید (۲۷). زونیکا (۲۰۱۳) گزارش کرد که تخریب IAA توسط ژن *iacC* باکتری *Burkholderia phytafirmans* نقش کلیدی در القای رشد گیاه آراییدوپسیس، در شرایط کاربرد اکسین خارجی در محیط ریشه دارد به‌طوری‌که موتانت این باکتری با جهش در ژن مذکور، فاقد توانایی القای رشد ریشه است (۴۵). با توجه به نتایج بررسی‌های مذکور، پیش‌بینی می‌شود وجود این ژن و حساسیت آن به مقدار اکسین در محیط، باعث تحریک دوباره رشد در تیمار 9×10^9 باکتری زنده سودوموناس در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح گردیده است.

ریشه و کوتاه شدن فاصله بین ریشه‌های موئین و نوک ریشه می‌شود، در حالی‌که در مورد جمعیت 10^0 ، فاصله مذکور طولانی‌تر است (ریشه طویل‌تر است). اثر جمعیت 10^8 باکتری در ممانعت از رشد ریشه برابر با کاربرد خارجی غلظت 10^{-6} مولار اسید ایندول استیک است (۳۰). نتایج بررسی کاپولینگ و همکاران (۱۹۸۵) روی ده رقم گندم نشان داد، تلقیح بذور با تعداد 10^6 و 10^7 باکتری زنده آروسپیریوم براسیلنس در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح، باعث افزایش طول و سطح ریشه در گیاهچه‌ها گردید. در حالی‌که تلقیح با جمعیت 10^8 و 10^9 از توسعه ریشه ممانعت به عمل آورد (۲۳). گزارش‌هایی مبنی بر این وجود دارد که ریزوباکترهایی که اکسین زیادی تولید می‌کنند، مانع از رشد ریشه می‌شوند و اثر بازدارنده را به تحریک سنتز اتیلن توسط اکسین نسبت داده‌اند (۱۶). دویکوسکی و همکاران (۱۹۹۳) با تلقیح قلمه‌های گیلاس توسط باکتری *Pseudomonas fluorescens* با توان تولید اکسین بالا، مشاهده کردند، تلقیح با تراکم بالای باکتری از رشد ریشه ممانعت کرد و کاربرد تراکم کم‌تر این باکتری منجر به تحریک رشد گردید (۹).

نتایج مقایسه میانگین (جدول‌های ۹ و ۱۰) نشان داد، با افزایش جمعیت باکتری *Pseudomonas fluorescens* (9×10^9) در مایه تلقیح در مقایسه با سطح پایین‌تر جمعیت (9×10^7)، افزایش دوباره و معنی‌داری در صفات مذکور رخ داد. پژوهش‌های اخیر نشان داده که اکسین تنها یک واسطه بین گیاه و میکروب نیست بلکه یک نقش فیزیولوژیکی، در خود باکتری نیز دارد و به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان در کنترل بیان ژن‌های مختلف در باکتری شناسایی شده است (۱۰). تعداد زیادی از باکتری‌ها توانایی تولید IAA را دارند و تعدادی از آن‌ها قادر به تخریب فعال این هورمون هستند (۱۲). این توانایی هم برای گیاه و

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد باقلا طی دو سال.
Table 2. Meteorological information at experimental site in two growing seasons on two years.

مجموع ساعات آفتابی Total sunny hour	میزان بارندگی (میلی متر) Total precipitation (mm)	میانگین رطوبت نسبی هوا (درصد) RH Max. (%)	دما (سانتی گراد) Temperature (°C)			ماه month
			میانگین Mean	بیشینه Maximum	کمینه Minimum	
۱۳۹۰-۹۶	۱۳۹۰-۹۶	۱۳۹۰-۹۶	۱۳۹۰-۹۶	۱۳۹۰-۹۶	۱۳۹۰-۹۶	
2015-016	2015-016	2015-016	2015-016	2015-016	2015-016	
137.3	26.2	77	7.4	25.7	-5.4	آذر November
155.4	2.5	74	8.0	21.8	-2.4	دی December
113.6	79.5	79	6.2	19.5	-3.0	بهمن January
185.7	18.5	76	10.6	26.2	-4.2	اسفند February
164.0	40.2	80	14.1	29.6	1.7	فروردین March
176.3	37.1	76	20.3	38.9	9.8	اردیبهشت April
265.2	2.2	60	25.1	38.2	12.4	خرداد May
1323.5	29.5	74.6	13.1	28.6	1.3	میانگین 3.0
165.4	-	-	-	-	-	مجموع Total

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب اثر باکتری ریزوبیوم و سودوموناس فلورمنس بر برخی صفات اندازه‌گیری شده باقلا.
 Table 3. Combined analysis of variance for the effect of year, *Rhizobium* and *Pseudomonas* on some characteristics of faba bean.

