نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۶ شمارهٔ۱، صفحهٔ ۳۱-۲۱ ، نیمهٔ اول ۱۳۹۴

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 6, No. 1, 2015, p. 21-31

کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) در شرایط آب و هوایی شهرستان رشت

حسان صابری[۱]، غلامرضا محسن‌آبادی[۲*]، مجید مجیدیان[۲] و سیدمحمدرضا احتشامی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان
۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۱۰

چکیده

این تحقیق با هدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی، با تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی در زراعت لوبیا در منطقه رشت، در سال زراعی ۱۳۹۱ انجام شد. قالب آزمایش بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار بود. تیمارها شامل: ۱- شاهد (بدون کود)، ۲- کود شیمیایی (نیتروژن و فسفر) و تیمارهای تلفیقی کودهای بیولوژیک شامل جنس‌های *Bacillus sp*، *Pseudomonas sp* و *Rhizobium sp* با کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر به‌صورت ۳- رایزوبیوم + سودوموناس و باسیلوس (بیولوژیک) + ۱۰۰ درصد فسفر، ۴- (بیولوژیک)، ۵- (بیولوژیک) + ۲۵٪ فسفر، ۶- (بیولوژیک) +۵۰٪ فسفر، ۷- (بیولوژیک) + ۷۵٪ فسفر، ۸- نیتروژن + سودوموناس و باسیلوس + ۱۰۰٪ فسفر، ۹- نیتروژن+ سودوموناس و باسیلوس ۱۰- نیتروژن + سودوموناس و باسیلوس+ ۲۵٪ فسفر، ۱۱- نیتروژن + سودوموناس و باسیلوس+ ۵۰٪ فسفر و ۱۲- نیتروژن + سودوموناس و باسیلوس + ۷۵٪ فسفر بود. نتایج نشان داد تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌دار بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد پروتئین داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار حاوی کودهای بیولوژیک+۵۰ درصد کود فسفر و کود شیمیایی نیتروژن (تیمار ۸) مناسبترین تیمار بود که با تیمارهای ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و کود بیولوژیک (تیمارهای ۸ و ۱۲) تفاوت معنی‌داری نداشت. سایر صفات کمی و کیفی در تیمارهای فوق نسبت به شاهد برتری داشتند. نهایتاً نتایج نشان داد امکان تلفیق کودهای زیستی فسفر با کود شیمیایی فسفر در این شرایط برای تأمین فسفر مورد نیاز محصول وجود دارد. اما کود ریزوبیوم در شرایط این منطقه کارایی مناسبی نداشت و تولید در تیمار ریزوبیوم نسبت به کود شیمیایی، کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، فسفر، کود زیستی، لوبیا، نیتروژن

مقدمه

آمار بیست سال گذشته سازمان خواروبار جهانی نشان می‌دهد که روش‌های کشاورزی رایج در سطح دنیا موفقیت قابل قبولی را در استفاده و مدیریت منابع نداشته و با اتکای بیش از حد به نهاده‌های مصنوعی و تزریق انرژی‌های کمکی مانند کودها و سموم شیمیایی باعث ناپایداری اکوسیستم‌های زراعی شده است (Roberts, 2008). رفع مشکلات ناشی از این شیوه کشاورزی از قبیل مسایل زیست محیطی و کاهش تولید در واحد سطح به‌همراه حفظ پایداری سیستم‌های تولید کشاورزی از دغدغه‌های اصلی محققان بخش کشاورزی بوده است (Nasiri mahallati *et al.*, 2008). دانشمندان این بخش راه‌کارهای گوناگونی را برای مقابله با چالش‌های موجود برای تأمین غذای سالم و کافی برای جمعیت رو به رشد مورد توجه قرار داده‌اند که نگرش اکولوژیک برای تولید پایدار یکی از این راه‌کارهاست. روش‌های مصرف کود باید به‌گونه‌ای تغییر کند که مواد غذایی مورد نیاز گیاه در طول یک مدت طولانی و بدون تلفات در اختیار گیاه قرار گیرد. در بوم‌نظام‌های طبیعی و کشاورزی وجود رابطه متقابل بین گیاهان و ریز موجودات خاک تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر ساختار خاک، چرخه عناصر غذایی، رشد گیاه و سازگاری آن با تغیرات محیط دارد (Bashan *et al.*, 2004). لذا انجام مطالعه در مورد استفاده از کودهای زیستی و کاهش مصرف کودهای شیمیایی از اولویت‌های تحقیقات کشاورزی می‌باشد (Nazeri *et al.*, 2010).

*نویسنده مسئول: گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان
تلفن: ۰۱۳۱-۳۲۲۶۷۰۲ ؛ grmohsenabadi@yahoo.com

