نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و هفتم، شماره اول، ۱۳۹۹
۲۲۳-۲٤۱
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2020.16146.2460

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

فهیمه وحدت‌پور[۱]، *حسین آرویی[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،
[٤]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 *Peseudomonas 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 ۹۵-۱۳۹٤ و ۹٦-۱۳۹۵ 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 *Peseudomonas fluorescens* در پنج سطح صفر، ۹×۱۰^{۳}، ۹×۱۰^{۵}، ۹×۱۰^{۷}، ۹×۱۰^{۹} 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، تحت‌تأثیر شرایط اقلیمی قرار گرفته است. در سال اول، تعداد غلاف و دانه در مترمربع تحت‌تأثیر اثر متقابل ریزوبیوم و سودوموناس قرار گرفتند و بهترین تیمار، کاربرد ریزوبیوم به‌همراه

* مسئول مکاتبه: aroiee@um.ac.ir

تعداد ۹×۱۰^{۵}، باکتری زنده *Peseudomonas 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 ۹×۱۰^{۵} باکتری سودوموناس، افزایش ۱٤ درصدی در عملکرد غلاف سبز نسبت به شاهد مشاهده شد. با افزایش تعداد باکتری (۹×۱۰^{۷} باکتری زنده سودوموناس در میلی‌لیتر مایه تلقیح) کاهش معنی‌داری در عملکرد غلاف نسبت به تیمار ۹×۱۰^{۵}، دیده شد و در نهایت در بالاترین تعداد (۹×۱۰^{۹} باکتری زنده در میلی‌لیتر مایه تلقیح)، سودوموناس باعث افزایش دوباره و معنی‌دار عملکرد مذکور گردید که با تیمار ۹×۱۰^{۵} 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 ۹×۱۰^{۵} باکتری زنده سودوموناس در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح به‌دست آمد که با جمعیت‌های بالاتر به لحاظ آماری تفاوتی نداشت. تعداد غلاف در مترمربع نیز تحت‌تأثیر معنی‌دار و متقابل هر دو باکتری ریزوبیوم و سودوموناس قرار گرفت.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد که در مجموع اثر *Peseudomonas fluorescens* بر عملکرد و اجزای آن در شرایط محیطی مختلف دو سال، از ثبات بیش‌تری نسبت به ریزوبیوم برخوردار بود و بهترین جمعیت باکتری *Peseudomonas fluorescens* جهت تلقیح بذور باقلا، ۹×۱۰^{۵} باکتری زنده در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح، مشخص شد که به‌نظر می‌رسد آستانه پاسخ باقلا به این باکتری باشد.

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

مقدمه

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 حبوباب می‌باشد (٤٠). 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 جوّ، 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، ۱۹٦٤/۳ کیلوگرم در هکتار می‌باشد و این مقدار در ایران معادل ۲۱۷٦/۲ کیلوگرم در هکتار است[1].

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 نیترات 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 (۳٦).

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

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 فسفری 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 *Peseudomonas fluorescens* می‌گردد (۳۹). مالیک و سیندهو (۲۰۱۱) در آزمایشی اثر تلقیح جدایه‌های باکتری *Peseudomonas fluorescens* را در شرایط تلقیح به تنهایی و همراه با باکتری مزوریزبیوم 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 افزاینده رشد، در کلنیزه کردن ریشه باشد (۲٤). 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[1] و *Peseudomonas 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 ۹۵-۱۳۹٤ و ۹٦-۱۳۹۵ به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه‌ای واقع در ایستگاه تحقیقات کشاورزی استان