شاخص برداشت Harvest Index	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد سبز Green pod yield	وزن ۱۰۰ دانه 100-Seed weight	میانگین مربعات Mean of squares			درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
					تعداد دانه در مترمربع Number of seeds in m ²	تعداد غلاف در مترمربع Number of pods in m ²	شاخص سطح برگ Leaf area index		
4336.26 ^{ns}	13946737.89 ^{**}	1162760.21 ^{**}	55502790.31 ^{**}	1.24 ^{ns}	117909.51 ^{**}	2844.11 ^{**}	1	سال Year	
15.36 ^{ns}	441483.52 ^{**}	116980.13 ^{**}	4041229.83 ^{**}	529.42 ^{**}	114670.57 ^{**}	4290.35 ^{**}	6	بلوک (سال) Block	
0.38 ^{ns}	97294.28 [*]	23658.60 ^{**}	336052.81 ^{ns}	100.46 [*]	10825.20 ^{ns}	68.08 ^{ns}	1	ریزوبیوم Rhizobium	
0.83 ^{ns}	164433.67 ^{**}	53864.41 ^{**}	0.01 ^{ns}	0.53 ^{ns}	1710.14 ^{ns}	52.81 ^{ns}	1	سال × ریزوبیوم Year × rhizobium	
13.35 ^{ns}	12377.72 ^{ns}	7081.92 ^{ns}	54660.88 ^{ns}	9.18 ^{ns}	3414.70 ^{ns}	101.75 ^{ns}	6	ریزوبیوم × بلوک Rhizobium × block	
9.19 ^{ns}	56045.18 [*]	20935.16 ^{**}	587117.32 ^{**}	76.82 ^{ns}	46865.24 ^{**}	1332.62 ^{**}	4	سودوموناس Pseudomonas	
27.27 ^{ns}	12486.84 ^{ns}	813.44 ^{ns}	163434.12 ^{ns}	23.23 ^{ns}	9002.04 ^{ns}	355.29 ^{ns}	4	ریزوبیوم × سودوموناس Rhizobium × pseudomonas	
35.61 [*]	11264.54 ^{ns}	2989.07 ^{ns}	428764.38 [*]	127.12 [*]	13459.28 ^{ns}	96.10 ^{ns}	4	سال × سودوموناس Year × pseudomonas	
16.42 ^{ns}	15226.14 ^{ns}	4014.98 ^{ns}	568596.70 ^{**}	20.98 ^{ns}	10911.83 ^{ns}	243.26 ^{ns}	4	سال × ریزوبیوم × سودوموناس Year × rhizobium × pseudomonas	
13.64	18474.92	3245.69	132847.61	9.92	6527.89	178.58	48	خطا Error	
7.13	10.56	8.98	10.31	2.08	13.42	11.79	5.96	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	

^{ns}, * and ** are not significant, significant at 5% and 1% level of probability, respectively.
^{ns}, * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سال بر برخی صفات اندازه گیری شده باقلا.

Table 4. Means comparison for the effect of year on some traits of faba bean.

شاخص برداشت Harvest index	عملکرد زیستی Biological yield (g/m ²)	عملکرد دانه Seed yield (g/m ²)	عملکرد غلاف سبز Green pod yield (g/m ²)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 10 - seed weight (g)	تعداد دانه در مترمربع Number of seeds m ²	تعداد غلاف در مترمربع Number of pods m ²	شاخص سطح برگ Leaf area index	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	سال Year
44.39 ^b	1705.03 ^a	754.90 ^a	4365.55 ^a	151.42 ^a	640.35 ^a	119.25 ^a	5.72 ^a	162.98 ^a	۱۳۹۴-۹۵ 2015-16
59.12 ^a	869.96 ^b	513.78 ^b	2701.68 ^b	151.67 ^a	563.75 ^b	107.33 ^b	3.26 ^b	87.43 ^b	۱۳۹۵-۹۶ 2016-17

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد معنی داری نیستند.

Within each column, means followed by the same letter are not significantly different (P<0.05).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل سال و باکتری ریزوبیوم بر برخی صفات اندازه گیری شده باقلا.

Table 5. Mean comparison of interaction year and *Rhizobium* on some measured traits of faba bean.

عملکرد زیستی Biological yield (g/m ²)	عملکرد دانه Seed yield (g/m ²)	ریزوبیوم Rhizobium	سال Year
1624.81 ^b	712.25 ^b	عدم کاربرد Noninoculate	۱۳۹۴-۹۵
1785.24 ^a	798.04 ^a	کاربرد Inoculate	2015-16
880.42 ^a	522.53 ^a	عدم کاربرد Noninoculate	۱۳۹۵-۹۶
859.49 ^a	505.03 ^a	کاربرد Inoculate	2016-17

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد معنی داری نیستند.

Within each column, means followed by the same letter are not significantly different (P<0.05).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل سال و باکتری سودوموناس بر برخی صفات اندازه گیری شده باقلا.

Table 6. Mean comparison for interacted effect of *Pseudomonas* and year on some traits of faba bean.