عمده باکتری‌های محرک رشد گیاه که استفاده از آنها در سال‌های اخیر مورد توجه بوده شامل *Bacillus*، *Pseudomonas*، *Azotobacter* و *Rhizobium* می‌باشند (Yasari & Patwardhan, 2007). در بسیاری از مطالعات، مشخص شده است که تلقیح توأم باکتری‌های محرک رشد اثرات بیشتر و سودمندتری بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی در مقایسه با کاربرد منفرد آنها داشته است (Bashan & Holguin, 1997). درگزارشی استفاده از کودهای زیستی به‌خصوص تلقیح بذرهای نخود با ریزوبیوم در مقایسه با تیمار بدون تلقیح، اثر مثبتی در افزایش غلظت نیتروژن گیاه، پروتئین دانه، فسفر دانه و افزایش ماده خشک داشت (Malakoti, 2005). فسفر بعد از نیتروژن به‌عنوان دومین عنصر محدودکننده رشد رویشی به‌حساب می‌آید (Khavazi *et al.*, 2005). کودهای زیستی فسفر حاوی باکتری‌ها و قارچ‌های مفید حل‌کننده فسفات هستند که معمولاً با اسیدی کردن خاک و یا ترشح آنزیم‌های فسفاتاز موجب رهاسازی یون فسفات از ترکیبات معدنی شده که قابل جذب توسط گیاهان است (Nazeri *et al.*, 2010). لوبیا با نام علمی *Phaseolus vulgaris* با داشتن ۲۲ درصد پروتئین، ۶۲ درصد نشاسته و ۲ درصد چربی از مهمترین محصولات کشاورزی جهان و منبع ارزان قیمت پروتئین به‌حساب می‌آید و پتانسیل مناسبی را برای تأمین پروتئین مورد نیاز رژیم غذایی جامعه دارد (Troeh & Loynachan, 2003). بنابراین، این آزمایش با هدف مطالعه امکان استفاده تلفیقی از کودهای زیستی و شیمیایی و بررسی امکان کاهش مصرف کودهای شیمیایی در زراعت لوبیا طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحت پوشش سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، شهرستان رشت اجرا شد. محل اجرای آزمایش در ۳۷ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده و ۸ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. قبل از کاشت نمونه مرکبی از خاک مزرعه از عمق ۳۰ -۰ سانتی‌متری تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن با هدف تعیین نیاز کودی تعیین گردید (جدول ۲). آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل: T_1- شاهد (بدون کود)، T_2- کود شیمیایی (نیتروژن و فسفر بر اساس آزمون خاک، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل)، T_3- تلقیح بذور با رایزوبیوم + سودوموناس و باسیلوس (کود بیولوژیک) + ۱۰۰ درصد کود فسفر، T_4- تلقیح بذور با رایزوبیوم + سودوموناس و باسیلوس + بدون کود فسفر، T_5- تلقیح بذور با رایزوبیوم + سودوموناس و باسیلوس + ۲۵ درصد کود فسفر، T_6- تلقیح بذور با رایزوبیوم + سودوموناس و باسیلوس +۵۰ درصد کود فسفر، T_7- تلقیح بذور با رایزوبیوم + سودوموناس و باسیلوس + ۷۵ درصد کود فسفر، T_8- کود نیتروژن (جایگزین رایزوبیوم) + سودوموناس و باسیلوس + ۱۰۰ درصد کود فسفر T_9- کود نیتروژن+ سودوموناس و باسیلوس+ بدون کود فسفر، T_{10}- کود نیتروژن + سودوموناس و باسیلوس+ ۲۵ درصد کود فسفر، T_{11}- کود نیتروژن + سودوموناس و باسیلوس+ ۵۰ درصد کود فسفر و T_{12}- کود نیتروژن + سودوموناس و باسیلوس + ۷۵ درصد کود فسفر بودند.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Soil physical and chemical characteristics of experimental field

بافت خاک	پتاسیم قابل جذب (واحد در میلیون)	فسفر قابل جذب (واحد در میلیون)	درصد نیتروژن	درصد کربن آلی	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	عمق خاک (سانتی‌متر)
Soil texture	**Potassium (PPM)**	**Phosphorus (PPM)**	**Nitrogen (%)**	**Organic carbon (%)**	**EC ($ds.m^{-1}$)**	**PH**	**Soil Depth (cm)**
لوم Loam	251	8.16	0.11	1.44	0.82	7.42	0-30

مزرعه مورد نظر در زمستان سال ۱۳۹۰ در حالت آیش بود. برای تهیه بستر کاشت در ابتدا به عمق ۳۰ سانتی‌متر با گاوآهن برگرداندار شخم و در ادامه جهت خردکردن کلوخه‌ها دو مرحله دیسک زده شد. بعد از پیاده کردن نقشه طرح و تصادفی کردن تیمارها، برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز طبق آزمون خاک ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل در کرت‌هایی که نیاز به کود شیمیایی فسفر و نیتروژن داشتند، قبل از کاشت به خاک اضافه شد. کود اوره نیز در تیمارهای کودی نیتروژن در سه مرحله (۱/۳ قبل از کاشت، و

بقیه در مرحله گلدهی) اعمال شد. لوبیای مورد استفاده در این آزمایش، لوبیای محلی (پاچ باقلا) توده‌ی بومی رگه قرمز بود. عملیات کاشت در ۲۰ مرداد سال ۱۳۹۱ به‌صورت جوی و پشته و با دست صورت گرفت و بلافاصله پس از کاشت آبیاری انجام شد. ابعاد هر واحد آزمایشی ۴×۲/۵ متر در نظر گرفته شد و هر کرت دارای ۵ ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و عمق کاشت ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مایه تلقیح باکتریایی به‌صورت بسته‌های جدا که شامل صمغ عربی، باکتری حل‌کننده فسفات (سودوموناس و باسیلوس) و باکتری رایزوبیوم از بانک میکروبی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه شد. بدین ترتیب که تیمارهایی که بایستی با باکتری تلقیح شوند مقدار بذر لازم را برای هر تیمار درون کیسه نایلونی ریخته با محلول ۲۰ درصد ساکاروز آغشته نموده و پس از تکان دادن کیسه به‌مدت یک دقیقه مایه تلقیح به کیسه اضافه و مجدداً به‌مدت ۵ دقیقه تکان داده شد، سپس بذور تلقیح شده را روی یک ورق آلومینیوم در سایه پهن نموده تا بذور خشک شوند، سپس به سرعت اقدام به کاشت بذور شد. آبیاری لوبیا با توجه به نیاز گیاه هر ۷ الی ۸ روز انجام گرفت. وجین علف‌های هرز نیز در دو مرحله از رشد رویشی گیاه به‌صورت دستی انجام شد. ۱۵ روز بعد از سبز شدن نمونه‌گیری هر ۱۰ روز یک بار انجام شد. در هر مرحله نمونه‌برداری پنج بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت با رعایت اثر حاشیه انجام گرفت. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه گروه زراعت دانشگاه گیلان به برگ، ساقه و غلاف تفکیک شدند. سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل ΔTساخت انگلستان) اندازه‌گیری شد. سپس، هر کدام از اجزای نمونه به‌صورت جداگانه در داخل پاکت کاغذی قرار داده شده و در داخل آون تهویه‌دار به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شد. پس از خشک شدن، وزن خشک هر کدام از اجزای بوته‌ها توسط ترازوی دیجیتال مدل JP300W با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. با اندازه‌گیری دو عامل سطح برگ و وزن خشک کل، شاخص‌های رشد شامل شاخص سطح برگ (LAI) و سرعت رشد محصول (CGR) به روش شی و همکاران اندازه‌گیری شد (Shi *et al*., 1981).