1- bv. viciae

گلستان، با عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ٥٤ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ۲٥ دقیقه شرقی، ارتفاع از سطح دریا ٤۰ متر و متوسط بارندگی سالیانه آن ٤۰۰ تا ٤٥۰ 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 $۱۰^{۸}$ باکتری زنده در هر میلی‌متر مایه تلقیح) در کرت‌های اصلی و باکتری *Peseudomonas fluorescens* سویه r187 در ٥ سطح (۰، ۹×۱۰^{۳}، ۹×۱۰^{٥}، ۹×۱۰^{۷}، ۹×۱۰^{۹} 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[1])، کرت‌های آزمایشی شامل ٦ خط کاشت به طول ٤ متر، با فاصله بین ردیف ۷٥، روی ردیف ۱٥ سانتی‌متر (تراکم حدود ۱٥ 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 *Peseudomonas fluorescens* به‌صورت بذرمال، برای هر کیلوگرم بذر ۱۰ میلی‌لیتر مایه تلقیح، آغشته شد و پس از سایه خشک، در عمق ٥ سانتی‌متری خاک کشت گردید. هر دو مایه تلقیح[2] 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 اردیبهشت و برداشت محصول نهایی دانه در تاریخ ۱٥ 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 ٥ بوته با توجه به حذف اثرات حاشیه‌ای انتخاب، به آزمایشگاه منتقل و توسط سطح برگ‌سنج مدل دلتا- تی[3] سطح برگ آن‌ها اندازه‌گیری گردید.

برای تعیین عملکرد زیستی، تمامی اندام‌های هوایی گیاه به‌مدت ٤۸ ساعت در دمای ۷٥ 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 ٥ درصد با یکدیگر مقایسه آماری شدند.

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.

سال Year	عمق Depth	هدایت الکتریکی E.C. ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد) O.C (%)	نیتروژن کل (درصد) N (%)	فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم) K and P($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل‌جذب	رس %Clay	سیلت %Silt	شن %Sand	بافت Soil texture
۱۳۹٤ 2015	0-30	1.1	7.4	1.5	0.15	9.0	362	16	60	24	Si-L
۱۳۹۵ 2016	0-30	1.0	7.7	1.4	0.14	11.4	333	20	66	14	Si-L

نتایج و بحث

مجموع دو سال: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب، سال تأثیر معنی‌داری بر تمامی صفات مورد بررسی به‌جز وزن ۱۰۰ دانه داشت. بر اساس اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش (جدول ۲)، شرایط دمایی و میزان بارندگی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ نسبت به سال ۹٦-۱۳۹۵، 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 صورتی‌که 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، به‌طوری‌که میانگین بارندگی در سال اول (٥٦/۲ میلی‌متر) تقریباً دو برابر میزان بارندگی در سال دوم (۲٦/٥ میلی‌متر) بوده است (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها، مبین تفاوت معنی‌دار، بین صفات مورد بررسی در دو سال بود (جدول ٤). 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 نیتروژن 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 (۱٥۲/٦٦ 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 نیتروژن، با اثر بر فیزیولوژی و ریخت‌شناسی ریشه، باعث افزایش رشد و جذب عناصر غذایی می‌شود (۱۳).

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 ۷۹۸/۰٤ و ۱۷۸۵/۲٤ 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 *Peseudomonas fluorescens* نشان داد به‌طوری‌که در سال اول باکتری سودوموناس، باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد مذکور گردید درحالی‌که در سال دوم بی‌تأثیر بود (جدول ٦). به‌نظر می‌رسد شرایط آب و هوا (کاهش دما و بارندگی) در ابتدای دوره کشت سال دوم، بر جوانه‌زنی بذر، رشد گیاهچه 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 ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد نیاز دارند (۲۸). دی و همکاران (۲۰۰٤) در آزمایشی روی گیاه بادام‌زمینی، اثر چهار سویه باکتری *Peseudomonas 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.

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 *Peseudomonas 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 ۹×۱۰^{۹} باکتری زنده در هر میلی‌لیتر است که البته به لحاظ آماری تفاوتی با تعداد ۹×۱۰^{۵} 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 *Peseudomonas fluorescens* را در شرایط تلقیح به‌تنهایی و همراه با باکتری مزوریزبیوم، بر گیاه نخود مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند، باکتری *Peseudomonas 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 *Peseudomonas fluorescens* در سطح احتمال ۵ درصد بر این صفت بود (جدول ۷). براساس اطلاعات مندرج در جدول مقایسه میانگین (جدول ۹)، بیش‌ترین