عملکرد غلاف سبز Green pod yield (g/m ²)	تیمار Treatment
۱۳۹۵-۹۶	تعداد سودوموناس Pseudomonas
2016-17	0
2705.37 ^a	9×10 ³
2524.25 ^a	9×10 ⁵
2652.62 ^a	9×10 ⁷
2793.37 ^a	9×10 ⁹
2832.75 ^a	9×10 ⁹

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد معنی داری نیستند.

Within each column, means followed by the same letter are not significantly different (P<0.05).

بقولات با باکتری های تحریک کننده رشد گیاه از جمله سودوموناس منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاه می گردد (۳۹). نتایج بررسی صالحی و امین پناه (۲۰۱۵) روی گیاه نخود نشان داد که تلقیح بذور با باکتری *Pseudomonas fluorescens* r187 باعث افزایش عملکرد دانه شده است و نشان دهنده اثر مثبت فسفر بر تشکیل گل و بهبود تشکیل میوه است (۳۷) و با نتایج دی و همکاران (۲۰۰۴) روی بادام زمینی نیز مطابقت داشت (۸). نتایج آزمایش حاضر نیز بیانگر این موضوع بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که باکتری ریزوبیوم در سطح

عملکرد دانه و عملکرد زیستی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیر عامل *Pseudomonas fluorescens* در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۷). جدول مقایسه میانگین نیز نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد دانه (۸۱۳/۷۷) گرم در مترمربع، مربوط به مایه تلقیح سودوموناس فلورسنس با تعداد ۹×۱۰^۹ باکتری زنده در هر میلی لیتر می باشد که به لحاظ آماری تفاوت معنی داری با تعداد ۹×۱۰^۵ باکتری ندارد. تعداد زیادی از مطالعات اخیر بیانگر این مطلب است که تلقیح

ریزوبیوم کارایی *Pseudomonas fluorescens* افزایش یافته، در حالی که در سال دوم کاربرد سودوموناس به تنهایی مؤثرتر واقع گردیده است. به نظر می‌رسد در شرایط تنش باکتری *Pseudomonas fluorescens* کارایی خود را بیش‌تر حفظ کرده است. بررسی گیاه لوبیا در شرایط تنش خشکی نیز نشان داد که تلقیح با سویه‌های باکتری سودوموناس از طریق افزایش آنتی‌اکسیدانت‌ها و اسمولیت‌های سلولی سبب افزایش مقاومت گیاه لوبیا به تنش خشکی شده است (۱۳). در مطالعه حاضر به دلیل شرایط دمایی و بارندگی نامساعد به‌خصوص در ابتدای دوره رشد گیاه، سبز شدن بذور و ظهور گیاهچه در سال دوم (بعد از ۴۰ روز) نسبت به سال اول (بعد از ۲۵ روز) با تأخیر مواجه گردید. جاکود و همکاران (۱۹۹۹) در بررسی خود روی گیاه ذرت نشان داد که برای تحریک رشد ریشه، نیازی نیست که در تمام دوره رشد، گیاه با تراکم مطلوبی از باکتری آزوسپیریلوم روبرو باشد. تراکم مطلوب این باکتری تنها تا زمان ظهور ریشه‌چه لازم است. با گذشت زمان ممکن است جمعیت باکتری در خاک به تعداد مطلوب افزایش یابد ولی تنها تیمارهایی که در زمان ظهور ریشه‌چه در معرض تراکم مطلوب بوده‌اند دچار افزایش در سطح ریشه شده‌اند که نتیجه آن افزایش در جذب آب و عناصر غذایی و سرانجام افزایش رشد و عملکرد بوده است (۲۰).

با توجه به نتایج پژوهش جاکود و همکاران (۱۹۹۹) و شرایط نامساعد اقلیمی در سال دوم می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که تأخیر سبز شدن بذور در سال مذکور امکان رویارویی ریشه‌چه را با تراکم مطلوب باکتری کاهش و کارایی آن را دچار اختلال کرده است (۲۰). تغییرات دما و عوامل محیطی می‌توانند بر کارایی باکتری از جمله تولید اسید ایندول استیک اثرگذار باشند (۳۲). به نظر می‌رسد که تولید اکسین توسط باکتری در نهایت توسط شرایط محیطی و تنش‌هایی که باکتری با آن روبرو است، تنظیم می‌گردد (۴۲).

احتمال ۵ درصد بر صفت عملکرد زیستی، مؤثر بوده است و منجر به افزایش ۱۰ درصدی عملکرد زیستی شده است. سیوارمیه و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که تلقیح با ریزوبیوم به‌طور معنی‌داری موجب افزایش وزن خشک شاخساره و عملکرد دانه می‌گردد (۴۱). محمود و اطهر (۲۰۰۸) در تلقیح ماش با ریزوبیوم به‌طور معنی‌داری، افزایش وزن خشک شاخساره را مشاهده کردند (۲۹). هم‌چنین اختر و صدیقی (۲۰۰۸) در گیاه نخود نتیجه گرفتند که تلقیح با ریزوبیوم به‌طور معنی‌داری موجب افزایش وزن خشک شاخساره و عملکرد گردیده است (۲). در مجموع نتایج آماری سال اول نشان داد که تلقیح دوگانه باکتری ریزوبیوم و *Pseudomonas fluorescens* با جمعیت 9×10^9 باکتری می‌تواند جمعیت مطلوبی جهت تهیه مایه تلقیح باشد و منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گردد.