$$LAI = LA/GA$$

$$CGR = \{(W_2-W_1/ (M_2-M_1)\} \times (1/GA) \times 100$$

GA: سطح نمونه‌برداری، LA: سطح برگ نمونه، W_1: وزن نمونه اولیه، W_2: وزن نمونه‌گیری دوم، M_1: زمان نمونه‌گیری اول M_2: زمان نمونه‌گیری دوم

برداشت نهایی به تعداد ۲۰ بوته به‌صورت تصادفی در تاریخ پنج آبان ماه سال ۱۳۹۱ انجام و عملکرد زیستی، عملکرد دانه و اجزای عملکرد (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه) و صفات مورفولوژیک مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری محتوای پروتئین دانه لوبیا بر اساس استخراج پروتئین به‌روش Bradford, (1976) انجام شد. تجزیه واریانس و محاسبه ضرایب همبستگی با استفاده از نرم افزار SAS نسخه 9.2 و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel 2010 صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌دار بر عملکرد دانه داشتند (جدول۲). همانگونه که در جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) مشاهده شد، بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار هشتم (کود نیتروژن + سودوموناس و باسیلوس + ۱۰۰ درصد کود فسفر) با متوسط عملکرد ۱۵۵۴ کیلوگرم در هکتار که با تیمارهای ۱۱ (کود نیتروژن + سودوموناس و باسیلوس+ ۵۰ درصد کود فسفر) و ۱۲ (کود نیتروژن + سودوموناس و باسیلوس + ۷۵ درصد کود فسفر) اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین عملکرد دانه در تیمار شاهد با متوسط ۵۸۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. در یک مطالعه مشابه بیشترین عملکرد دانه لوبیا در تیمار مصرف توأم کود زیستی و ۷۵ درصد کود شیمیایی با متوسط ۳۱۱۳ کیلوگرم درهکتار به‌دست آمد (Nazeri *et al*., 2010) این نتایج با تحقیقات Rosen *et al*., (2010) مبنی بر افزایش عملکرد سیب زمینی در اثر کاربرد تلفیقی با فسفر مطابقت دارد، این پژوهشگران گزارش کردند که استفاده از کود فسفر عملکرد را نسبت به شاهد ۶۵ درصد افزایش داد. در آزمایش بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر هیبریدهای ذرت مشخص شد که کاربرد کودهای زیستی طول دوره گرده‌افشانی، کاکل‌دهی، تطابق گلدهی، پر شدن دانه و عملکرد دانه را افزایش داد (Hamidi *et al*., 2009). در مطالعه‌ای دیگر بر روی گیاه نخود مشخص شد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد ۳۵ درصد عملکرد دانه را در مقایسه با شاهد افزایش داد. بیشترین عملکرد در نتیجه‌ی کاربرد مخلوطی از باکتری و کود شیمیایی مشاهده شد (Mishra *et al*., 2010) Stancheva *et al*., (1992) در یک بررسی نشان دادند که در اثر تلقیح ذرت با کودهای زیستی وزن خشک بوته افزایش یافت. آنان دلیل این موضوع را بهبود دسترسی و جذب عناصر غذایی ذکر کردند و بیان داشتند که این موضوع در نهایت باعث افزایش تجمع ماده خشک در ذرت

شد. Gholami, (2000) دلایل افزایش عملکرد دانه ذرت در تیمارهای تلقیح شده با کودهای زیستی را افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و روی، تولید هورمون‌های محرک رشد و مقاومت در برابر عوامل بیماریزا و همچنین افزایش جذب سطح ریشه‌ها در جهت دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک مطرح کرد. Tohidi Moghadam *et al*., (2004) نیز در یک تحقیق به این نتیجه رسیدند که کودهای زیستی فسفر همراه با کودهای شیمیایی باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه سویا شد. این نتایج می‌تواند نشان‌دهنده این مطلب باشد که احتمالاً تلفیق تیمار کود زیستی سودوموناس و باسیلوس با کود شیمیایی فسفر قادر به تأمین فسفر مورد نیاز گیاه بوده، به‌طوری که حتی در تیمارهای تلفیقی ۵۰ درصد تا ۱۰۰ درصد کود فسفر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی لوبیا در سطوح مختلف کودی

Table 2. Analysis of variance the effects of fertilizers on quantitative and qualitative bean characteristics

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات MS					
		عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	درصد پروتئین	وزن صد دانه	غلاف در بوته	شاخه فرعی
S.O.V.	df	Seed yield	Biological yield	Protein percent	100 seed weight	Pod No.	Branch No.
تکرار Rep.	2	49527	23413	23.65	5.391	0.881	5.376
تیمار Treat.	11	351064**	2415050**	64.50**	17.809**	3.232*	6.775**
خطا Error	22	65206.10	117937	9.47	2.062	1.340	0.710
ضریب تغییرات C.V. %	–	10.48	10.14	18.07	3.51	24.33	11.38

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: no significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively

بنابراین به‌نظر می‌رسد در شرایط کاربرد تلفیقی باسیلوس و سودوموناس با کود فسفر شیمیایی فعالیت باکتری‌ها باعث تغییر اسیدیته خاک و افزایش حلالیت و دسترسی گیاه به یون‌های قابل جذب فسفات و حتی باعث افزایش جذب عناصر غذایی دیگر و بهبود رشد شده است. نتایج این مطلب را تأیید کرد که تلفیق کودهای بیولوژیک و شیمیایی فسفره امکان‌پذیر است چرا که کودهای بیولوژیک فسفره آزادزی هستند و با کاربرد کود شیمیایی فسفره فعالیت آنها کاهش نمی‌یابد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که دلیل افزایش عملکرد دانه در شرایط تلفیق کود شیمیایی و زیستی سودوموناس و باسیلوس، افزایش جذب عناصر غذایی از خاک در نتیجه‌ی افزایش فراهمی عناصر باشد. اما از سوی دیگر در تیمارهایی که از رایزوبیوم به جای نیتروژن استفاده شد (تیمار شماره ۳ تا تیمار شماره ۷)، کود زیستی رایزوبیوم به‌تنهایی قادر به تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه نبوده و در نتیجه در این تیمارها افت عملکرد مشاهده شد. در شرایط کاربرد توأم رایزوبیوم و کود نیتروژن نیز به‌خاطر ماهیت و نوع رابطه همزیستی، باکتری‌ها از فعالیت باز مانده و افزایشی در عملکرد مشاهده نشد. بنابراین به‌نظر می‌رسد در این تحقیق کاربرد تلفیقی رایزوبیوم و کود نیتروژن موفقیت‌آمیز نبوده است.

