

اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد، مایکوریزا و مقادیر فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش (*Vigna radiata* L.)

فهیمة رضاپوریان قهفرخی^{۱*}، سرالله گالشی^۲، ابراهیم زینلی^۳ و بنیامین ترابی^۴

۱- دانشجوی دکتری کشاورزی، رشته مهندسی کشاورزی، گرایش زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- استاد زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ galeshi@gau.ac.ir

۳- دانشیار زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ e.zainali@gau.ac.ir

۴- استادیار زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ ben_torabi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۱

چکیده

به منظور بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد، مایکوریزا و مقادیر مختلف فسفر کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش (*Vigna radiata* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۶ و ۹۶-۱۳۹۷ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل کود فسفره در سه سطح (عدم مصرف، ۱۵۰ کیلوگرم و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) و ترکیب‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریزا در هشت سطح (شاهد، باکتری *آزوسپیریولوم لیپوفرم*، باکتری *سودوموناس فلورسنس*، قارچ *گلوبوس موسه*، ترکیب *آزوسپیریولوم* و *سودوموناس*، *آزوسپیریولوم* و قارچ، *سودوموناس* و قارچ و ترکیب هر سه فاکتور) بودند. نتایج تجزیه مرکب در مورد اثر سال، کود فسفر و کود زیستی نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار روی عملکرد و اجزای عملکرد، ارتفاع گیاه، طول غلاف و پروتئین دانه بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در سال اول نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۲۲۶ گرم در مترمربع) در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریولوم* و قارچ مایکوریزا در سطح مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر به دست آمد که نسبت به شاهد ۲۹/۶ درصد افزایش داشت. در سال دوم آزمایش نیز بیشترین عملکرد دانه (۲۱۶ گرم در مترمربع) با افزایش ۳۸/۷ درصد نسبت به شاهد در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریولوم* و *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا در سطح مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه (۵۲/۹۱ گرم) و بیشترین تعداد دانه (۸/۵۲ عدد در غلاف) در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر به دست آمد. نتایج کلی این آزمایش نشان‌دهنده مفید بودن باکتری *آزوسپیریولوم* و قارچ مایکوریزا در زراعت ماش جهت کاهش استفاده از کود شیمیایی فسفر است.

واژه‌های کلیدی: *آزوسپیریولوم لیپوفرم*، حبوبات، *سودوموناس فلورسنس*، *گلوبوس موسه*

مقدمه

و در فعالیت‌های متابولیکی متعدد شرکت می‌کند، مهم‌ترین عنصر در تولید محصول و تغذیه معدنی حبوبات محسوب می‌شود (Noonari et al., 2016). برای رفع کمبود فسفر مورد نیاز گیاهان، این عنصر به صورت کودهای شیمیایی فسفردار به خاک اضافه می‌گردد که مقادیر زیادی از فسفر موجود در این کودها بعد از ورود به خاک نامحلول شده و در خاک‌های آهکی به ترکیبات نامحلول کلسیم و منیزیم و در خاک‌های اسیدی به فسفات آهن و آلومینیوم تبدیل شده و از دسترس گیاه خارج می‌شود (Zhang et al., 2015). در نتیجه، کاربرد خاکی فسفات به دلیل پایین بودن فسفر قابل جذب به تنهایی نمی‌تواند نیازهای بخش کشاورزی را تأمین کند (Parsa Motlagh et al., 2011). بر اساس گزارش‌ها، از کل کود فسفر استفاده شده در خاک، حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد جذب

ماش (*Vigna radiata* L.) یکی از بقولات با ارزش و سرشار از فسفر می‌باشد که قادر به تثبیت بیولوژیک نیتروژن است (Belachew & Abera, 2011). ماش از نظر مواد پروتئینی، غنی است و قابلیت هضم آن نسبت به سایر حبوبات بیشتر است. این گیاه به دلیل داشتن سطح زیرکشت وسیع (بالغ بر ۲۰ هزار هکتار)، خوش خوراکی و قابلیت هضم بالا، دارای اهمیت فراوانی در کشور می‌باشد (Khajeh et al., 2016). فسفر به عنوان یک نهاده شیمیایی، از اجزای اصلی کودهایی است که در هنگام کاشت مصرف می‌گردد و به دلیل اهمیتی که در بالابردن رشد گیاهچه و گلدهی دارد (Suryantini, 2016)

*نویسنده مسئول: f.rezapoorian1389@yahoo.com

سودوموناس از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول‌کردن فسفر خاک با تولید مقادیر قابل‌ملاحظه‌ای هورمون‌های تحریک کننده رشد به‌ویژه انواع اکسین و دیگر هورمون‌ها مانند جیبرلین و سیتوکنین، رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Stefan et al., 2013; Moustaine et al., 2017).

Srivastava et al, (2011) نشان دادند که تلقیح بذور نخود (*Cicer arietinum* L.) با باکتری حل‌کننده فسفات منجر به افزایش ارتفاع بوته گردید. همچنین گزارش‌ها نشان می‌دهد که تعداد گره، وزن خشک گره، عملکرد دانه، عملکرد کاه و محتوای نیتروژن در دانه‌های گیاه عدس (*Lens culinaris* Medik) با تلقیح باکتری محرک رشد گیاه سویه سودوموناس به‌علت کاهش تولید اتیلن، بهبود یافته است (Gupta et al., 2015).

نتایج مطالعه Bhattarai et al, (2011) روی اثر ریزوبیوم، میکوریز، کود دی‌آمونیم فسفات به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و شاهد بر روی لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) نشان داد که تیمار تلقیح‌شده با ریزوبیوم، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد، بر صفات وزن ماده خشک، طول ریشه و اندام هوایی، تعداد غلاف و تعداد گره‌ها نسبت به سایر تیمارها نشان داد. (Gangwar et al, 2013) نشان دادند که تلقیح گیاه ماش (*Vigna radiata* L.) با باکتری سودوموناس پوتیدا باعث افزایش رشد ریشه، طول ساقه و وزن خشک گیاه گردیده است. (Kaur et al, 2015) در بررسی اثر سویه‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد گزارش نمودند که تلقیح گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) با هر کدام از سویه‌ها باعث افزایش قابل‌توجه عملکرد دانه و جذب نیتروژن و فسفر شده است. بر اساس مطالعات انجام‌شده به‌نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد، روی رشد رویشی و زایشی گیاه مؤثر بوده و کاربرد آن‌ها می‌تواند مصرف کودهای شیمیایی را کاهش و عملکرد گیاه را افزایش داده و یا در حد مطلوب نگه دارد. بنابراین با توجه به این‌که در کشور ما به‌دلیل تغییرات شدید pH میزان فسفر محلول در ریزوسفر گیاه محدود می‌باشد، استفاده از کودهای بیولوژیک آزادکننده فسفر تا حدود زیادی می‌تواند مشکلات جذب این عنصر را تعدیل بخشیده و بر جذب این عنصر تأثیرگذار باشد.

این تحقیق، با هدف ارزیابی کودهای زیستی در آزادسازی فسفر نامحلول خاک و کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی بخشی از آن‌ها، با کاربرد باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریزا اجرا شد.

گیاه شده و مابقی به‌صورت غیرقابل‌جذب درآمده و در خاک تجمع می‌یابد (Zhang et al., 2015). از دلایل اصلی طبیعت ناپایدار کشاورزی، استفاده مداوم و مفرط از کودهای شیمیایی است که موجب زیان‌رساندن به فعالیت بیولوژیکی، تغییرات pH و خسارت تجمع نمک حاصل از کوددهی بیش از حد می‌گردد. لذا فراهم‌سازی شرایط لازم برای استفاده بیشتر از منابع طبیعی یکی از راهکارهای تولید بهینه محصول و تغییر شرایط کنونی است. بنابراین به‌دلیل جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی بایستی به افزایش کارایی مصرف این عنصر توجه گردد (Zhang et al., 2015). در این شرایط یکی از راهکارهای تولید بهینه محصول و حفظ سلامت محیط زیست، فراهم‌سازی شرایط لازم و ضرورت استفاده بیشتر از میکروارگانیسم‌های خاکری و کودهای زیستی می‌باشد (Bona et al., 2015).