نتایج سال دوم:

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در سال دوم نشان داد که اثر متقابل ریزوبیوم و سودوموناس تنها بر صفت تعداد غلاف در مترمربع و اثر باکتری *Pseudomonas fluorescens* بر صفات تعداد دانه، عملکرد دانه و عملکرد زیستی در مترمربع در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۷). با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها سال دوم (جدول ۹) بیش‌ترین تعداد غلاف در مترمربع (۱۱۷/۳۶) مربوط به جمعیت 9×10^7 سودوموناس در شرایط تلقیح منفرد است که تفاوت معنی‌داری با شاهد (۹۰/۷۴) نشان داد. تعداد غلاف در مترمربع، تعداد دانه در مترمربع، عملکرد دانه و عملکرد زیستی در سه سطح جمعیت 9×10^9 ، 9×10^7 ، 9×10^5 باکتری در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح، از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۹). به نظر می‌رسد تفاوت اثر متقابل باکتری‌های ریزوبیوم و سودوموناس، در دو سال بر روی صفات بیان شده، در نتیجه تفاوت در شرایط اقلیمی (دما و میزان بارندگی) می‌باشد. نتایج نشان داد که در سال اول در شرایط کاربرد

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر باکتری های ریزوبیوم و سودوموناس فلورسنس بر صفات اندازه گیری شده باقلا در سال زراعی ۹۵-۹۴.
Table 7. Analysis of variance for the effect of *Rhizobium* and *Pseudomonas* on some traits of faba bean in 2015-16.

شاخص برداشت Harvest index	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد سبزه Green pod yield	میانگین مربعات Mean of squares			تعداد غلاف Number of pods m ²	شاخص سطح برگ Leaf area index	ارتفاع بوته Plant height	درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
				تعداد دانه Number of seeds m ²	تعداد غلاف Number of pods m ²	تعداد دانه Number of seeds m ²					
23.60 ^{ns}	784980.77**	192858.50**	6097523.10**	137137.47**	5911.50**	4.16*	559.58**	3	بلوک (سال) Block		
0.04 ^{ns}	257348.97*	74459.64 ^{ns}	167961.60 ^{ns}	19665.04 ^{ns}	0.48 ^{ns}	0.04 ^{ns}	1.56 ^{ns}	1	ریزوبیوم Rhizobium		
12.58 ^{ns}	19222.43 ^{ns}	13111.38 ^{ns}	86597.27 ^{ns}	6613.87 ^{ns}	196.42 ^{ns}	2.13 ^{ns}	196.50 ^{ns}	3	ریزوبیوم × بلوک Rhizobium × block		
35.07 ^{ns}	42208.73 ^{ns}	17592.13*	896904.16*	37967.22**	1001.60**	0.80 ^{ns}	87.41 ^{ns}	4	سودوموناس Pseudomonas		
29.57 ^{ns}	20719.81 ^{ns}	3829.94 ^{ns}	645748.79 ^{ns}	14736.94*	384.48*	2.28 ^{ns}	120.68 ^{ns}	4	ریزوبیوم × سودوموناس Rhizobium × pseudomonas		
17.48 ^{ns}	27786.33 ^{ns}	5076.99 ^{ns}	158229.66 ^{ns}	14161.70*	489.17**	2.17*	73.06 ^{ns}	12	بلوک × سودوموناس Pseudomonas × block		
19.68	36415.65	4660.44	200966.12	4406.46	86.39	0.79	80.07	12	خطا error		
9.99	11.19	9.04	10.26	10.37	7.79	15.54	5.49		ضریب تغییرات Coefficient of variation		

^{ns}, *, ** and *** are not significant, significant at 5% and 1% level of probability, respectively.
 *، ** و *** به ترتیب نشانه عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول ۸- تجزیه واریانس اثر باکتری‌های ریزوبیوم و سودوموناس فلورسنس بر صفات اندازه‌گیری شده باقلا در سال زراعی ۹۶-۹۵.
Table 8. Analysis of variance for the effect of *Rhizobium* and *Pseudomonas* on some traits of faba bean in 2016-17.