عملکرد غلاف سبز (٤٧٦٠/٩ گرم در مترمربع) به کاربرد مایه تلقیح حاوی ۹×۱۰^{۹} باکتری زنده سودوموناس در هر میلی‌لیتر مرتبط بود که البته به لحاظ آماری با تعداد ۹×۱۰^{۵} باکتری، تفاوتی نداشت. بررسی آلمو (٢٠١٦)، بر روی سویه‌های باکتری *Peseudomonas 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 (٣). بررسی‌های بسیاری از پژوهشگران، اثر باکتری‌های حل‌کننده فسفات را بر عملکرد گیاه مثبت ارزیابی کرده است. صالحی و امین‌پناه (٢٠١٥) در بررسی خود، افزایش تعداد غلاف در بوته در اثر کاربرد کود فسفر به‌همراه تلقیح بذور نخود با باکتری *Peseudomonas fluorescens* را نشان‌دهنده اثر مثبت فسفر بر تشکیل گل و بهبود تشکیل میوه دانستند (٣٧).

بررسی دقیق‌تر داده‌های جدول مقایسه میانگین نشان داد (جدول ٩) که در شرایط کاربرد ریزوبیوم، با افزایش جمعیت *Peseudomonas fluorescens* از تعداد ۹×۱۰^{۵} به ۹×۱۰^{۷}، کاهش معنی‌داری در تعداد غلاف و تعداد دانه در مترمربع رخ داد و سپس با افزایش جمعیت (۹×۱۰^{۹})، 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 ١١) 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 کمّی باکتری *Peseudomonas fluorescens* می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد و اجزای عملکرد باقلا داشته باشد. یکی از مهم‌ترین ابزار اثرگذار باکتری‌های محرک رشد بر گیاه، توان تولید اسید ایندول استیک یا همان اکسین گیاهی می‌باشد. در آزمایشی که پرسلو (٢٠٠١) بر پایه گیاه مدل آرابیدوپسیس انجام داد مشخص کرد باکتری *Peseudomonas thivervalensis* توان کلون‌کردن ریشه گیاه را دارد. سپس وی با شناسایی موتانت‌های غیرحساس به سودوموناس، گزارش نمود که آن‌ها به اکسین مقاوم هستند (٣٤).

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 (٤). 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 (١٠). بیلر و همکاران (١٩٩٩) گزارش کردند که گیاه خیار تلقیح شده با انواعی از باکتری *Peseudomonas fluorescens* تولیدکننده اکسین، افزایش رشد را نشان داد، در حالی‌که تلقیح با موتانت باکتری که توانایی تولید بالای اکسین را داشت، منجر به ممانعت از رشد گیاه خیار گردید (٦). در پژوهش حاضر نیز به‌نظر می‌رسد، جمعیت ۹×۱۰^{۵} 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 (۹×۱۰^{۷})، 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 (١٧). مورگنسترن و اکان (١٩٨٧) با عکسبرداری الکترونی، امکان اثرگذاری اکسین ساخته شده توسط باکتری آزوسپیریلوم را روی ریشه مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش گزارش شد، که جمعیت $۱۰^{۸}$ باکتری زنده در هر میلی‌لیتر، باعث رشد نامتقارن نوک

ریشه و کوتاه شدن فاصله بین ریشه‌های موئین و نوک ریشه می‌شود، در حالی‌که در مورد جمعیت 10^5، 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 کاپولنیگ و همکاران (۱۹۸۵) روی ده رقم گندم نشان داد، تلقیح بذور با تعداد 10^5 و 10^6 باکتری زنده آزوسپیریلوم 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). دوبیکوسکی و همکاران (۱۹۹۳) با تلقیح قلمه‌های گیلاس توسط باکتری *Peseudomonas 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 *Peseudomonas 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 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 کسوگ (۱۹۸۸) گزارش کردند که برخی باکتری‌ها با اتصال IAA به اسیدآمینه 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 *Peseudomonas putida* 1290، به‌عنوان مدل انتخاب گردید (۲۷). زونیگا (۲۰۱۳) گزارش کرد که تخریب IAA توسط ژن iacC باکتری *Burkholderia phytafirmans*، نقش کلیدی در القای رشد گیاه آرابیدوپسیس، 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.