Suhag (2016) بیان داشت که حضور کودهای زیستی باعث بهبود خصوصیات خاک نظیر محتوای ماده آلی و افزایش دسترسی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و عناصر ریزمغذی می‌شود. قارچ‌های میکوریزا به‌عنوان یک کود زیستی دارای کارکردهای چندمنظوره‌ای از جمله افزایش دسترسی عناصر غذایی به ویژه فسفر برای گیاهان، گسترش ناحیه جذب ریشه (Ziane et al., 2017)، افزایش فتوسنتز، افزایش کارایی مصرف آب در گیاه میزبان، افزایش مقاومت به تنش خشکی و شوری، افزایش مقاومت گیاه میزبان به آفات و بیماری‌ها، افزایش محتوای کلروفیل، تسریع در گلدهی گیاه میزبان، بهبود ساختمان خاک، افزایش قدرت رقابت گیاه میزبان در مقابل علف‌های هرز، تشدید فعالیت باکتری‌های ریزوبیوم و آزوسپیریولوم در بوم‌نظام‌های زراعی هستند (Kanwal et al., 2015).

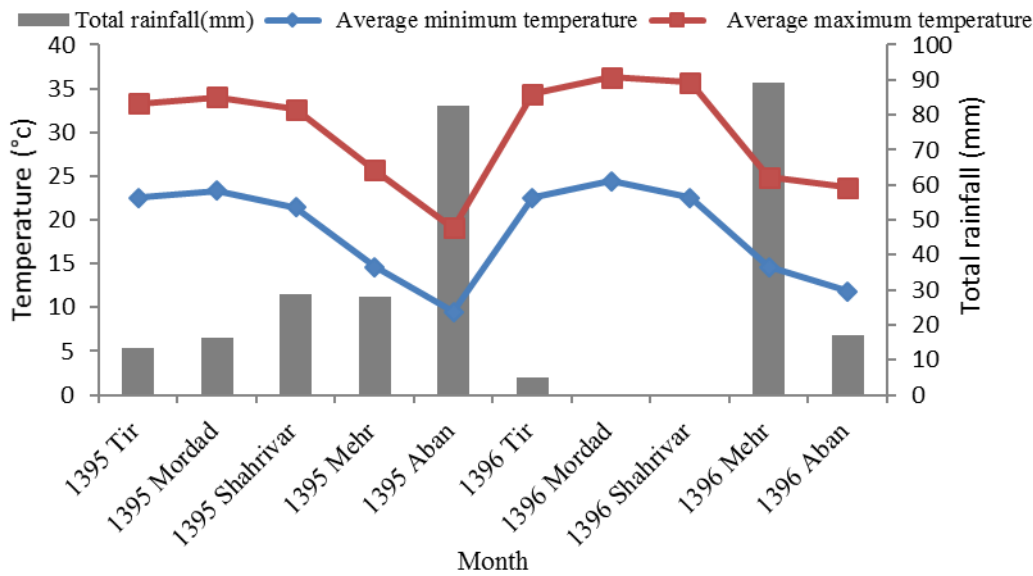
Ziane et al, (2017) در بررسی اثر کودهای شیمیایی و قارچ میکوریزا آربوسکولار بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculenum* Mill.) گزارش کردند که استفاده از قارچ میکوریزا آربوسکولار می‌تواند باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی و آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود. همچنین Rajabzadeh Motlagh (2011) افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و شاخص سطح برگ را در اثر تلقیح بذر لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) با میکوریزا گزارش کرد.

از طرفی باکتری‌های محرک رشد نیز جزو کودهای زیستی محسوب می‌شوند که از اهمیت ویژه‌ای در افزایش محصول و حفظ حاصلخیزی خاک برخوردار می‌باشند. باکتری‌های جنس ریزوبیوم، آزوتوباکتر، آزوسپیریولوم و

مواد و روش‌ها

جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی اجرا شد. برخی از خصوصیات اقلیمی محل اجرای آزمایش در شکل ۱ ارائه شده است.

این آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۶-۹۵ و ۱۳۹۷-۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با موقعیت طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی و عرض



شکل ۱- میانگین حداقل و حداکثر دما و مجموع بارندگی در ماه‌های کشت گیاه

Fig. 1. Average minimum and maximum temperature and total rainfall in cultivation on months

شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش به تفکیک سال در جدول ۱ آمده است.

قبل از آماده‌سازی بستر، از زمین محل اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری خاک انجام شد و در آزمایشگاه مورد تجزیه قرار گرفت. برخی مشخصات فیزیکی و

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Soil chemical and physical characteristics of the research site

Year	Depth	Clay	Silt	Sand	N	pH	K	P
سال	عمق	رس	سیلت	شن	نیترژن	شاخص واکنش	پتاسیم	فسفر
	cm	درصد (%)					(mg.kg ⁻¹)	
1395- 96	0-30	44.5	41.5	14	0.04	7.1	200	8.3
1396-97	0-30	47.5	41	11.5	0.07	6.9	181	8.7

مایکوریزا آربوسکولار نیز در هشت سطح شامل عدم مصرف باکتری و قارچ (شاهد)، باکتری آزوسپیریلیوم (*Azospirillum lipoferum*)، باکتری سودوموناس فلورسنس (*Pseudomonas fluorescens*)، قارچ (*Glomus mosseae*)، ترکیب آزوسپیریلیوم و سودوموناس، آزوسپیریلیوم و قارچ، سودوموناس فلورسنس و قارچ و ترکیب هر سه فاکتور، به‌عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. باکتری آزوسپیریلیوم لیپوفریم و سودوموناس فلورسنس مورد استفاده از ریزوسفر گندم جداسازی

به‌منظور دستیابی به اهداف موردنظر در این طرح، آزمایش در هر دو سال زراعی به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید. کود فسفره (از منبع سوپرفسفات تریپل) به‌عنوان عامل اول در سه سطح شامل عدم مصرف (شاهد)، مقدار مطلوب (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و شرایط بیش‌بود (۵۰ درصد بیشتر از حد مطلوب معادل با ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار)، بر اساس آزمون خاک مورد استفاده قرار گرفت. ترکیب‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد و قارچ

کشت گردید (به ازای هر کیلوگرم بذر از ۵۰ گرم باکتری استفاده شد). برای جلوگیری از صدمه باکتری‌ها در اثر خشکی بلافاصله اقدام به آبیاری شد. به منظور اعمال تیمارهای مربوط به قارچ میکوریزا، قبل از کاشت، خاک آلوده به قارچ آریسکولار میکوریزا از گونه *Glomus mosseae* که هر ۱۰۰ گرم از آن حاوی تعداد ۳۰۰ اسپور است، به میزان ۶۰ کیلوگرم خاک آلوده به قارچ در هکتار، در زیر بذر در عمق دوسانتی متر قرار گرفت. در ابتدای کاشت در هر کپه، سه بذر کشت و پس از استقرار و در زمان سه‌برگی پس از عمل تنک، فاصله گیاهچه‌ها از هم به ۱۰ سانتی متر رسید. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به نیاز گیاه و شرایط محیطی انجام گرفت. همچنین در طی فصل رشد، علف‌های هرز به صورت دستی کنترل شدند. صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، طول غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰۰ دانه و ارتفاع بوته بودند. سطح برداشت هر کرت معادل دو مترمربع بود که با استفاده از دو خط میانی کاشت و پس از حذف حاشیه‌ها تأمین شد. به منظور تعیین عملکرد دانه از خطوط میانی هر کرت به طول یک متر در نظر گرفته شد و جهت جلوگیری از ریزش دانه‌ها، برداشت هر هفته یک‌بار از غلاف‌های رسیده انجام شد. پس از برداشت غلاف‌ها، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه‌ها در غلاف و وزن خشک غلاف با استفاده از جداکردن غلاف‌ها از بوته و قراردادن نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آن در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد شمارش و توزین شدند. همچنین جهت اندازه‌گیری پروتئین دانه از روش کجلدال استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS برای داده‌های هر سال انجام و در پایان دو سال تجزیه واریانس مرکب بر روی داده‌ها صورت گرفت. همچنین جهت انجام مقایسات میانگین اثرات متقابل، از روش برش‌دهی (Slicing) و به منظور مقایسه میانگین اثرات ساده، از روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سطوح کود زیستی و فسفر و همچنین اثر سال بر صفت ارتفاع گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که در سطح عدم مصرف کود شیمیایی فسفر (شاهد) بیشترین ارتفاع گیاه (۵۵/۴ سانتی‌متر) در تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم و قارچ