شاخص برداشت	میانگین مربعات										منابع تغییر	
	شاخص برداشت	عملکرد زیستی	عملکرد دانه خشک	عملکرد غلاف سبز	عملکرد غلاف سبز	عملکرد غلاف سبز	تعداد دانه در مترمربع	تعداد غلاف در مترمربع	تعداد غلاف در مترمربع	شاخص سطح برگ		ارتفاع بوته
Harvest index	Biological yield	Seed yield	Green pod yield	Green pod yield	Green pod yield	Number of seeds m ²	Number of seeds m ²	Number of pods m ²	Leaf area index	Plant height		S.O.V
7.11	97986.27**	41101.77**	1984936.56**	92203.67**	2669.20**	0.13 ^{ns}	42.65 ^{ns}	3	Block (سال)			
1.17	4378.97 ^{ns}	3063.37 ^{ns}	168091.22 ^{ns}	10570.30 ^{ns}	120.40 ^{ns}	0.45 ^{ns}	12.88 ^{ns}	1	Rhizobium			
14.12	5533.02 ^{ns}	1052.46 ^{ns}	22724.49 ^{ns}	215.52 ^{ns}	7.08 ^{ns}	0.37 ^{ns}	9.04 ^{ns}	3	Rhizobium × block			
9.73	25100.99*	6332.09*	118977.54 ^{ns}	22357.30*	427.13**	0.03 ^{ns}	47.72 ^{ns}	4	Pseudomonas			
14.11	6993.18 ^{ns}	998.48 ^{ns}	86282.04 ^{ns}	5176.92 ^{ns}	214.07*	0.35 ^{ns}	23.44 ^{ns}	4	Rhizobium × pseudomonas			
8.11	4522.73 ^{ns}	1429.27 ^{ns}	99268.29 ^{ns}	3108.34 ^{ns}	88.45 ^{ns}	0.47 ^{ns}	38.22 ^{ns}	12	Block × pseudomonas			
9.30	5174.97	1819.04	72926.39	4435.03	50.31	0.22	31.42	12	خطا			
5.16	8.26	8.29	9.99	11.82	6.61	14.37	6.41		ضریب تغییرات			
									Coefficient of variation			

^{ns}, *, ** and ** are not significant, significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

^{ns} و * به ترتیب نشانه عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثرات ساده ریزوبیوم و سودوموناس بر برخی از صفات اندازه گیری شده باقلا در دو سال زراعی.

Table 9. Mean comparison for the effect of *Rhizobium* and *Pseudomonas* on some traits of faba bean in two years.

(2016-17)۱۳۹۵-۹۶			(2015-16)۱۳۹۴-۹۵			تیما
عملکرد زیستی Biological yield (g/m ²)	عملکرد دانه Seed yield (g/m ²)	تعداد دانه در مترمربع Number of seeds (m ²)	عملکرد زیستی Biological yield (g/m ²)	عملکرد غلاف سبز Green pods yield (g/m ²)	عملکرد دانه Seed yield (g/m ²)	Treatment
880.42 ^a	522.53 ^a	579.82 ^a	1624.82 ^b	4432.35 ^a	711.75 ^a	عدم کاربرد Non- inoculate
859.50 ^a	505.03 ^a	547.31 ^a	1785.24 ^a	4302.75 ^a	798.04 ^a	کاربرد Inoculate
811.60 ^b	488.11 ^{bc}	473.60 ^b	1714.33 ^a	4141.3 ^b	740.80 ^{ab}	0
807.13 ^b	479.72 ^c	564.99 ^a	1584.60 ^a	4178.1 ^b	690.78 ^b	10 ³
917.87 ^a	526.30 ^{ab}	605.01 ^a	1702.69 ^a	4700.0 ^a	784.99 ^a	10 ⁵
896.17 ^a	531.24 ^{ab}	598.43 ^a	1755.68 ^a	4057.5 ^b	744.15 ^{ab}	10 ⁷
917.02 ^a	543.53 ^a	575.82 ^a	1767.84 ^a	4760.9 ^a	813.77 ^a	10 ⁹

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد معنی داری نیستند.

Within each column, means followed by the same letter are not significantly different (P<0.05).

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و سودوموناس بر برخی صفات اندازه گیری شده باقلا، در دو سال زراعی.

Table 10. Mean comparison for interacted effect of *Rhizobium* and *Pseudomonas* on some traits of faba bean in two years.

سال ۱۳۹۵-۹۶ 2016-17	سال ۱۳۹۴-۹۵ 2015-16	تیما
تعداد غلاف در مترمربع Number of pods (m ²)	تعداد دانه در مترمربع Number of seeds (m ²)	Treatment
90.74 ^d	623.54 ^{bcde}	108.20 ^{def}
109.22 ^{abc}	613.86 ^{bde}	121.30 ^{abc}
116.57 ^a	667.70 ^{bc}	121.43 ^{abc}
117.36 ^a	651.03 ^{bcd}	121.88 ^{abc}
111.70 ^{ab}	680.68 ^{bc}	124.03 ^{bc}
101.97 ^{bc}	522.04 ^e	99.75 ^f
99.150 ^{cd}	560.64 ^{de}	106.45 ^{ef}
112.72 ^{ab}	704.11 ^{ab}	135.38 ^{ab}
101.87 ^{bc}	589.01 ^{cde}	114.85 ^{de}
112.25 ^{ab}	790.91 ^a	139.30 ^a

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد معنی داری نیستند.