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد بافلا طی دو سال.

Table 2. Meteorological information at experimental site in two growing seasons on two years.

ماه month	دما (سانتی‌گراد) Temperature (°C)						میانگین رطوبت نسبی هوا (درصد) RH Max. (%)		میزان بارندگی (میلی‌متر) Total precipitation (mm)		مجموع ساعات آفتابی Total sunny hour	
	کمینه Minimum		بیشینه Maximum		میانگین Mean							
	۱۳۹۴-۹۵ 2015-016	۱۳۹۵-۹۶ 2016-017	۱۳۹۴-۹۵ 2015-016	۱۳۹۵-۹۶ 2016-017	۱۳۹۴-۹۵ 2015-016	۱۳۹۵-۹۶ 2016-017	۱۳۹۴-۹۵ 2015-016	۱۳۹۵-۹۶ 2016-017	۱۳۹۴-۹۵ 2015-016	۱۳۹۵-۹۶ 2016-017	۱۳۹۴-۹۵ 2015-016	۱۳۹۵-۹۶ 2016-017
آذر November	-1.1	-5.4	22.6	25.7	9.6	7.4	81	77	41.0	26.2	150.1	137.3
دی December	0.1	-2.4	28.5	21.8	10.1	8.0	78	74	45.3	2.5	161.7	155.4
بهمن January	-1.8	-3.0	24.5	19.5	7.9	6.2	81	79	76.5	79.5	132.0	113.6
اسفند February	0.3	-4.2	26.3	26.2	11.5	10.6	87	76	53.3	18.5	120.4	185.7
فروردین March	3.0	1.7	28.8	29.6	14.6	14.1	79	80	76.6	40.2	166.0	164.0
اردیبهشت April	6.4	9.8	37.2	38.9	20.9	20.3	78	76	36.5	37.1	215.1	176.3
خرداد May	14.1	12.4	37.9	38.2	25.0	25.1	66	60	62.6	2.2	267.4	265.2
میانگین	3.0	1.3	29.4	28.6	13.8	13.1	78.6	74.6	56.2	29.5	1362.3	1323.5
مجموع Total	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	170.3	165.4

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب اثر باکتری ریزوبیوم لگومینوساروم و سودوموناس فلورسنس بر برخی صفات اندازه‌گیری شده باقلا.

Table 3. Combined analysis of variance for the effect of year, *Rhizobium* and *Peseudomonas* on some characteristics of faba bean.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares								
		ارتفاع بوته Plant height	شاخص سطح برگ Leaf area index	تعداد غلاف در مترمربع Number of pods in m^2	تعداد دانه در مترمربع Number of seeds in m^2	وزن ۱۰۰ دانه 100-Seed weight	عملکرد غلاف سبز Green pod yield	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیستی Biological yield	شاخص برداشت Harvest Index
سال Year	1	114171.16**	120.49**	2844.11**	117909.51**	1.24^{ns}	55502790.31**	1162760.21**	13946737.89**	4336.26**
بلوک (سال) Block	6	301.12**	2.14*	4290.35**	114670.57**	529.42**	4041229.83**	116980.13**	441483.52**	15.36^{ns}
ریزوبیوم Rhizobium	1	2.74^{ns}	0.39^{ns}	68.08^{ns}	10825.20^{ns}	100.46*	336052.81^{ns}	23658.60**	97294.28*	0.38^{ns}
سال × ریزوبیوم Year × rhizobium	1	11.70^{ns}	0.11^{ns}	52.81^{ns}	1710.14^{ns}	0.53^{ns}	0.01^{ns}	53864.41**	164433.67**	0.83^{ns}
ریزوبیوم × بلوک Rhizobium × block	6	102.77^{ns}	1.25^{ns}	101.75^{ns}	3414.70^{ns}	9.18^{ns}	54660.88^{ns}	7081.92^{ns}	12377.72^{ns}	13.35^{ns}
سودوموناس Peseudomonas	4	92.87^{ns}	0.44^{ns}	1332.62**	46865.24**	76.82^{ns}	587117.32**	20935.16**	56045.18*	9.19^{ns}
ریزوبیوم × سودوموناس Rhizobium × peseudomons	4	96.11^{ns}	1.61^{ns}	355.29^{ns}	9002.04^{ns}	23.23^{ns}	163434.12^{ns}	813.44^{ns}	12486.84^{ns}	27.27^{ns}
سال × سودوموناس Year × peseudomonas	4	42.26^{ns}	0.38^{ns}	96.10^{ns}	13459.28^{ns}	127.12*	428764.38*	2989.07^{ns}	11264.54^{ns}	35.61*
سال × ریزوبیوم × سودوموناس Year×rhizobium×peseudomonas	4	48.01^{ns}	1.03^{ns}	243.26^{ns}	10911.83^{ns}	20.98^{ns}	568596.70**	4014.98^{ns}	15226.14^{ns}	16.42^{ns}
خطا Error	48	55.70	0.91	178.58	6527.89	9.92	132847.61	3245.69	18474.92	13.64
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		5.96	21.29	11.79	13.42	2.08	10.31	8.98	10.56	7.13