شده بودند که باکتری آزوسپیریلوم لیپوفرم دارای خصوصیات شامل تولید اکسین (۲۷/۳۲ میلی‌گرم بر لیتر)، تثبیت نیتروژن (۱۴/۸۹ نانومول بر ساعت میلی‌لیتر)، توان تولید سیدروفور، ACC دامیناز، و حلالیت فسفر نامحلول خاک (۱/۴۷ میلی‌گرم بر لیتر) بود. همچنین باکتری سودوموناس فلورسنس دارای توان تولید اکسین (۴/۶۸ میلی‌گرم بر لیتر)، سیدروفور، ACC دامیناز، حلالیت فسفر نامحلول (۵۲/۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) بود. خصوصیات باکتری ریزوبیوم جداسازی شده مورد استفاده از ریزوسفر ماش شامل تولید اکسین (۷۲/۱۶ میلی‌گرم بر لیتر)، سیدروفور، ACC دامیناز، تثبیت نیتروژن (۱۳۸/۸ نانومول بر ساعت میلی‌لیتر) و حلالیت فسفر نامحلول (۶/۷۲ میلی‌گرم بر لیتر) بود. قبل از اعمال کود زیستی، جهت اطمینان از سالم بودن باکتری‌ها، با استفاده از محیط‌های کشت مناسب، تعداد جمعیت باکتری در هر گرم جامد پودری با روش شمارش کلنی مشخص شد. در این آزمایش در همه کرت‌ها باکتری ریزوبیوم (*R. leguminosarum*) مورد استفاده قرار گرفت. مصرف باکتری ریزوبیوم به صورت خاکی بود، به طوری که ۲۰۰ گرم باکتری، با ۴ کیلوگرم خاک مخلوط گردیده و به طور مساوی در خطوط مورد کشت هر کرت زیر بذرها قرار داده شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم عمیق و سپس دو مرحله دیسک عمود بر هم برای خرد کردن کلوخه‌ها و نیز تسطیح نهایی زمین با لولر بود. پس از این مرحله کودهای پایه پتاس و اوره مورد نیاز گیاه بر اساس آزمون خاک (اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار و پتاس (سولفات پتاسیم) به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) به طور یکسان در سطح مزرعه توزیع گردید. واحدهای آزمایشی به طول ۵ متر و عرض ۲/۵ متر و با فاصله یک متر از واحد آزمایشی مجاور، ایجاد شد، به طوری که هر کرت آزمایشی در پنج خط پنج‌متری با فاصله ثابت ۵۰ سانتی‌متر و با فاصله بین بوته‌های روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر با تراکم ۳۰۰ هزار بوته در هکتار کشت شد. بذر ماش مورد نیاز (رقم 1973 A VC) برای کشت از جهاد کشاورزی شهرستان گرگان تهیه و در هر دو سال در اوایل تیرماه کشت گردید. جهت تلقیح تیمار کود زیستی (باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریزا) ابتدا بذرهای ماش در الکل ۷۰ درصد به مدت ۳۰ ثانیه و سپس توسط هیپوکلریت سدیم ۰/۲ درصد به مدت دو دقیقه ضد عفونی سطحی شدند. سپس بذرها سه مرتبه با آب مقطر استریل شستشو داده شدند تا اثر هیپوکلریت سدیم حذف شود. بذرهای استریل شده با استفاده از تیمارهای باکتری و قارچ تهیه شده از شرکت دانش‌بنیان تمیشه تلقیح گردیدند، به طوری که باکتری‌ها (با جمعیت 10^8 سلول باکتری در هر گرم جامد پودری) با آب مخلوط و بر روی بذرها پاشیده و سپس اقدام به

مایکوریزا بود، همچنین با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود شیمیایی فسفر در هکتار، بیشترین ارتفاع گیاه (۶۵ سانتی‌متر) و با مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر بیشترین ارتفاع گیاه

(۷۳/۶۳ سانتی‌متر) در تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم، سودوموناس و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس دو سال (تجزیه مرکب) صفات رویشی و پروتئین دانه ماش

Table 2. Analysis of variance of vegetative traits and protein content of seed mungbean

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Degrees of freedom	ارتفاع گیاه Plant height	طول غلاف Pod length
سال (Y) (year)	1	1556.96**	10.45**
(بلوک) (سال) (Replication) (Year)	4	3.71	0.05
فسفر (A) (Phosphorus)	2	1247.89**	90/50**
سال × فسفر (A × Y)	2	145.81**	1.14**
کود زیستی (B) Biofertilizer	7	866.84**	0.43**
فسفر × کود زیستی (B × A)	14	51.17**	0.18 ^{n.s}
سال × کود زیستی (B × Y)	7	0.91 ^{n.s}	0.03 ^{n.s}
سال × کود زیستی × فسفر (Y × B × A)	14	0.51 ^{n.s}	0.009 ^{n.s}
خطا (Error)	92	8.25	0.10
Coefficient of variation (%) (ضریب تغییرات (درصد))	-	5.52	5.38

^{n.s} و * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح پنج درصد و یک درصد

n.s, * and **: Non significant and significant at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$ respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر برهمکنش فسفر و کود زیستی بر ارتفاع و شاخص برداشت ماش

Table 3. Mean comparison of phosphorus and biological fertilizer on height and harvest index of mungbean

فسفر (کیلوگرم در هکتار) Phosphorus (Kg/ha)	کود زیستی Biofertilizer	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
0	0	36.7d	28c
	1	44.16c	31abc
	2	45.76c	29bc
	3	42.56c	30abc
	4	51.26b	31abc
	5	55.35a	32ab
	6	50.71b	32ab
150	7	81.53ab	33a
	0	41.06f	31c
	1	52.51c	34b
	2	46.51ed	37ab
	3	44.28ef	39a
	4	53.36bc	37ab
	5	56.15b	38a
225	6	48.51d	38a
	7	65.01a	37a
	0	50.23f	38d
	1	58.55c	45ab
	2	52.10ef	43bc
	3	48.86f	42bc
	4	58.06cd	44ab
5	64.20b	46a	
6	55.03de	44ab	
7	73.63a	40cd	

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

شاهد، ۱: آزوسپیریلوم لیپوفروم، ۲: سودوموناس فلورسنس، ۳: گلوموس موسه، ۴: آزوسپیریلوم و سودوموناس، ۵: آزوسپیریلوم و گلوموس، ۶: سودوموناس و گلوموس، ۷: آزوسپیریلوم و سودوموناس و گلوموس

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$).

0: Control, 1: Azospirillum lipoferum, 2: Pseudomonas fluorescens, 3: Glomus mosseae, 4: Azospirillum & Pseudomonas, 5: Azospirillum & Glomus, 6: Pseudomonas & Glomus, 7: Azospirillum & Pseudomonas & Glomus

Elias *et al.*, (2016) بیان کردند در صورتی که فسفر با استفاده از باکتری‌های محرک رشد به صورت قابل استفاده افزایش یابد، موجب افزایش طول سلول و افزایش رشد و تکثیر سرتاسری سلول‌های گیاه می‌شود. همچنین مشاهده شده است که تلقیح قارچ مایکوریزا باعث تغییرات وسیع شاخص‌های مورفولوژیکی ریشه به‌ویژه افزایش ریشه‌های جانبی می‌شود در نتیجه با افزایش رشد ریشه، آب و مواد غذایی بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و این امر موجب بهبود رشد و ارتفاع گیاه می‌گردد (Nasrollahzadeh Asl, 2017). نتایج یک بررسی نشان داد که استفاده از کودهای بیولوژیک حاوی آزوسپیریلوم و ازتوباکتر در گیاه دارویی مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) سبب افزایش ارتفاع بوته می‌شود (Rahimi & Hashemi, 2015). بین دو سال آزمایش اختلاف معنی‌داری از نظر ارتفاع گیاه مشاهده گردید. بیشترین ارتفاع گیاه (۵۵/۳ سانتی‌متر) در سال دوم آزمایش حاصل شد (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد با توجه به شکل ۱ شرایط آب و هوایی در زمان ساقه‌روی گیاه علت این افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه در سال دوم نسبت به سال اول باشد.

ارتفاع گیاه یکی از شاخص‌های مهم رشد گیاه است و تعیین‌کننده طول دوره رشد آن می‌باشد که تحت تأثیر شیوه‌های مختلف زراعی اصلاح می‌شود. این افزایش رشد می‌تواند به علت نقش مفید فسفر و کودهای بیولوژیک در باروری خاک و تقویت ریشه گیاه و رشد بیشتر اندام‌های رویشی گیاه باشد. فسفر به عنوان حامل انرژی ATP، در کلیه فعل و انفعالات شرکت کرده و در تقسیم سلولی و رشد سریع سلول‌های مریستمی دخالت دارد و سبب افزایش ارتفاع بوته می‌شود (Alami Milani *et al.*, 2014). از دلایل مهم تأثیر کودهای بیولوژیک در افزایش ارتفاع گیاه، این است که باکتری‌های محرک رشد موجود در این کودها علاوه بر تثبیت نیتروژن اتمسفری، با حل کردن مواد معدنی مانند فسفات و تولید فیتوهورمون ایندول استیک اسید که نقش مهمی در تنظیم رشد گیاه دارد، باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند (Kaur *et al.*, 2015). در واقع می‌توان نتیجه گرفت که باکتری‌های *سودوموناس* و *آزوسپیریلوم* از محلول‌کننده‌های خوب فسفر برای گیاهان لگومینوز به‌شمار می‌روند و دارای اثر سینرژیستی مثبت هستند (Saxena *et al.*, 2016).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر اصلی سال بر اجزای عملکرد ماش

Table 4. The main effect of year on the yield components mung bean

سال Year	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد دانه در غلاف Number of pods per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم) 1000 seed weight (g)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
1395-96	48.73 b	7.54 a	52.56 a	0.38 a
1396-97	55.31 a	7.34 b	50.76 b	0.36 b

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$).