Within each column, means followed by the same letter are not significantly different (P<0.05).

جدول ۱۱- ضرایب همبستگی برای صفات عملکرد و اجزای باقلا.

Table 11. Correlation coefficients for yield and yield components.

عملکرد دانه Seed yield	عملکرد غلاف سبز Green pods yield	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight	تعداد دانه در مترمربع Number of seeds (m ²)	تعداد غلاف در مترمربع Number of pods (m ²)	صفات
				1.00	تعداد غلاف در مترمربع Number of pods (m ²)
			1.00	0.96**	تعداد دانه در مترمربع Number of seeds (m ²)
		1.00	0.47**	0.52**	وزن ۱۰۰ دانه 100-Seed weight
	1.00	0.60**	0.79**	0.81**	عملکرد غلاف سبز Green pods yield
1.00	0.76**	0.68**	0.81**	0.82**	عملکرد دانه Seed yield

** به ترتیب نشانه معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

** is significant at 1% level of probability.

فیزیولوژی و ژنتیک این باکتری‌ها انجام گردیده، به‌نظر می‌رسد روابط بین گیاه و باکتری بسیار عمیق و پیچیده است. کشف کارایی باکتری در تعداد کم‌تر، علاوه بر مسأله کاهش هزینه تولید، می‌تواند از تأثیرات نامطلوب کاربرد باکتری‌ها در تعداد زیاد بر گیاه و بر بوم‌نظام خاک بکاهد. اگرچه نتایج پژوهش‌های زیادی بیانگر اثرات مثبت تلقیح گیاهان توسط باکتری به‌عنوان کود زیستی هستند و این فن‌آوری می‌تواند در پیشرفت و توسعه کشاورزی پایدار، بسیار کارآمد باشد، اما کاربرد غیر علمی باکتری از نظر نوع، تعداد و روش کاربرد می‌تواند تبعات گوناگونی بر بوم‌نظام گیاه و کل محیط زیست داشته باشد و توازن و تعادل طبیعی محیط زیست را مختل نماید.

نتیجه‌گیری کلی

صرف‌نظر از مؤثر بودن دو باکتری ریزوبیوم و سودوموناس بر فاکتورهای رشد و عملکرد، نتایج آماری این بررسی طی دو سال نشان داد که باکتری *Pseudomonas fluorescens* در شرایط مختلف محیطی، اثر پایدارتری بر عملکرد گیاه باقلا داشته است و می‌توان آن را به‌عنوان کود زیستی در شرایط تنش پیشنهاد کرد. بهترین تعداد باکتری *Pseudomonas fluorescens* جهت به‌کارگیری در تهیه کود زیستی چه در تلقیح منفرد و چه تلقیح دوگانه با باکتری ریزوبیوم، تعداد 9×10^8 باکتری زنده در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح مشخص شد که بر خلاف باور کلی در زمینه کاربرد تعداد حداقل 10^8 باکتری زنده در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح بود. با توجه به پژوهش‌های دقیق‌تر که در سال‌های اخیر بر روی