تعداد غلاف در بوته

همانطور که در جدول ۲ دیده می‌شود، صفت تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار نشان داد، به‌طوری‌که در جدول مقایسه میانگین تیمار هشتم (تلفیق کود شیمیایی اوره، فسفر و کود زیستی) دارای بالاترین تعداد غلاف در بوته بود که با تیمار شماره ۱۲ اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین تعداد غلاف در بوته مربوط به تیمارهایی بود که کودهای تلفیقی دریافت کرده بودند. کمترین تعداد غلاف در تیمار شاهد بود. کودهای زیستی به‌دلیل توانایی در حلالیت و افزایش جذب فسفر نامحلول موجود در خاک، در مرحله زایشی و باروری گیاه تأثیر دارد(Estrada-Luna & Davies, 2003). Turk & Taeaha, (2002) طی یک بررسی اعلام کردند که تعداد غلاف در بوته به شدت تحت تأثیر کود فسفر قرار می‌گیرد هر قدر تعداد غلاف در بوته افزایش یابد، عملکرد دانه نیز بیشتر خواهد شد. بررسی نتایج ضرایب همبستگی این آزمایش نشان داد که تعداد غلاف در بوته با صفات عملکرد دانه (r=۰/۷۷**)، قطر ساقه (r=۰/۹۱**)، وزن صد دانه (r=۰/۷۱**)، تعداد دانه در غلاف (r=۰/۸۰**)، عملکرد زیستی (r=۰/۹۴**) و پروتئین (r=۰/۷۳**) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. Farzana & Radizah, (2005) گزارش دادند که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی باعث توازن بین مخزن و منبع شد، به‌طوری‌که فسفر باعث افزایش ظرفیت مخزن گردید و تأمین سایر عناصر غذایی به‌همراه فسفر از طریق کاربرد تلفیقی کودها، باعث افزایش قدرت منبع شد.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا تحت تأثیر سطوح کودی مختلف

Table 3. Comparison of yield and yield component of bean under different levels of fertilizer.

تیمارهای مختلف کودی Fertilizer treatments	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biol. Yield ($kg.ha^{-1}$)	غلاف در بوته Pod No.	شاخه فرعی در بوته Branch No.	درصد پروتئین Protein percent	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seed weight (g)
1- Control	581.53 e	1188 h	3.33 c	5.16 g	9.62 e	36.16 e
2- Chemical fertilizers (N + P)	1353.27 b	2639 cd	5.08 bc	8.41 abcd	22.04 a	44.51 a
3- Biological fer. + P 100%	610.27e	1876 ef	4.50 bc	5.16 g	15.9 bcd	38.84 d
4- Biological fer. + P 0%	833.7 d	1349 gh	4.25 bc	7.25 ecd	13.37 ed	40.78 cd
5- Biological fer. + P 25%	807.60 d	2017 ef	4.08 bc	5.75 gf	14.24 ed	40.41 cd
6- Biological fer. + P 50%	834.10 d	1875 f	3.91 bc	6.41 efg	15.60 cd	38.98 d
7- Biological fer. + P 75%	834.47 d	1620 f	4.25 bc	7.08 ed	11.96 ed	39.44 d
8-Bacil.+ Pesud.+ N+ P100%	1554.43 a	4711 a	7.33 a	8.66 abc	23.21 a	43.76 ab
9- Bacil.+ Pesud.+ N+ P 0%	1041 c	2242 ed	5 bc	7.83 bcde	14.01 ed	42.07 bc
10- Bacil.+ Pesud.+ N + P25%	1354.07 b	2629 cd	5 bc	8.66 abc	20.7 abc	43.95 ab
11- Bacil.+ Pesud.+ N + P50%	1395.20 ab	2972 cb	4.50 bc	9.41 a	22.38 a	40.06 cd
12- Bacil.+ Pesud.+N+ P75%	1393.00 ab	3324 b	5.83 ab	9 ab	21.13 ab	40.91 cd
LSD	186.27	406	1.96	1.42	5.21	2.43

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Similar letters in each column indicate no significant difference according to $LSD_{5\%}$ Test

تعداد شاخه فرعی

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری بر تعداد شاخه فرعی داشت (جدول ۲). بیشترین شاخه فرعی با ۹/۴۱ عدد مربوط به تیمار ۱۱ بود که با تیمارهای ۲، ۸، ۱۰ و ۱۲ از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین تعداد شاخه‌ی فرعی با ۵/۱۶ عدد مربوط به تیمار شاهد بود. آزمایش‌هایی که در این زمینه انجام شده به نقش اکسین‌ها که در نتیجه حضور باکتری‌های محرک رشد تولید شده و در تحریک تقسیمات سلولی نقش دارد و همچنین نقش نیتروژن در افزایش رشد رویشی و افزایش تعداد شاخه فرعی در بوته اشاره دارد. در همین مورد نتایج این بررسی با تحقیقات Nazeri *et al.*, (2010) مطابقت داشت.

وزن صد دانه

وزن صد دانه از مهمترین اجزای عملکرد بوده و تأثیر به‌سزایی در عملکرد دارد. تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری بر وزن دانه داشت (جدول ۳). بیشترین وزن صد دانه در تیمار کود کامل شیمیایی با میانگین ۴۴/۵۱ گرم و در تیمارهای تلفیق کود زیستی و شیمیایی اروه و فسفر کامل و ۷۵٪ فسفر با میانگین ۴۳/۷۶ و ۴۳/۹۵ گرم و کمترین وزن صد دانه در تیمار شاهد با میانگین ۳۶/۱۶ گرم به‌دست آمد. نتیجه‌ی بررسی‌های مختلف انجام شده توسط Musavi Janghali *et al*, (2006) در استفاده از باکتری‌های سودوموناس حاکی از آن است که میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات سبب افزایش حلالیت فسفر از منبع فسفر خاک و ارتقاء شاخص‌های عملکرد گیاه ذرت گردید. Gholami, (2000) نیز در بررسی که روی ذرت انجام داد بیان کرد بوته‌های تلقیح‌یافته با سودوموناس و آزوسپریلیوم وزن دانه بالاتری داشتند. عباس‌پور و همکاران Abbaspoor *et al.*, (2009) نیز بیان کردند که تلقیح گندم با باکتری‌های سودوموناس موجب افزایش وزن دانه در گندم شد. Rajabi Darvishan, (2011) نیز طی بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد بر روی برنج، نتایج مشابهی در زمینه افزایش وزن دانه گزارش داد. Majidian *et al*, (2006) نیز در مطالعه‌ی تلفیق کودهای دامی و شیمیایی افزایش وزن دانه‌های بلال را گزارش کردند، ایشان علت نتایج خود را بهبود شرایط حاصلخیزی خاک مطرح نمود.