طول غلاف

نتایج Solymani Fard *et al.*, (2013) مطابق است دارد. همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین طول غلاف در سال اول (۷/۷ سانتی‌متر) و در سال دوم (۶/۹ سانتی‌متر) مربوط به سطح فسفر ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل ۳).

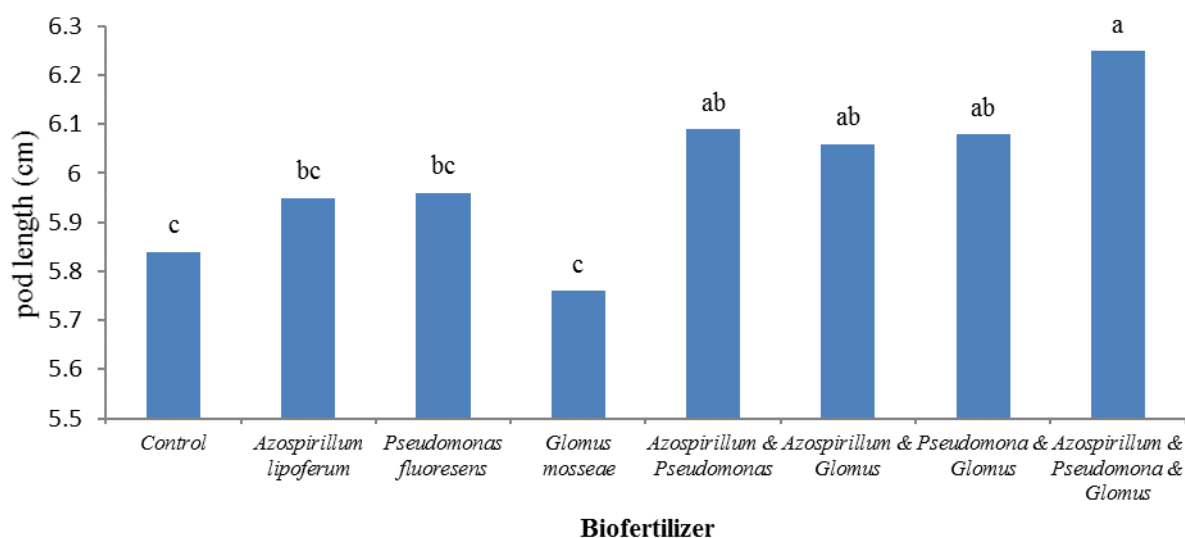
عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها بر صفت تعداد غلاف در بوته نشان داد که اثر متقابل سه‌گانه فسفر، کود زیستی و سال در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که سال اول در شرایط عدم مصرف کود شیمیایی فسفر بیشترین تعداد غلاف (۱۷/۱ عدد در بوته) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم و قارچ مایکوریزا است که از لحاظ آماری با تیمار

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سطوح کود زیستی و اثر متقابل فسفر و سال بر صفت طول غلاف در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین طول غلاف (۶/۲۵ سانتی‌متر) در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا حاصل شد (شکل ۲). Karimi *et al.*, (2013) نشان دادند که کودهای زیستی باعث افزایش طول غلاف در گیاه لوبیاسبز شدند. همچنین Mrkovacki & Milic (2001) بیان نمودند که پتانسیل تولید سیدروفورهای مختلف توسط باکتری ازتوباکتر و افزایش قابلیت جذب روی، آهن و منگنز و همچنین توانایی این باکتری‌ها در تثبیت نیتروژن در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و افزایش رشد بلال مؤثر می‌باشد. نتایج این آزمایش با

همچنین مقایسه میانگین تیمارها در سال دوم نشان داد که در شرایط عدم مصرف کود فسفر بیشترین تعداد غلاف (۱۲/۵ عدد در بوته) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* و قارچ مایکوریزا بود که از لحاظ آماری با تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا تفاوت معنی‌داری نداشت.

تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا تفاوت معنی‌داری نداشت و در شرایط مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین تعداد غلاف (۱۴/۶ عدد در بوته) و در شرایط مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر، بیشترین تعداد غلاف (۱۶/۵ عدد در بوته) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا بود (جدول ۶).

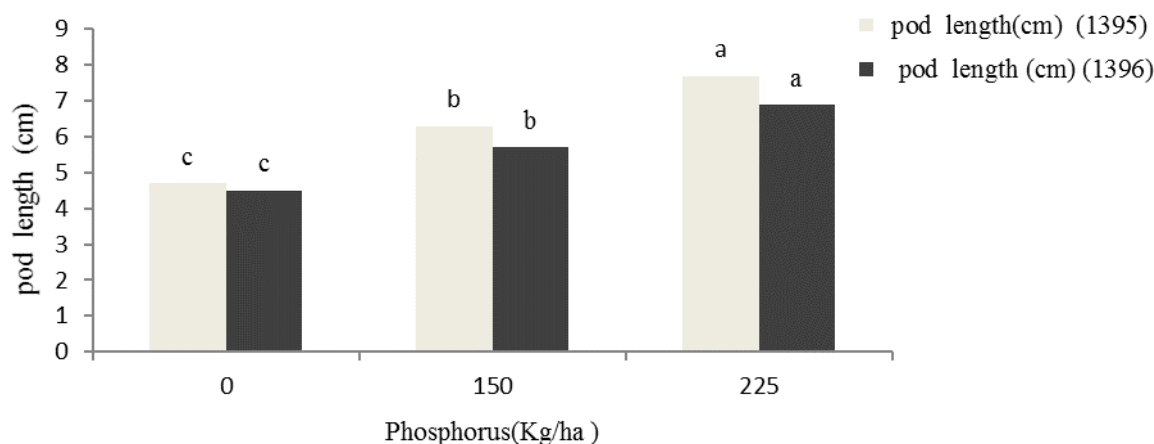


شکل ۲- اثر اصلی کود زیستی بر طول غلاف ماش تحت تأثیر سطوح کود شیمیایی فسفر و کود زیستی

میانگین‌ها در هر ستون که دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Fig. 2. The main effect of biofertilizer on the pod length of mungbean under the influence of phosphorus and biofertilizer levels

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر برهمکنش سال و فسفر بر طول غلاف ماش تحت تأثیر سطوح کود شیمیایی فسفر و کود زیستی

Fig. 3. Mean comparison of phosphorus and year on the pod length of mungbean under the influence of phosphorus and biofertilizer levels

جدول ۵- تجزیه واریانس دو سال (تجزیه مرکب) عملکرد و اجزای عملکرد ماش تحت تأثیر سطوح کود شیمیایی فسفر و کود زیستی
Table 5. Analysis of variance of two years (compound analysis) of yield and yield components of mungbean under the influence of phosphorus and bio fertilizer levels

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Degrees of freedom	تعداد غلاف در بوته Seed no. per pod	تعداد دانه در غلاف Pod no. per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 seed weight
سال (Y) (year)	1	429.52**	1.64**	116.64**
سال (Year) (Replication)	4	0.50	0.31	34.04
فسفر (A) (Phosphorus)	2	31.04**	56.08**	85.92**
سال × فسفر (A × Y)	2	10.78**	0.30 ^{n.s}	5.60 ^{n.s}
کود زیستی (B) (Biofertilizer)	7	34.59**	0.13 ^{n.s}	22.64 ^{n.s}
فسفر × کود زیستی (B × A)	14	1.14 ^{n.s}	0.11 ^{n.s}	14.01 ^{n.s}
سال × کود زیستی (B × Y)	7	3.46**	0.03 ^{n.s}	2.19 ^{n.s}
سال × کود زیستی × فسفر (Y × B × A)	14	1.64*	0.06 ^{n.s}	1.62 ^{n.s}
خطا (Error)	92	0.76	0.16	16.36
Coefficient of variation (%) ضریب تغییرات (درصد)	-	6.82	5.47	7.82

^{n.s} و * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح پنج درصد و یک درصد

n.s, * and **: Non significant and significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$ respectively

حاصل شد که نسبت به سال دوم ۳/۷ درصد افزایش داشت (جدول ۴).