منابع

1. Abd-Alla, M.H., El-Enany, A.W.E., Nafady, N.A., Khalaf, D.M. and Morsy, F.M. 2014. Synergistic interaction of *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* and *arbuscular mycorrhizal* fungi as a plant growth promoting biofertilizers for faba bean (*Vicia faba* L.) in alkaline soil. *Microbiol. Res.* 169: 1. 49-58.
2. Akhtar, S. and Siddiqui, Z. 2008. Biocontrol of a root-rot disease complex of chickpea by *Glomus intarradices* *Rhizobium* sp. and *Pseudomonas straita*. *J. Crop Prod.* 27: 3-5. 410-417.
3. Alemu, A. 2016. Isolation of *Pseudomonas fluorescens* Species from faba Bean Rhizospheric Soil and Assessment of indole Acetic Acid Production: In Vitro Study, Ethiopia. *Ame. J. Biol. Sci.* 4: 2. 9-15.
4. Ali, B., Sabri, A.N. and Hasnain, S. 2010. Rhizobacterial potential to alter auxin content and growth of *Vigna radiata* (L.). *World J. Microbiol. Biotech.* 26: 1379-1384.
5. Apine, O.A. and Jadhav, J.P. 2011. Optimization of medium for indole-3-acetic acid production using *Pantoea agglomerans* strain PVM. *J. Appl. Micro.* 110: 1235-1244.
6. Beyeler, M., Keel, C., Michaux, P. and Haas, D. 1999. Enhanced production of indole-3-acetic acid by a genetically modified strain of *Pseudomonas fluorescens* CHA0 affects root growth of cucumber, but does not improve protection of the plant against *Pythium* root rot. *FEMS Microbiol. Ecol.* 28: 225-233.
7. Crépon, K., Marget, P., Peyronnet, C., Carrouée, B., Arese, P. and Duc, G. 2010. Nutritional value of faba bean (*Vicia faba* L.) seeds for feed and food. *Field Crops Res.* 115: 329-339.
8. 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 growth-promoting rhizobacteria. *Microbiol. Res.* 159: 371-394.
9. Dubeikovskiy, A.N., Mordukhova, E.A., Kochetkov, V.V., Polikarpova, F.Y. and Boronin, A.M. 1993. Growth *Pseudomonas fluorescens* promotion of blackcurrant softwood cuttings by recombinant strain BSP53a synthesizing an increased amount of indole-3-acetic acid. *Soil Biol. Biochem.* 25: 9. 1277-1281.
10. Duca, D., Lorv, J., Patten, C., Rose, D. and Glick, B.R. 2014. Indole-3-acetic acid in plant-microbe interactions. *Antonie van Leeuwenhoek.* 106: 85-125.
11. Elsheikh, E.A.E. and Elzidany, A.A. 1997. Effects of *Rhizobium* inoculation, organic and chemical fertilizers on yield and physical properties of faba bean seeds. *Plant Food Hum. Nut.* 51: 137-144.
12. Faure, D., Vereecke, D. and Leveau, J.H. 2009. Molecular communication in the rhizosphere. *Plant Soil.* 321: 279-303.
13. Feizian, M., Hemmati, A., Asadi-Rahmani, H. and Azizi, K. 2017. Effects of rhizobium bacteria strains on yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in drought stress condition. *Sci. Biol. J.* 4: 2. 165-176. (In Persian)
14. Glass, N.L. and Kosuge, T. 1988. Role of indoleacetic acid-lysine synthetase in regulation of indoleacetic acid pool size and virulence of *Pseudomonas syringae* subsp. *savastanoi*. *J. Bacteriol.* 170: 5. 2367-2373.
15. Glick, B.R., Karaturovic, D.M. and Newell, P.C. 1995. A novel procedure for rapid isolation of plant growth promoting pseudomonads. *Can. J. Micro.* 41: 533-536.
16. Glick, B.R., Penrose, D.M. and Li, J. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth promoting bacteria. *J. Theo. Biol.* 190: 63-68.
17. Harari, A., Kigel, J. and Okon, Y. 1988. Involvement of IAA in the interaction between *Azospirillum brasilense* and *Panicum miliaceum* roots. *Plant Soil.* 110: 275-282.

18. Hashemabadi, D. 2013. Phosphorus fertilizers effect on the yield and yield components of faba bean (*Vicia faba* L.). Ann. Biol. Res. 4: 2. 181-184.
19. Hassanzadeh, A.Kh., Rahemi Karizaki, A., Nakhzari Moghadam, A. and Biabani, A. 2013. The combined effect of terminal heat the end of growth season and competition between plants on phenology, yield and components yield in faba bean. EJCP. 6: 4. 151-163. (In Persian)
20. Jacoud, C., Job, D., Wadoux, P. and Bally, R. 1999. Initiation of root growth stimulation by *Azospirillum lipoferum* CRT1 during maize seed germination. Can. J. Micro. 45: 4. 339-342.
21. Jahanara, F., Sadeghi, S.M. and Ashouri, M. 2013. The effect of nanocomposites of iron spraying on yield and yield components of wax bean genotypes inoculated with Rhizobium bacteria (*Rhizobium leguminosarum*) in the farm conditions of Gilan. Iran J. Puls. Res. 4: 2. 111-120. (In Persian)
22. Jensen, E.S., Peoples, M.B. and Hauggaard-Nielsen, H. 2010. Faba bean in cropping systems. Field Crops Res. 115: 203-216.
23. Kapulnik, Y., Okon, Y. and Henis, Y. 1985. Changes in root morphology of wheat caused by *Azospirillum* inoculation. Can. J. Micro. 31: 10. 881-887.
24. Khosravi, H. 2013. Biofertilizers containing plant growth promoting Rhizobacteria: Strengths and weaknesses. Lan Man J. 1: 1. 33-46. (In Persian)
25. Khosravi, H., Mirzashahi, K., Ramezanpour, M., Kalhor, M. and Mir-Rasouli, E. 2015. Effectiveness evaluation of some native Rhizobia on faba bean yield in Iran. Soil Boil. J. 3: 1. 83-91. (In Persian)
26. Leveau, J.H.J. and Lindow, S.E. 2005. Utilization of the plant hormone indole-3-acetic acid for growth by *Pseudomonas putida* strain 1290. Appl. Environ. Micro. 71: 5. 2365-2371.
27. Lin, G., Chen, H., Huang, J., Liu, T., Lin, T., Wang, S., Tseng, C. and Shu, H. 2012. Identification and characterization of an indigoproducing oxygenase involved in indole 3-acetic acid utilization by *Acinetobacter baumannii*. Anton Leeuw Int. J. 101: 4. 881-890.
28. Mahdavi, B., Sanavy, S.A. and Aghaalikhani, M. 2010. Different strain and root-zone temperatures on morphological traits and nitrogen fixation on three grass-pea varieties (*Lathyrus sativus*). J. Biol. Sci. 22: 4. 671-681. (In Persian)
29. Mahmood, A. and Athar, M. 2008. Cross inoculation studies: Response of *Vigna mungo* to inoculation with rhizobia from tree legumes growing under arid environment. Inter. Int. J. Environ. Sci. Tech. 5: 1. 135-139.
30. Malik, D.K. and Sindhu, S.S. 2011. Production of indole acetic acid by *Pseudomonas sp.*: effect of coinoculation with *Mesorhizobium sp.* Cicer on nodulation and plant growth of chickpea (*Cicer arietinum*). Physiol. Mol. Biol. Plants. 17: 1. 25-32.
31. Morgenstern, E. and Okon, Y. 1987. The effect of *Azospirillum brasilense* and auxin on root morphology in seedlings of *Sorghum bicolor* and *Sorghum sudanense*. Arid Soil Res. Rehabilitation. 1: 2. 115-127.
32. Narayana, K.J., Peddikotla, P., Krishna, P.S.J., Yenamandra, V. and Muvva, V. 2009. Indole-3-acetic acid production by *Streptomyces albidoflavus*. J. Biol. Res. (Thessalon). 11: 49-55.
33. Peoples, M.B., Brockwell, J. and Herridge, D.F. 2009. The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. Mycorrhiza. 48: 1-3. 1-17.
34. Persello-Cartieaux, F., David, P., Sarrobert, C., Thibaud, M.C., Achouak, W., Robaglia, C. and Nussaume, L. 2001. Utilization of mutants to analyze the interaction between *Arabidopsis thaliana* and its naturally root-associated *Pseudomonas*. Planta. 212: 190-198.
35. Kazemi Poshtmasari, H., Pirdashti, H. and Bahmanyar, M.A. 2008. Comparison of mineral and bisphosphate fertilizer effects on agronomical characteristics in two faba bean (*Vicia faba* L.) cultivars. J. Agri. Sci. Nat Res. 14: 6. 21-33. (In Persian)