^{ns}، * و ** به‌ترتیب نشانه عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

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

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر سال بر برخی صفات اندازه‌گیری 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 (سانتی‌متر) 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	162.98a	۱۳۹٤-۹۵ 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	87.43b	۱۳۹۵-۹٦ 2016-17

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌داری نیستند.

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

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل سال و باکتری ریزوبیوم بر برخی صفات اندازه‌گیری‌شده 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	۱۳۹٤-۹۵
1785.24a	798.04a	کاربرد Inoculate	2015-16
880.42 a	522.53 a	عدم کاربرد Noninoculate	۱۳۹۵-۹٦
859.49a	505.03a	کاربرد Inoculate	2016-17

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌داری نیستند.

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

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل سال و باکتری سودوموناس بر برخی صفات اندازه‌گیری‌شده باقلا.

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

عملکرد غلاف سبز Green pod yield (g/m^2)		تیمار Treatment
۱۳۹۵-۹٦ 2016-17	۱۳۹٤-۹۵ 2015-16	تعداد سودوموناس Peseudomunas
2705.37 a	4123.75b	0
2524.25 a	4240.62 b	9×10^3
2652.62 a	4711.25 a	9×10^5
2793.37 a	4111.25 b	9×10^7
2832.75 a	4933.75 a	9×10^9

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌داری نیستند.

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

عملکرد دانه و عملکرد زیستی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه تحت‌تأثیر عامل *Peseudomonas 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 میلی‌لیتر می‌باشد که به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با تعداد ۹×۱۰^۵ باکتری ندارد. تعداد زیادی از مطالعات اخیر بیانگر این مطلب است که تلقیح بقولات با باکتری‌های تحریک‌کننده رشد گیاه از جمله سودوموناس منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (۳۹). نتایج بررسی صالحی و امین‌پناه (۲۰۱۵) روی گیاه نخود نشان داد که تلقیح بذور با باکتری *Peseudomonas fluorescens* r187 باعث افزایش عملکرد دانه شده است و نشان‌دهنده اثر مثبت فسفر بر تشکیل گل و بهبود تشکیل میوه است (۳۷) و با نتایج دی و همکاران (۲۰۰٤) روی بادام‌زمینی نیز مطابقت داشت (۸). نتایج آزمایش حاضر نیز بیانگر این موضوع بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که باکتری ریزوبیوم در سطح