افزایش تعداد غلاف در گیاه با تلقیح کودهای زیستی ممکن است به دلیل توسعه بهتر ریشه باشد. دسترسی به مواد غذایی بیشتر باعث رشد بهتر گیاه و توازن بین مخزن و منبع شده که به نوبه خود منجر به گلدهی بهتر و تشکیل دانه بیشتر می‌گردد، به طوری که فسفر باعث افزایش ظرفیت مخزن گردیده و تأمین سایر عناصر غذایی به همراه فسفر از طریق کاربرد تلفیقی کودها باعث افزایش قدرت منبع می‌گردد (Farzana & Radizah, 2005; Singh, 2016).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که فسفر جذب شده به وسیله گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) در هنگام تلقیح با ریز جانداران حل‌کننده فسفات افزایش معنی‌داری در شمار غلاف در مترمربع نسبت به شرایط بدون تلقیح دارد (Aboutalebian & Elahi, 2015). همچنین گزارش شده است که فسفر، عامل مؤثر در بهبود ویژگی‌های تولیدمثل گیاه است که باعث افزایش تعداد گل، بذر و میوه می‌شود. در توجیه اثرات مثبت مصرف فسفر بر افزایش تعداد دانه در غلاف می‌توان به نقش یون فسفر در سنتز و رسوب ذخایر در دانه شامل (نشاسته، لیپید، پروتئین، فیتین) و انرژی ذخیره شده حاصل از فتوسنتز و متابولیسم کربوهیدرات‌ها در باندهای فسفات اشاره داشت که بعد در جهت رشد و تولیدمثل مورد استفاده قرار خواهد گرفت (Fanay et al., 2013; Nasrollahzadeh Asl, 2017).

در شرایط مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر نیز بیشترین تعداد غلاف (۱۳/۵ عدد در بوته) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم، سودوموناس* و قارچ *مایکوریزا* بود که از لحاظ آماری با تیمارهای دیگر به جز تیمار عدم مصرف کود زیستی تفاوت معنی‌داری نداشت. در شرایط مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین تعداد غلاف (۱۶/۳ عدد در بوته) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم و سودوموناس* بود (جدول ۶). نتایج تجزیه مرکب داده‌ها بر صفت تعداد دانه در غلاف نشان داد که اثر سال و اثر فسفر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه (۸/۵ عدد در غلاف) در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم کود شیمیایی فسفر در هکتار و کمترین آن (۶/۴ عدد در غلاف) در تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۷). با توجه به نتایج، تعداد دانه در غلاف در سال اول آزمایش نسبت به سال دوم، ۲/۷ درصد افزایش داشت (جدول ۴). نتایج تجزیه مرکب داده‌ها بر صفت وزن ۱۰۰۰ دانه نشان داد که اثر فسفر و همچنین اثر سال در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارهای کود شیمیایی فسفر نشان داد که بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه (۵۲/۹ گرم) مربوط به مصرف ۲۲۵ کیلوگرم فسفر در هکتار و کمترین میزان وزن ۱۰۰۰ دانه (۵۰/۳ گرم) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۷). با توجه به نتایج مقایسه میانگین بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه (۵۲/۶ گرم) در سال اول

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر برهمکنش فسفر و کود زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش در سال

Table 6. Mean comparison of phosphorus and biofertilizer on yield and yield components of mungbean in the year

سال year	فسفر (کیلوگرم در هکتار) Phosphorus (Kg/ha)	کود زیستی Biofertilizer	تعداد غلاف در بوته Seed no. per pod	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield (g/m ²)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield (g/m ²)	
1395-96	0	0	11d	104.8c	353.77d	
		1	14.66bc	152.27ab	462.97ab	
		2	13.53 c	135.77b	405.57c	
		3	13.9 bc	146.7ab	438.87bc	
		4	14.93bc	143.97ab	432.47bc	
		5	17.1a	159.13a	479.43a	
		6	15.16 b	158.6a	447.33ab	
		7	16.86a	159.1a	452.67ab	
	150	0	10.86b	118.8e	372.5d	
		1	14.2 a	154.9bcd	433.27bc	
		2	13.16a	143.4d	377.47d	
		3	13.3a	154.87bcd	378.97d	
		4	14.33a	153.6cd	405.23cd	
		5	14.33a	174a	445.67ab	
		6	13.53a	166.33abc	407.67cd	
		7	14.56a	173.33b	451.67a	
	225	0	13.3c	177.33e	433.33c	
		1	16.06ab	209abc	468.53abc	
		2	15.5ab	184.83de	439.37bc	
		3	15.2ab	194.93cde	462.17abc	
		4	16.46a	198.13bcd	447abc	
		5	16.3ab	226a	474.67ab	
		6	14.93b	214.33ab	476a	
		7	15.3ab	189de	464.33abc	
	1396-97	0	0	8.03d	78.7d	293.07e
			1	10.83b	103.17bc	352.53bc
			2	9.1cd	87.76cd	338.33bcd
			3	9.23cd	86.96cd	313.1de
4			9.63bc	101.7bc	352.6bc	
5			12.53a	112.07b	360.6b	
6			9.83bc	96.36bcd	320.83cde	
7			12.3a	132.5a	412.33a	
150		0	9.03d	105.17c	341.33c	
		1	11.13bc	130.03b	387.63b	
		2	9.96cd	120.13bc	332.8c	
		3	10.43bcd	129.53b	332.47c	
		4	10.86bc	129.83b	348.83c	
		5	11.76b	136.53b	359.03bc	
		6	11bc	125.17b	340.33c	
		7	13.5a	162a	442.93a	
225		0	9.16d	123.83e	348.17cd	
		1	12.26bc	173.13bc	381.97bc	
		2	10.9c	149.43d	341.37d	
		3	11.4bc	155.8cd	373.3bcd	
		4	11.96bc	163.8bcd	361.83bcd	
		5	12.63b	182.1b	394.33b	
		6	11.8bc	174.1b	390b	
		7	16.3a	216a	534a	

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

۰: شاهد، ۱: آزوسپیریلوم لیپوفر، ۲: سودوموناس فلورسنس، ۳: گلوموس موسه، ۴: آزوسپیریلوم و سودوموناس، ۵: آزوسپیریلوم و گلوموس، ۶: سودوموناس و گلوموس، ۷: آزوسپیریلوم و سودوموناس و گلوموس

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests (P< 0.05).

0: Control, 1: Azospirillum lipoferum, 2: Pseudomonas fluorescens, 3: Glomus mosseae, 4: Azospirillum & Pseudomonas, 5: Azospirillum & Glomus, 6: Pseudomonas & Glomus, 7: Azospirillum & Pseudomonas & Glomus

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر اصلی کود شیمیایی فسفر بر اجزای عملکرد و پروتئین دانه ماش

Table 7. The main effect of Phosphorus fertilizer on the yield components and protein content of seed mung bean

فسفر (کیلوگرم در هکتار) Phosphorus(Kg/ha)	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم) 1000 seed weight (g)	تعداد دانه در غلاف Number of pods per plant	پروتئین دانه (درصد) Protein of Seed (%)
0	50.25b	6.36 c	13.60 c
150	52.84 ab	7.43 a	14.92 b
225	52.91a	8.52 a	18.75 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests (P< 0.05).

یک درصد معنی دار شد (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سال اول آزمایش در شرایط عدم مصرف کود فسفر (شاهد) بیشترین عملکرد بیولوژیک (۴۷۹/۴ گرم در مترمربع) در تیمار تلقیح همزمان با باکتری آزوسپیریوم و قارچ مایکوریزا به دست آمد. همچنین در سطح مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین عملکرد دانه (۴۵۱/۷ گرم در مترمربع) در تیمار تلقیح سه‌گانه با باکتری آزوسپیریوم، سودوموناس و قارچ مایکوریزا و در سطح مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین عملکرد دانه (۴۷۶ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری سودوموناس و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۶). در سال دوم اجرای آزمایش بیشترین عملکرد بیولوژیک در سطح عدم مصرف کود شیمیایی فسفر (شاهد) (۴۱۲/۳ گرم در مترمربع)، در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر (۴۴۲/۹ گرم در مترمربع) و در سطح مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر (۵۳۴ گرم در مترمربع) در تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریوم، سودوموناس و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۶). در واقع می‌توان چنین بیان کرد که اثرات هم‌افزایی بین باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش رشد ریشه و جذب مواد غذایی توسط بوته‌ها می‌شود (Rostamikia et al., 2016).