عملکرد زیستی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر کاربرد تلفیقی کودها در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد زیستی معنی‌دار شد. جدول مقایسه میانگین‌ها حاکی از این است که تیمار هشتم (کود نیتروژن + سودوموناس و باسیلوس+ ۱۰۰ درصد کود فسفر) با متوسط ۴۷۱۱ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد و تیمار شاهد با میانگین ۱۱۸۸ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار را دارا بود.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر شاخص‌های رشد لوبیا

Table 4. Analysis of variance the effect of integrated biological and chemical fertilizers on bean growth index

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات MS		
S.O.V.	df	LAI	CGR	TDW
بلوک Rep.	2	168733.3 ns	0.802569 ns	10984.69 ns
تیمار Treat.	11	0.6038**	137.19**	2698940.27**
خطا Error	22	2.11839914	3.5416	45429.00
ضریب تغییرات (٪) C.V.	_	13.88	15.33	11.99

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: no significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively

در حالی‌که تیمارهای تلفیق کود اوره و کود زیستی فسفر و سطوح کود شیمیایی فسفر تفاوت معنی‌داری نداشت. کودهای زیستی از طریق افزایش جذب نیتروژن و فسفر موجب ایجاد شاخ و برگ بیشتر و در نتیجه افزایش فتوسنتز گیاه و تولید ماده خشک بیشتر می‌شود (Allen *et al*., 1981). افزایش عملکرد زیستی در سطوح کود زیستی فسفر به‌علاوه ۷۵ درصد فسفر شیمیایی نسبت به شاهد با نتایج Ghazi & Zak, (2004) مطابقت دارد. Mehana & Abdul Wahid, (2002) نیز در طی پژوهشی گزارش دادند که عملکرد زیستی باقلا با کاربرد قارچ‌های حل‌کننده فسفر، سطوح فسفر معدنی و رایزوبیوم همزیست باقلا افزایش یافت، که این افزایش را به افزایش فعالیت متابولیکی فسفر در گیاه نسبت دادند. نتیجه این آزمایش احتمالاً به این دلیل است کودهای زیستی استفاده شده با بهبود شرایط جذب عناصر غذایی نیاز به مصرف کودهای شیمیایی را کاهش داده است و در نتیجه بین سطوح ۲۵ درصد کود شیمیایی فسفر با ۱۰۰ درصد کود فسفر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بررسی ضرایب همبستگی (جدول ۶) نیز نشان داد که عملکرد زیستی با صفات عملکرد دانه (r= ۰/۸۸**)، تعداد دانه در غلاف (r=۰/۶۴**)، قطر ساقه (r=۰/۹۴**)، ارتفاع بوته (r=۰/۸۶**)، وزن صد دانه (r=۰/۷۳**)، تعداد غلاف در بوته (r=۰/۹۴**)، تعداد شاخه فرعی (r=۰/۷۸**) و پروتئین (r=۰/۷۸**) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت.

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های رشدی لوبیا تحت تأثیر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی

Table 5. Comparison of growth index bean under integrated application of biological and chemical fertilizers

تیمارها	سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع در روز)	شاخص سطح برگ	ماده خشک کل (کیلوگرم در هکتار)
Treatmants	CGR ($g.m^{-2}.day^{-1}$)	LAI	TDW ($kg.ha^{-1}$)
1- Control	3.75 f	0.58 g	693 f
2- Chemical fertilizers (N + P)	13.68 c	1.67 cb	1965 c
3- Biological fer. + P 100%	7.79 ef	0.73 gf	835 ef
4- Biological fer. + P 0%	15.09 bc	0.93 ef	1360 d
5- Biological fer. + P 25%	4.81 g	0.77 gf	1138 ed
6- Biological fer. + P 50%	10.21 ed	1.02 ef	1019 edf
7- Biological fer. + P 75%	6.80 gf	0.77 gf	903 ef
8- Bacil.+ Pesud.+ N+ P100%	24.70 a	2.95 a	3579 a
9- Bacil.+ Pesud.+ N+ P 0%	7.96 ef	1.20 ed	1938 c
10- Bacil.+ Pesud.+ N + P25%	17.35 b	1.46 cd	2107 bc
11- Bacil.+ Pesud.+ N + P50%	12.06 dc	1.96 b	2448 b
12- Bacil.+ Pesud.+N+ P75%	22.85 a	1.90 b	3257 a
LSD	3.186	0.313	360.91

میانگین‌هایی که در هر ستون، حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

Similar letters in each column indicate no significant difference according to $LSD_{5\%}$ Test

درصد پروتئین

در این آزمایش درصد پروتئین دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۱). نتایج جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین درصد پروتئین در تیمار دوم (کود کامل شیمیایی)، تیمار هشتم (کود نیتروژن+ سودوموناس و باسیلوس+ ۱۰۰ درصد کود فسفر)، دهم (کود نیتروژن+ سودوموناس و باسیلوس+ ۲۵ درصد کود فسفر)، یازدهم (کود نیتروژن +

سودوموناس و باسیلوس+ ۵۰ درصد کود فسفر) و دوازدهم (کود نیتروژن +سودوموناس و باسیلوس+ ۷۵ درصد کود فسفر) به‌دست آمد. نتایج این آزمایش با تحقیقات Nazeri *et al.*, (2010) مطابقت داشت. همچنین Yolcen *et al.*, (2011) نیز در نتیجه‌ی استفاده از تلفیق کود زیستی و کود آلی در گیاه یولاف بیشترین درصد پروتیئن را نسبت به تیمار شاهد گزارش کردند. البته Eberahim ghuchi, (2011) با استفاده از تلفیق کود آلی و شیمیایی اختلاف معنی‌داری در درصد پروتئین مشاهده نکرد که دلیل این امر را تأثیر شرایط محیطی و ویژگی‌های خاک محل آزمایش عنوان کرد.

شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ تعیین‌کننده ظرفیت فتوسنتزی گیاه است، که تحت تأثیر ژنوتیپ و محیط است. نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس در مرحله چهارم نمونه‌برداری سطح برگ نشان داد که اثر استفاده تلفیقی از کودهای زیستی در سطح احتمال یک درصد بر شاخص سطح برگ معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌های سطح برگ نشان داد که تیمار هشتم (کود نیتروژن+ سودوموناس و باسیلوس+ ۱۰۰ درصد کود فسفر) با میانگین ۲/۹۵ بیشترین سطح برگ و تیمار شاهد با میانگین ۰/۵۸کمترین شاخص سطح برگ را به‌خود اختصاص داد. تیمارهای تلفیق کود زیستی و شیمیایی نسبت به تیمار شاهد دارای شاخص سطح برگ بالاتری بودند. همچنین کاربرد کودهای زیستی به‌تنهایی و بدون حضور کود اوره تأثیر معنی‌داری نسبت به شاهد بر روی شاخص سطح برگ نداشت. افزایش سطح برگ، شاخصی از افزایش رشد رویشی گیاه محسوب می‌شود و توسعه آن در افزایش تولید و عملکرد نقش به‌سزایی دارد (Nezarat & Gholami, 2008). Ganjali *et al.*, (2000) گزارش کردند که توسعه کندتر سطح برگ باعث جذب کمتر تابش شده و در نتیجه کاهش سرعت رشد محصول را به‌دنبال دارد. در یک بررسی با استفاده از محلول‌پاشی باکتری‌های محرک رشد بر روی گیاه ذرت گزارش شد که تولید جیبرلین و اسید ایندول استیک در گیاه افزایش یافته و منجر به افزایش طول و پهنای برگ ذرت و در ادامه افزایش سطح برگ گیاه شد آنها پیشنهاد کردند که به‌نظر می‌رسد سیگنال‌های هیدرولیکی و شیمیایی در گیاهان تلقیح شده رشد برگ را کنترل می‌کنند (Amal *et al.*, 2010). درگیاهان تلقیح‌شده با باکتری‌های محرک رشد به‌دلیل افزایش هدایت هیدرولیکی ریشه، جذب آب و مواد غذایی افزایش می‌یابد و برگ رشد بیشتری می‌یابد (Hu *et al.*, 2007). احتمالاً در این آزمایش نیز، افزایش رشد و نمو و عملکرد گیاه به‌دلیل اثرات مثبت باکتری‌های محرک رشد در توسعه سطح برگ بوده است. نتایج این آزمایش نشان داد که شاخص سطح برگ لوبیا در تیمارهای مختلف کودی روند مشابهی در طول دوره رشد داشت. با گذشت زمان مقدار شاخص سطح برگ افزایش یافت و در دوره گلدهی به حداکثر میزان خود رسید و سپس به‌دلیل پیری و ریزش برگ‌ها روند نزولی داشت. نتایج بررسی ضرایب همبستگی نشان داد که بین شاخص سطح برگ با عملکرد زیستی (r=۰/۸۳**)، سرعت رشد محصول (r=۰/۹۷**) و دوام سطح برگ (r= ۰/۸۵**)، رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت. همانطور که در جدول همبستگی صفات دیده شد وزن خشک کل با سطح برگ دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری (r= ۰/۸۲۷**) بود (جدول ۶). تولید ماده خشک نتیجه فتوسنتز گیاه می‌باشد. بنابراین می‌توان بیان کرد تیمارهایی که از شاخص سطح برگ بیشتری برخوردار بودند، وزن خشک بالاتری هم داشته باشند. در این آزمایش مشخص شد که تیمارهای تلفیقی کود زیستی به‌دلیل شاخص سطح برگ بیشتر و به‌تبع آن جذب تابش و فتوسنتز بیشتر و نهایتاً با توسعه بیشتر اندام‌های هوایی و زیر زمینی در جذب نور و آب و مواد و عناصر غذایی، از تجمع ماده خشک بیشتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار بودند.

جدول ۶- جدول ضرایب همبستگی شاخص‌های رشدی لوبیا

Table 6. Corrolation coefficient of bean growth index

صفات	TDW	CGR	LAI	RGR	LAD
TDW	1	0.778**	0.827**	0.686*	0.773**
CGR		1	0.978**	0.625*	0.766**
LAI			1	0.578*	0.857**
RGR				1	0.279
LAD					1

تجمع ماده خشک

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی در مرحله چهارم نمونه‌برداری نشان داد که استفاده تلفیقی کودهای زیستی در سطح احتمال یک درصد بر ماده خشک کل معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌های ماده خشک کل نشان داد که در این مرحله تیمار هشتم (کود نیتروژن + سودوموناس و باسیلوس+ ۱۰۰ درصد کود فسفر) با میانگین ۳۵۷۹ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین وزن خشک و تیمار شاهد با میانگین ۶۹۳ کیلوگرم در هکتار کمترین ماده خشک را به‌خود اختصاص داد (جدول ۶). روند تجمع ماده خشک نیز نشان داد که در مراحل اولیه رشد به‌دلیل فقدان رقابت بین بوته‌ها، ماده خشک به‌تدریج افزایش و تا ۸۵۰ درجه روز رشد به‌دلیل وجود فضای کافی جهت استفاده بهینه از نور و مواد

غذایی به حداکثر رسید. Naderia & Ghadiri, (2010) نیز در طی آزمایش تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی بر روی گیاه ذرت در مورد افزایش تجمع ماده خشک در تیمارهای تلفیق کود شیمیایی و زیستی اظهارات مشابهی داشتند. توران و همکاران Turan *et al*., (2006) نیز بیشترین میزان تجمع ماده خشک را در گیاه گوجه‌فرنگی در تیمارهای تلفیق کود زیستی باسیلوس و کود شیمیایی گزارش دادند.