36. Safapur, M., Ardakani, M.R., Rejali, F., Khaghani, S. and Teymuri, M. 2010. Effect of co-inoculation of Mycorrhiza and Rhizobium on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *New Agri. Fin.* 5: 1. 35-21. (In Persian)
37. Salehi, B. and Aminpanah, H. 2015. Effects of phosphorus fertilizer rate and *Pseudomonas fluorescens* strain on field pea (*Pisum sativum* subsp. *arvense* (L.) Asch.) growth and yield. *Acta Agri. Slov.* 105: 2. 213-224.
38. Sarikhani, M.R., Malboobi, M.A. and Ebrahimi, M. 2014. Phosphate solubilizing bacteria: Isolation of Bacteria and Phosphate Solubilizing Genes, Mechanism and Genetics of Phosphate Solubilization. *J. Agri. Biol.* 6: 1. 77-110. (In Persian)
39. Shaharoon, B., Naveed, M., Arshad, M. and Zahir, Z.A. 2008. Fertilizer-dependent efficiency of Pseudomonads for improving growth, yield and nutrient use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Appl. Mic. Biotech.* 79: 147-155.
40. Sheikh, F. and Astaraki, H. 2014. Faba bean technical Instructions. Agricultural Research Organization Publication. (In Persian)
41. Sivaramaiah, N., Malik, D.K. and Sindhu, S.S. 2007. Improvement in symbiotic efficiency of chickpea (*Cicer arietinum* L.) by coinoculation of *Bacillus* strains with *Mesorhizobium* sp. *Cicer*. *Indian J. Microbiol.* 47: 1. 51-56.
42. Spaepen, S., Vanderleyden, J. and Remans, R. 2007. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. *FEMS Microbiol. Rev.* 31: 425-448.
43. Tromas, A. and Perrot-Rechenmann, C. 2010. Recent progress in auxin biology. *Crop Res Biol.* 333: 4. 297-306.
44. Vande Broek, A., Gysegom, P., Ona, O., Hendrickx, N., Prins, E., Van Impe, J. and Vanderleyden, J. 2005. Transcriptional analysis of the *Azospirillum brasilense* indole-3-pyruvate decarboxylase gene and identification of a cis-acting sequence involved in auxin responsive expression. *Mol. Plant Microbe Interact.* 18: 4. 311-323.
45. Zuniga, A., Poupin, M.J., Donoso, R., Ledger, T., Guiliani, N., Gutierrez, R.A. and Gonzalez, B. 2013. Quorum sensing and indole-3-acetic acid degradation play a role in colonization and plant growth promotion of *Arabidopsis thaliana* by *Burkholderia phytofirmans* PsJN. *Mol. Plant Mic. Inter.* 26: 5. 546-553.