نتایج گزارش شده توسط برخی محققان در خردل (*Sinapis arvensis* L.) مبنی بر افزایش تعداد دانه در خورجین با افزایش مقادیر بالاتر فسفر با نتایج این تحقیق مطابقت داشت (Baloch et al., 2006; Verna et al., 2009). از سوی دیگر فسفر در استقرار اولیه گیاه و در فعالیت‌های مریستمی و تقسیم سلولی نقش بسیار مهمی دارد. بنابراین گیاه تحت تیمار با میزان کود شیمیایی فسفر بیشتر، استقرار اولیه زودتری داشته و با افزایش رشد ریشی و زایشی گیاه، اجزای عملکرد آن نیز افزایش می‌یابند (Tohidi Nia et al., 2013). کاربرد فسفر موجب بهبود حرکت مواد غذایی داخل سیستم گیاه می‌شود که ممکن است دانه‌ها را در حضور مقدار کافی فسفر، حجیم و بزرگ کند و به نظر می‌رسد که قسمتی از افزایش وزن ۱۰۰۰ دانه می‌تواند به همین علت باشد (Singh, 2016). همچنین (Ghasemi et al., 2011) آزمایشی روی عملکرد ذرت (*Zae mays* L.) افزایش قابل ملاحظه‌ای در میزان وزن دانه در بلال با اضافه کردن کود شیمیایی و کود زیستی فسفره گزارش کردند.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که برهمکنش فسفر و کود زیستی و سال بر صفت عملکرد بیولوژیک در سطح

جدول ۸- تجزیه واریانس دو سال (تجزیه مرکب) عملکرد و پروتئین دانه ماش
Table 8. Analysis of variance yield and protein content of seed mungbean

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Degrees of freedom	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	پروتئین دانه Protein of Seed
سال (Y) (year)	1	41752.11**	171637.58**	0.017**	308.88**
سال (Year) (بلوک) (Replication)	4	337.46	335.06	0.001	6.51
فسفر (A) (Phosphorus)	2	46073.06**	22904.48**	0.17**	343.35**
سال × فسفر (A × Y)	2	1244.85**	5522.04**	0.004**	24.38**
کود زیستی (B) (Biofertilizer)	7	5066.52**	18245.44**	0.007**	44.65**
فسفر × کود زیستی (A × B)	14	77.22 ^{n.s}	1186.85**	0.001**	1.45 ^{n.s}
سال × کود زیستی (B × Y)	7	812.84**	4902.18**	0.0002 ^{n.s}	9.48**
سال × کود زیستی × فسفر (Y × B × A)	14	260.15*	1113.66**	0.0005 ^{n.s}	2.39 ^{n.s}
خطا (Error)	92	133.25	477.52	0.0007	1.92
Coefficient of variation (%)	-	7.72	5.47	7.35	8.81
ضریب تغییرات (درصد)	-	7.72	5.47	7.35	8.81

^{n.s} و * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد

n.s, * and **: Non significant and significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$ respectively

می‌شوند. باکتری‌های محرک رشد به واسطه تولید هورمون‌های رشد مانند دی‌هیدروژن، اکسین و جیبرلین، رشد اندام‌های هوایی گیاه را افزایش می‌دهند، لذا در چنین شرایطی افزایش

افزون بر نقش قارچ ریشه و باکتری‌های محرک رشد در افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و عناصر ریزمغذی مانند روی و مس، این ریزجانداران باعث تحریک رشد گیاه نیز

خارجی ریشه‌ها به دلیل تأثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد بر توانایی ریشه در دسترسی به حجم وسیعی از خاک اثر گذاشته و قابلیت استفاده و جذب عناصر غذایی و آب افزایش یافته و در نهایت منجر به افزایش کارایی مصرف کود و عملکرد بیشتر شده است (Heidari et al., 2015). نتایج تحقیقات زیادی نشان می‌دهد که کاربرد باکتری *آزوسپیریوم* موجب افزایش ۵ تا ۳۰ درصدی عملکرد می‌شود (Creus et al., 2010). طی آزمایشی (Jha et al., 2011) بر روی گیاه ماش سبز (*Vigna radiata* L.) اعلام شد که با استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات بیشترین عملکرد دانه حاصل شد. (2011) Srivastava et al. نشان دادند که تلقیح بذور نخود (*Cicer* L. *arietinum*) با باکتری‌های حل‌کننده فسفات منجر به افزایش ارتفاع بوته و عملکرد دانه شد. همچنین نتایج مثبتی از بکارگیری توأم باکتری محرک رشد و قارچ *آربوسکولار* تحت کمبود فسفر و نیتروژن بر افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه سویا (*Glycine max* L.) نیز گزارش گردید (Wang et al., 2011). رابطه افزایش‌دهی حاصل از کاربرد جنس‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد در بهبود عملکرد گیاهان زراعی دیگری مانند سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، برنج (*Oryza sativa* L.)، چغندر قند (*Heterodera schachtii*) (Schmidt) و جو (*Hordeum vulgare* L.) نیز گزارش شده است (Abbasi et al., 2016).

شاخص برداشت

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل فسفر و کود زیستی و همچنین اثر سال بر صفت شاخص برداشت در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تیمار شاهد (عدم مصرف فسفر) بیشترین شاخص برداشت (۳۳ درصد) مربوط به تیمار تلقیح سه‌گانه با باکتری *آزوسپیریوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا حاصل شد که از لحاظ آماری با تیمارهای دیگر به‌جز تیمار تلقیح با باکتری *سودوموناس* و شاهد، تفاوت معنی‌داری نداشت. در سطح مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار بیشترین شاخص برداشت (۳۸ درصد) در تیمار تلقیح با باکتری *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا حاصل شد که از لحاظ آماری با تیمارهای دیگر به‌جز شاهد و تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین نتایج نشان داد که در سطح مصرف ۲۲۵ کیلوگرم کود فسفر در هکتار بیشترین شاخص برداشت (۴۶ درصد) در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۳).

در ماده خشک تولیدشده، دور از انتظار نیست (Aboutalebian & Elahi, 2015). گزارشی مبنی بر افزایش کل ماده خشک و عملکرد بیولوژیک در اثر مصرف باکتری‌های محرک‌های رشد در گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculenum* Mill.) وجود دارد (Seema et al., 2018).

عملکرد دانه

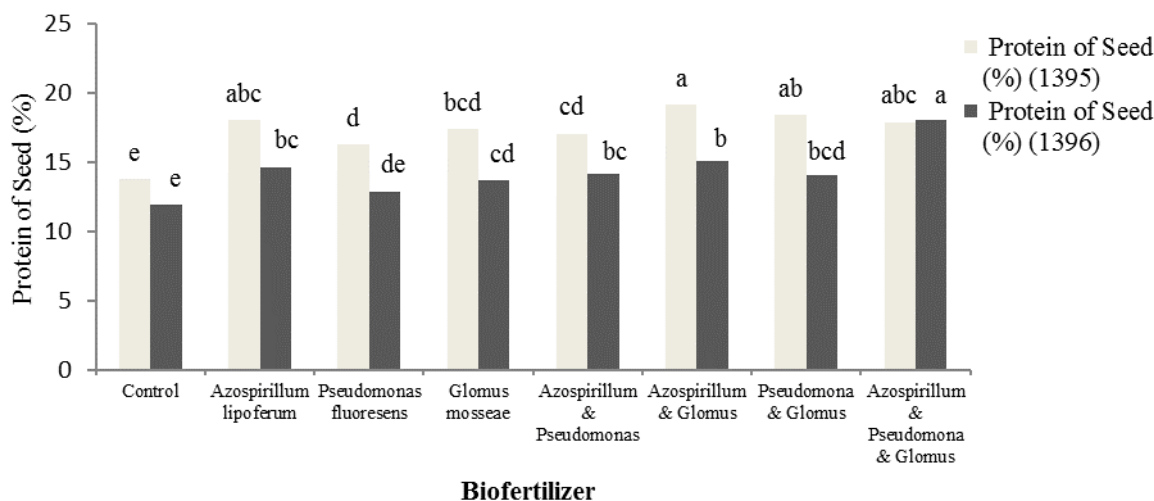
نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که برهمکنش کود زیستی، کود شیمیایی فسفر و سال بر صفت عملکرد دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که در سال اول آزمایش در شرایط عدم مصرف کود فسفر (شاهد) بیشترین عملکرد دانه (۱۵۹/۱ گرم در مترمربع)، در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* و قارچ مایکوریزا به دست آمد که از لحاظ آماری با تیمارهای تلقیح با باکتری *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا و تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین در سطح مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین عملکرد دانه به ترتیب ۱۷۴ گرم در مترمربع و ۲۲۶ گرم در مترمربع مربوط به تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۶). در سال دوم آزمایش نیز در هر سه سطح مصرف کود شیمیایی فسفر بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار تلقیح همزمان با باکتری *آزوسپیریوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۶). نتایج نشان داد کاربرد کود مایکوریزا و کود شیمیایی فسفر به‌علت نقشی که در رشد ریشه و تسهیل جذب فسفر و روند مثبتی که در دوره زایشی داشته است، توانسته تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه داشته باشد. احتمالاً وجود کود شیمیایی فسفره در ابتدای کاشت، باعث افزایش فعالیت قارچ مایکوریزا گردیده و از این طریق میزان جذب فسفر، نیتروژن و سایر عناصر غذایی افزایش داشته و گیاه توانسته به خوبی کانوپی خود را در این تیمار بهبود بخشد که نتیجه آن افزایش عملکرد تر و تولید ماده خشک است. از طرفی می‌توان گفت مایکوریزا به‌علت تسهیل‌کنندگی جذب فسفر قابل‌تبادل و به‌دنبال آن، نیتروژن موجود در خاک، موجب بهبود جذب بهتر فسفر و نیتروژن گردیده و رشد ریشه افزایش یافته و تولید کربوهیدرات‌ها و پروتئین را افزایش می‌دهد. همچنین از رطوبت کارآمد استفاده می‌کند و با افزودن مایکوریزا و کاهش pH، ترکیبات فسفره به‌سهولت جذب گیاه می‌شود و با پوشاندن سطوح ذرات اکسیدهای آهن و آلومینیوم توسط آن‌ها و کاهش تثبیت فسفات خاک قابلیت جذب آن افزایش می‌یابد. همچنین تغییر در اندازه و مورفولوژی داخلی و