سرعت رشد محصول

نتایج جدول تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی در مرحله چهارم نمونه‌برداری نشان داد که سرعت رشد محصول در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر سطوح تیماری معنی‌دار شد (جدول ۴). طبق نتایج جدول مقایسه میانگین، در این مرحله بیشترین سرعت رشد محصول با میانگین ۲۴/۷۰ مربوط به تیمار هشتم و کمترین آن با میانگین ۳/۷۵ مربوط به تیمار شاهد می‌باشد. نتایج نشان داد تیمارهای تلفیق کود زیستی و شیمیایی به‌دلیل استفاده بهینه از عناصر غذایی و در دسترس داشتن شرایط مطلوب رشدی در سطوح بالاتری نسبت به تیمار شاهد قرار می‌گیرند. Eberahim ghuchi, (2011) گزارش کرد که در تیمارهای تلفیقی به‌علت فراهمی و جذب بیشتر عناصر غذایی و به‌دنبال آن افزایش سطح برگ و ماده خشک، سرعت رشد محصول نسبت به سایر تیمارها افزایش پیدا کرد.

نتیجه‌گیری

همانطور که نتایج این تحقیق نشان داد می‌توان از باکتری‌های حل‌کننده فسفات به‌صورت تلفیقی برای کاهش مصرف کودهای فسفره شیمیایی و بهبود جذب و افزایش کارایی مصرف کود فسفر و جذب بهتر فسفر موجود در خاک سود برد. چرا که تقریباً بیشتر صفات مورد مطالعه در تیمارهای تلفیقی سودوموناس و باسیلوس با کود فسفر از نظر کمی و کیفی برتری داشتند. در صورتی‌که باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در شرایط ادافیکی و اقلیمی این آزمایش کارایی مناسبی نداشت و تیمار کود زیستی ریزوبیوم (تیمار سوم) در شرایط این آزمایش قادر به تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه و جایگزینی به‌جای کود نیتروژن نبود، تیمار تلفیقی نیز گزینه‌ی مناسبی نبود. نهایتاً احتمالاً این امکان وجود خواهد داشت که در این منطقه از کودهای زیستی فسفره به‌صورت تلفیقی برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی سود جست که البته به مطالعات بیشتری در این زمینه نیاز است.

منابع

1. Abbaspoor, A., Zabihi, H.R., Movafegh, S., and Akbari Asl, M.H. 2009. The efficiency of plant growth promoting rhizobacteria (PGRP) on yield and yield components of two varieties of wheat in salinity conditions. American Eurasian Journal of Sustainable Agriculture 3(4): 824-828.
2. Allen, M.F., Smith, W.K., Moore, T.S., and Christensen, M. 1981. Comparative water relations and photosynthesis of mycorrhizal and non-mycorrhizal *Bouteloua gracilis*. New Phytologist 88: 683-693.
3. Amal, G.A., Orabi, S., and Gomaa, A.M. 2010. Bio-organic farming of grain sorghum and its effect on growth, physiological and yield parameters and antioxidant enzymes activity. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 6(3): 270-279.
4. Bashan, Y., Holguin, G., de-Bashan, L. 2004. Azospirillum-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances. Canadian journal of microbiology 50: 521-577.
5. Bashan, Y., and Holguin, G. 1997. Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances. Canadian Journal of Microbiology 43:103-121.
6. Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-256.
7. Eberahim ghuchi, Z. 2011. Influence of integrated use of farmyard manure, chemical fertilizer and biofertilizers on quantity and quality of fodder corn (*Zea mays* L.) M.Sc. Thesis. University of Guilan, Iran.

8. Estrada-Luna, A.A., and Davies, F.T. 2003. Arbuscular mycorrhizal fungi influence water relations, gas exchange, Abscisic acid and growth of micro propagated chile ancho pepper (*Capsicum annum* L.) plantlets during acclimatization and post-acclimatization. Journal of Plant Physiology 160(9): 1073-1084
9. Farzana, Y., and Radizah, O. 2005. Influence of Rhizobacterial inoculation on growth of the sweet potato cultivar. Online Journal of Biological Sciences 1(3): 176-179.
10. Ganjeali, A., Malekzadeh, S., and Bagheri, A. 2000. Effect of plant population density and planting pattern on trend of growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Neishabour region. Journal of Agricultural Science and Technology 14(2): 31-41.
11. Ghazi, M., and Zak, J.B. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress Mycorrhiza. 14: 263-269.
12. Gholami, A. 2000. Effect of Mycorrhizal mushrooms on growth and yield indexes of maize (*Zea mays* L.) in Shahrod region. Ph.D. Thesis. Tarbiat Modarres University of Tehran. P: 85-170. (In Persian).
13. Hamidi, A., Asqarzadeh, A., Chokan, R., Dehghan Shoar, M., Ghalavand, A., and Jafarmalakoti, M. 2007. Study of plant growth promoting rihizobacteria (PGPR) biofertilizers application in maize cultivation by adequate input. Journal of Environmental Science 4: 1-20. (In Persian with English Summary).
14. Hamidi, A., Chokan, R., Asghar Zadeh, A., Dehghanshoaar, M., Ghalavand, A., and Malakoti, M.J. 2009. The effect of use bacterial growth promoting (PGPR) on the phenology of late maturity hybrid. Iranian Journal of Crop Science 11: 270-249.
15. Hu, Y., Burucs, Z., Tucher, S., and Schmidhalter, U. 2007. Short-term effect of drought and salinity on mineral nutrient distribution along growing leaves of maize seedlings. Environmental and Experimental Botany 60: 268-725.
16. Khavazi, K., Asadi Rahmani, H., and Malakoti, M.J. 2005. Necessity of biologic dunks industrial product in country. Sana Publication. 420 pp.
17. Malakoti, M. 2005. Constant agronomy and enhance yield by optimum use of fertilizer in Iran. Instruction Emission Agronomy.
18. Majidian, M., Ghalavand, E.A.L., and Karimian, N.A. 2006. Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and organic fertilizer at different growth stages on corn crop characteristics. Conference ecological Iran. October 26-25, Gorgan University. 3099-3108.
19. Mehana, T.A., and Abdul Wahid, O.A. 2002. Associative effect of phosphate dissolving fungi, rhizobium and phosphate fertilizer on some soil properties, yield components and the phosphorus and nitrogen concentration and uptake by (*Vicia faba* L.) under field conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences 5(11): 1226-1231.
20. Mishra, A., Prasad, K., and Rai, G. 2010. Effect of bio-fertilizer inoculations on growth and yield of dwarf field pea (*Pisum sativum* L.) in conjunction with different dose of chemical fertilizers. Journal of Agronomy 9(4): 163-168.
21. Musavi Janghali, S.A., Sani, B., Sharifi, M., and Hoseini Nejad, Z. 2006. Assessing the effect of phosphate solvent bacteria and mycorrhizae on *Zea mayes* (SC 704) quantitative traits. Abstract articles 8th Congress of Agronomy Science. Iran, Guilan University, page 184. (In Persian).
22. Naderia, R., and Ghadiri, H. 2010. Urban waste compost, manure and nitrogen fertilizer effect on the initial growth of corn (*Zea mays* L.). Desert. 15:159-165.
23. Nasiri Mahallati, M., Koochaki, A.R., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A.R. 2008. Agroecology. Ferdowsi University of Mashhad Press. 640 pages.
24. Nazeri, P., Kashani, A., Khavazi, K., Ardekani, M.R., Mirakhori, V.M., and Pursiahbidi, M. 2010. Response of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to rhizobium inoculation and strip placed granulated phosphate application. Journal of Agroecology 2(1): 175-185. (In Persian).