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 (٤١). 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 *Peseudomonas fluorescens* با جمعیت ۹×۱۰^{۵} 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 *Peseudomonas 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 (۱۱۷/۳٦) مربوط به جمعیت ۹×۱۰^{۷} سودوموناس در شرایط تلقیح منفرد است که تفاوت معنی‌داری با شاهد (۹۰/۷٤) نشان داد. تعداد غلاف در مترمربع، تعداد دانه در مترمربع، عملکرد دانه و عملکرد زیستی در سه سطح جمعیت ۹×۱۰^{۵}، ۹×۱۰^{۷}، ۹×۱۰^{۹} باکتری در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح، از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۹). به‌نظر 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 ریزوبیوم کارایی *Peseudomonas fluorescens* افزایش یافته، در حالی‌که در سال دوم کاربرد سودوموناس به تنهایی مؤثرتر واقع گردیده است. به‌نظر می‌رسد در شرایط تنش باکتری *Peseudomonas 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 به‌دلیل شرایط دمایی و بارندگی نامساعد به‌خصوص در ابتدای دوره رشد گیاه، سبز شدن بذور و ظهور گیاهچه در سال دوم (بعد از ٤۰ 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 سبزشدن 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). به‌نظر می‌رسد که تولید اکسین توسط باکتری در نهایت توسط شرایط محیطی و تنش‌هایی که باکتری با آن روبرو است، تنظیم می‌گردد (٤۲).

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر باکتری‌های ریزوبیوم و سودوموناس فلورسنس بر صفات اندازه‌گیری‌شده 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.

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

^{ns}، * و ** به‌ترتیب نشانه عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

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

جدول ۸- تجزیه واریانس اثر باکتری‌های ریزوبیوم و سودوموناس فلورسنس بر صفات اندازه‌گیری‌شده باقلا در سال زراعی ۹۶-۹۵.

Table 8. Analysis of variance for the effect of *Rhizobium* and *Peseudomonas* on some traits of faba bean in 2016-17.

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

ns، * و ** به‌ترتیب نشانه عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

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

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

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

(2016-17)۱۳۹۵-۹۶			(2015-16)۱۳۹٤-۹۵				
عملکرد زیستی Biological yield (g/m^2)	عملکرد دانه Seed yield (g/m^2)	تعداد دانه درمترمربع 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)		تیمار Treatment
880.42 a	522.53 a	579.82 a	1624.82 b	4432.35 a	711.75 a	عدم کاربرد Non-inoculate	ریزوبیوم Rhizobium
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	سودوموناس Peseudomonas
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	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌داری نیستند.

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

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

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

سال ۹۶-۱۳۹۵ 2016-17		۱۳۹٤-۹۵ 2015-16		تیمار Treatment
تعداد غلاف در مترمربع Number of pods (m^2)	تعداد دانه در مترمربع Number of seeds (m^2)	تعداد غلاف در مترمربع Number of pods (m^2)	سودوموناس Peseudomonas	ریزوبیوم Rhizobium
90.74 d	623.54 bcde	108.20 def	0	عدم کاربرد Non-inoculate
109.22 abc	613.86 bcde	121.30 abc	10^3	
116.57 a	667.70 bc	121.43 abc	10^5	
117.36 a	651/03 bcd	121.88 abc	10^7	
111.70 ab	680.68 bc	124.03 bc	10^9	
101.97 bc	522.04 e	99.75 f	0	کاربرد Inoculate
99.150 cd	560.64 de	106.45 ef	10^3	
112.72 ab	704.11 ab	135.38 ab	10^5	
101.87 bc	589.01 cde	114.85 de	10^7	
112.25 ab	790.91 a	139.30 a	10^9	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌داری نیستند.

Within each column, means fallowed 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.

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

** به‌ترتیب نشانه معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

** is significant at 1% level of probability.

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 *Peseudomonas 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 *Peseudomonas fluorescens* جهت به‌کارگیری در تهیه کود زیستی چه در تلقیح منفرد و چه تلقیح دوگانه با باکتری ریزوبیوم، تعداد ۹×۱۰^{۵} باکتری زنده در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح مشخص شد که بر خلاف باور کلی در زمینه کاربرد تعداد حداقل $۱۰^{۸}$ باکتری زنده در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح بود. با توجه به پژوهش‌های دقیق‌تر که در سال‌های اخیر بر روی 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 کارامد باشد، اماکاربرد 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.

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 *arbuscu-lar 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 intarradics 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.Dubeikovsky, 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.Shaharoona, 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 Astarki, 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., Prinsn, 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.