(شکل ۴). درصد پروتئین از جمله صفات کیفی است که در گیاهان بقولات اهمیت ویژه‌ای دارد. گزارش‌ها نشان می‌دهد که درصد پروتئین دانه ماش به میزان زیادی تحت تأثیر شرایط محیط قرار می‌گیرد (Naidu et al., 1993). محلول‌سازی بیشتر فسفر در تیمار کود زیستی یکی از دلایل اصلی برای افزایش میزان نیتروژن و پروتئین گیاه است (2012 Amanullah et al., در طی آزمایشی (2016) et al., Khajeh بیان کردند که درصد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین دانه گیاه ماش با کاربرد کود زیستی فسفر بارور-۲ افزایش یافت. آن‌ها این نتیجه را به دلیل تأثیر تلقیح باکتری که کارایی تنظیم‌کنندگی رشد، فعالیت فیزیولوژیکی و متابولیسمی را در گیاه افزایش داده می‌دانند. همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان پروتئین دانه (۱۸/۸ درصد) مربوط به تیمار کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم کود شیمیایی فسفر در هکتار و کمترین میزان پروتئین دانه (۱۳/۶ درصد) مربوط به تیمار عدم کاربرد کود شیمیایی فسفر است (جدول ۷). محققان بیان کردند که کود شیمیایی فسفر مقدار واردات نیتروژن را از قسمت‌های رویشی به دانه افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه و درصد پروتئین آن می‌گردد (Yasari & Patwardhan, 2007).

همچنین نتایج نشان داد که بیشترین شاخص برداشت (۳۸ درصد) در سال اول نسبت به سال دوم تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۴). بالاتر بودن شاخص برداشت در تیمارهای تلقیح با باکتری محرک رشد و کاربرد کود فسفات نشان می‌دهد که تخصیص مواد بین مخزن‌های اقتصادی نسبت به دیگر مخزن‌های موجود در گیاه بیشتر بوده است، لذا عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده بیشتر شده است (Aboutalebian & Elahi, 2015). در آزمایشی (Nasrollahzadeh, 2017) گزارش کرد که کاربرد ریزجانداران حل‌کننده فسفات توأم با مقادیر مناسب کود شیمیایی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و شاخص برداشت گیاه کنجد (*Sesamum L. indicum*) شد.

پروتئین دانه

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سال و کود زیستی و اثر فسفر بر صفت پروتئین دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سال اول آزمایش بیشترین میزان پروتئین دانه (۱۹/۱ درصد) در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* و قارچ *مایکوریزا* بود و در سال دوم بیشترین میزان پروتئین دانه (۱۸/۰ درصد) در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* و *سودوموناس* و قارچ *مایکوریزا* به دست آمد.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر برهمکنش سال و کود زیستی بر محتوای پروتئین دانه ماش

Fig. 4. Mean comparison of year and biofertilizer on protein content of seed mung bean

میانگین‌ها در هر ستون که دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$).

(Singh et al., 2018). همچنین (Kamboj & Malik, 2018) نشان دادند که کاربرد کود فسفر باعث افزایش محتوای پروتئین دانه می‌شود.

در آزمایش بررسی سطوح فسفر و باکتری‌های حل‌کننده فسفر روی عملکرد و اجزای عملکرد ماش مشخص شد که محتوای پروتئین دانه ماش با افزایش کود فسفر افزایش یافت.

کنترل می شود و همچنین به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی و شیوه‌های مدیریتی مانند کوددهی است. آن‌ها طی آزمایشی گزارش نمودند در میان اجزای عملکرد دانه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، تعداد غلاف در بوته به دلیل همبستگی بالای آن با عملکرد دانه مهم‌ترین عامل تعیین کننده عملکرد است. همچنین نتایج این آزمایش با نتایج Habibzadeh *et al*, (2007) همخوانی دارد.

همبستگی بین عملکرد دانه و صفات اندازه‌گیری شده بررسی جدول ضرایب همبستگی نشان داد که صفات طول غلاف، ارتفاع گیاه، وزن ۱۰۰۰ دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه دارد (جدول ۹). تعداد غلاف در بوته با ($r=0.78^{**}$) بیشترین و عملکرد بیولوژیک با ($r=0.31^{**}$) کمترین همبستگی را با عملکرد دانه داشت. Carvalho *et al*, (2018) بیان کردند که تعداد غلاف در هر گیاه به‌طور ژنتیکی

جدول ۹- ضرایب همبستگی ساده بین صفات اندازه‌گیری شده با عملکرد دانه

Table 9. Simple correlations index between traits with grain yield

	1	2	3	4	5	6	7
۱- طول غلاف 1. Pod length	1						
۲- ارتفاع گیاه 2. Plant height	0.39**	1					
۳- تعداد غلاف در بوته 3. Pod no. per plant	0.38**	0.22**	1				
۴- وزن ۱۰۰۰ دانه 4. 1000 Seed weight	0.34**	0.24**	0.24**	1			
۵- تعداد دانه در غلاف 5. Seed no. per pod	0.89**	0.39**	0.28**	0.29**	1		
۶- عملکرد بیولوژیک 6. Biological yield	0.42**	0.28**	0.85**	0.28**	0.31**	1	
۷- عملکرد دانه 7. Seed yield	0.77**	0.42**	0.78**	0.36**	0.72**	0.31**	1

n.s. * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد

n.s. * and **: Non significant and significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$ respectively

میکوریز آربوسکولار با رشد اطراف ریشه گیاه و مکانیسم‌های مختلف تا حدود زیادی مشکلات جذب فسفر را تعدیل بخشیده و موجب افزایش جذب و فراهمی یا محلول کردن فسفر می‌شوند. از طرفی اثرات سینرژیستی بین باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریز آربوسکولار موجب افزایش رشد ریشه و بهبود استقرار گیاه می‌شوند و از طریق، افزایش جذب آب و عناصر غذایی در افزایش عملکرد تأثیر مثبتی می‌گذارند. در نتیجه، می‌توان بیان کرد که کودهای زیستی در اکثر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند سبب بهبود رشد و فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان گردند.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل از این پژوهش، تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریز آربوسکولار روی ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در بوته، طول غلاف، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد پروتئین دانه اثر مثبت و معنی‌داری داشت. در کلیه صفات مورد مطالعه بیشترین مقادیر در تیمار تلقیح توأم بذر با باکتری *آزوسپیریلوم* و قارچ *مایکوریزا* و کمترین مقادیر در عدم کاربرد فاکتورهای آزمایشی (سطح شاهد) به‌دست آمد. همچنین بیشترین مقادیر تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰۰ دانه در بالاترین سطح کاربرد کود فسفر به‌دست آمد. باکتری‌های محرک رشد و قارچ

منابع

- Abbasi, N.A., Jalilian, J., and Zare, M.J. 2016. Evaluation of bacterial efficacy in separate inoculation and in combination with *Bacillus megaterium* phosphate solubilizing bacteria on reducing the effect of salinity stress in mungbean. (*Vigna radiata* L.). Journal of Environmental Plant Physiology 41: 26-40. (In Persian).