25. Nezarat, S., and Gholami, A. 2008. Evaluation of Azospirillum and Pseudomonas on maize growth. 2nd National Congress of Ecological Agriculture in Iran, pp. 2037-2049. (In Persian).
26. Rahmati Khorshidi, Y., and Ardakani, M.R. 2011. Response of yield and yield components of rice (*Oryza sativa*) to *Pesudomonas flouresence* and *Azospirilum lipoferum* under different nitrogen levels. American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 10(3): 387-395.
27. Rajabi Darvishan, Z. 2011. The study of spray of Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) and their metabolites on rice quantitative and qualitative yield (Var. Hashemi). M.Sc. Thesis. University of Guilan, Iran.
28. Roberts, T.L. 2008. Improving Nutrient Use Efficiency. Turkish journal of agriculture and forestry 32: 177-182.
29. Rosen, C., Mcnearney, M., and Bierman, P. 2010. Evaluation of specialty phosphorus fertilizer sources for potato. Northern plains potato growers association research reporting meeting. Available at Web site http://www.nppga.org/crop_science/research_reports_17_2768967167. pdf. USA.
30. SAS. Institue. 1996. The SAS System Version 9.0. SAS Institute, Cary, NC.
31. Sharifi, R., Khavazi, S.K., and Gholipur, A. 2011. Effect of seed priming with plant growth promoting rhizobacteria (PGRP) on dry matter accumulation and yield of maize (*Zea mays* L.) International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics 1(3): 76-83.
32. Somasegaran, P., and Jhoben, H. 1994. Hand book for rhizobia: methods in legume-Rhizobium technology. New York: Springer-Verlag, USA.
33. Shi, S.F., Goscho, G.J., and Rahil, G.S. 1981. Biomass production o sweet sorghum. Agronomy Journal 173:1027-1031.
34. Stancheva, I., Dimitrev, N., Kuloyanov, A., Dimitrova, and Anyelov, M. 1992. Agronomie 12: 319-324.
35. Tohidi Moghadam, H., Sni, B., Sharifi, M., and Ghoshchi, F. 2004. Effect of nitrogen stabilizer and phosphate solver bacteria on some of quantitative index of soybean in constant agronomy. Abstract Articles 8th Congress of Agronomy Science, Guilan University Iran, p: 147. (In Persian).
36. Turk, M.A., and Taeaha, A.R.M. 2002. Impact of seeding rate, seeding date. Rate and method of phosphorus application in faba bean (*Vicia faba* L.) in the absence of moisture stress. Biotechnology, Agronomy, Society and Environment 6(3): 171-178.
37. Turan, M., Ataoglu, N., and Sahin, F. 2006. Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different forms of phosphorus in liquid culture. Sustainable Agriculture 28: 99-108.
38. Turan, M., Gulluce, M., Cakmakci, R., Oztas, T., and Sahin, F. 2010. The effect of PGPR strain on wheat yield and quality parameters. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. www.cabdirect.org/abstracts/20113309723.html.
39. Troeh, Z.I., and Loynachan, T.E. 2003. Endomycorrhozal fungal survival in continuous corn, soybean, and fallow. Agronomy Journal 95: 224-230.
40. Yasari, E., and Patwardhan, A.M. 2007. Effects of Azotobacter and Azospirillium inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of Canola. Asian Journal of Plant Science 6: 77-82.
41. Yolcen, H., Turan, M., Lithourgidis, A., Cakmakcl, R., and Koc, A. 2011. Effect of plant growth – promoting and manure on yield and quality characteristics of Italian ryegrass under semi arid condition. Australian Journal of Crop Science 5(13): 1730-1736.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 6, No. 1, 2015, p. 21-31

Integrated application of biological and chemical fertilizers on bean (*Phaseolus vulgaris*) under Rasht climate conditions

Saberi[1], H., Mosenabadi[2*], Gh., Majidian[2], M., & Ehteshami[2], S.M.

1. Graduate student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Science, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Science, University of Guilan, Rasht, Iran

Received: 07 October 2013
Accepted: 01 December 2014

Abstract

This research, for lowering the use of chemical fertilizer, was carried out using combinations of biological and chemical fertilizer on bean in Rasht region in 2012 growing season. The experiment was conducted based on randomized complete blocks design with 12 treatments and three replications. Experimental treatments included: control (no fertilizers and no inoculants), chemical fertilizers (nitrogen and phosphorus) and 10 combinations of inoculated biological (Rhizobium, Pseudomonas, and Bacillus) fertilizers together with chemical fertilizers. Results showed that grain yield, biological yield, 100 grain weight, stem diameter, protein content and protein yield were significantly affected ($p<0.01$) by treatments. The mean comparisons showed that the highest amount of grain yield, biological yield, 100 grain weight, stem diameter were obtained from combination of bacillus and pseudomonas with proportions of chemical P fertilizer levels. These results suggest that the integrated application of phosphorus biofertilizers and chemical phosphorus fertilization could improve growth and nutrient uptake from soil; hence, it might be a good strategy for sustainable production. However, crops need chemical nitrogen which could not be replaced by rhizobium inoculation. Overall, the results revealed that integrated biofertilizer and phosphorus fertilization are good choices for decreasing chemical fertilization application.

Key words: Bean, Biological fertilizer, Nitrogen, Phosphorus, Protein

* **Corresponding Author:** grmohsenabadi@yahoo.com, Tel.: 0131-3226702