2. Aboutalebian, M.A., and Elahi, M. 2015. Replacement of phosphate fertilizer application by bio-fertilizers in chickpea production under on-farm seed priming conditions. Iranian Journal of Filed Crop Science 46(3): 381-394. (In Persian with English Summary).
3. Alami-Milani, M., Amini, R., and Bandehagh, A. 2014. Effect of bio-fertilizers and combination with chemical fertilizers on grain yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Special Issue of Agricultural Science and Sustainable Production p. 15-29. (In Persian with English Summary).
4. Amanullah, A., Aziz, K., Saifullah, K., Munir A., and Jahangir, K. 2012. Biofertilizer a possible substitute of fertilizers in production of wheat varietyzaardan in balochiistan substitute in balochistan. Pakistan Journal of Agricultural Research 25(1): 44-49.
5. Baloch, A.F., Larik, K.A., and Jamro, G.H. 2006. Response of three mustard (*Brassica Juncea* L.) varieties to N and P fertilizer levels. Pakistan Journal of Agriculture 22: 1058-1062.
6. Belachew, T., and Abera, Y. 2011. Effect of green manuring in combination with nitrogen on soil fertility and yield of bread wheat (*Triticum aestivum*) under double cropping system of Sinanadinsho, Southeast Ethiopia. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 1(1): 1-11.
7. Bhattarai, N., Baral, B., Shrestha, G., and Yami, K.D. 2011. Effect of mycorrhiza and rhizobium on *Phaseolus vulgaris* L. Scientific World 9(9).
8. Bona, E., Lingua, G., Manassero, P., Cantamessa, S., Marsano, F., Todeschini, V., Copetta, A.D., Agostino, G., Massa, N., Avidano, L., Gamalero, E., and Berta, G. 2015. AM fungi and PGP *Pseudomonads* increase flowering, fruit production, and vitamin content in strawberry grown at low nitrogen and phosphorus levels. Mycorrhiza 25: 181-193.
9. Carvalho, M.C.S., Nascentel, A.S., Ferreira, G.B., Mutadiua, C.A.P., and Denardin, J.E. 2018. Phosphorus and potassium fertilization increase common bean grain yield in Mozambique. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 22(5): 308-314.
10. Creus, C., Pereyra, M., Casanovas, E., Sueldo, R., and Barassi, C. 2010. Plant Growth-Promoting effect of *Rhizobacteria* on abiotic stressed plants. *Azospirillum*-grasses model. The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology 4(1): 49-59.
11. Elias, F., Muleta, D., and Woyessa, D. 2016. Effects of phosphate solubilizing fungi on growth and yield of Haricot bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. Journal of Agricultural Science 8(10): 204-218.
12. Fanay, H.R., Pieri, A., and Narouy Rad, M.R. 2013. The effect of different amounts of phosphorus fertilizer on grain yield and some agronomic characteristics of oil Hindi mustard (*Brassica juncea* L.) under drought stress. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences 6(2): 147-157. (In Persian).
13. Farzana, Y., and Radizah, O. 2005. Influence of Rhizo bacterial inoculation on growth of the sweet potato cultivar. Journal of Biological Sciences 1(3): 176-179.
14. Gangwar, R.K., Bhushan, G., Singh, J., Upadhyay, S.K., and Singh, A.P. 2013 Combined effects of plant growth promoting rhizobacteria and fungi on mung bean (*Vigna radiata* L.). International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research 4: 4422-4426.
15. Ghasemi, S., Siavoshi, K., Choukan, R., and Khavazi, K. 2011. Effect of biofertilizer phosphate on grain yield and its components of maize (*Zea mays* L.) cv. KSC704 under water deficit stress conditions. Seed Plant Prod Journal 27-2(2): 219-233.
16. Gupta, G., Parihar, S. S., Ahirwar, N.K., Snehi, S.K., and Singh, V. 2015. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. Microbial & Biochemical Technology 7: 096-102.
17. Habibzadeh, Y., Mamaghani, A.R., and Kashani, A. 2007. Effects of different densities on grain yield and yield components and protein in three cultivars of Mung bean (*Vigna radianta* L.) in Ahvaz region. Agricultural Scientific Journal 30(3): 1-13.(In Persian).
18. Kamboj, N., and Malik, R.S. 2018. Influence of phosphorus and boron application on yield, quality, nutrient content and their uptake by Green Gram (*Vigna radiate* L.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 7(3): 1451-1458.
19. Kanwal, S., Bano, A., and Malik, R. 2015. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on wheat growth, physiology, nutrition and cadmium uptake under increasing cadmium stress. International Journal of Agronomy and Agricultural Research 7(5): 30-42.
20. Karimi, K., Bolandnazar, S., and Ashoori, S. 2013. Effect of bio-fertilizer and arbuscular mycorrhizal fungi on yield, growth characteristics and quality of Green Bean (*Phaseolous vulgaris* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 23(3): 157-167. (In Persian with English Summary).
21. Kaur, N., Sharma, P., and Sharma, S. 2015. Co-inoculation of *Mesorhizobium* sp. and plant growth promoting rhizobacteria *Pseudomonas* sp. as bio-enhancer and bio-fertilizer in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Legume Research 38: 367-74.

22. Khajeh, M., Gholipour, S., Amiri, A., Yadollahi Dehcheshmeh, P., Mighani, H., and BarajeFard, M. 2016. The impact of biological and chemical phosphorus fertilizers on quality of mung bean Gohar variety. *Journal of Agricultural Research* 8(1): 1-14. (In Persian with English Summary).
23. Moustaine, M., Elkahkahi, R., Benbouazza, A., Benkirane, R., and Achbani, E.H. 2017. Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacterial (PGPR) inoculation on growth in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and characterization for direct PGP abilities in Morocco. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology* 2(2): 590-596.
24. Mrkovacki, N., and Milic, V. 2001. Use of *Azotobacter chroococcum* as potential useful in agricultural application. *Annals of Microbiology* 51: 145-158.
25. Naidu, N., Grosioah, V., Satyanarayana, A., and Raja Rajeswari, V. 1993. Variation in developmental and morpho-physiological traits under different environments and their relation to grain yield of green gram (*Vigna radiata* L.). *Indian Journal of Agricultural Science* 63(8): 473-478.
26. Nasrollahzadeh Asl, A. 2017. Effects of nitrogen and phosphate biofertilizers on morphological and agronomic characteristics of Sesame (*Sesamum indicum* L.). *Open Journal of Ecology* 7: 101-111.
27. Noonari, S.H., Kalhor, S.H., Mahar, A.A., Raza, S., Ahmed, M., Shah, S.F.A., and Baloch, S.U. 2016. Effect of different levels of phosphorus and method of application on the growth and yield of wheat. *Natural Science* 8: 305-314.
28. Parsa Motlagh, B., Mahmoudi, S., Sayari Zahan, M.H., and Taghizadeh, M. 2011. Effect of mycorrhiza and P fertilizer on the concentration of photosynthetic pigments and nutrients of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress conditions. *Journal of Agroecology* 3(2): 233-244. (In Persian).
29. Rahimi, M.M., and Hashemi, A.R. 2015. Yield and yield components of Vetch (*Vigna radiata*) as affected by the use of vermicompost and phosphate bio-fertilizer. *Journal of Crop Ecophysiology* 10(2): 529-540. (In Persian with English Summary).
30. Rajabzadeh Motlagh, F. 2011. Evaluation application of arbuscular mycorrhiza, nitrogen fixing bacteria and nitrogen fertilizer on yield and yield component of *Phaseolus vulgaris*. MSc. Thesis. Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Iran.
31. Rostamikia, Y., Tabari Kouchaksaraei, M., Asgharzadeh, A., and Rahmani, A. 2016. The effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on growth and physiological characteristics of *Corylus avellana* seedlings. *Ecopersia* 4(3): 1471-1479.
32. Saxena, J., Saini, A., Kushwaha, K., and Arino, A. 2016. Synergistic effect of plant growth promoting bacterium *Pseudomonas fluorescens* and phosphate solubilizing fungus *Aspergillus awamori* for growth enhancement of chickpea. *India Journal of Biochemistry and Biophysics* 53: 135-143.
33. Seema, K., Mehta, K., and Singh, N. 2018. Studies on the effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on growth, physiological parameters, yield and fruit quality of strawberry cv. Chandler. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(2): 383-387.
34. Singh, R., Singh, P., Singh, V., and Yadav, R.A. 2018. Effect of phosphorus and PSB on yield attributes, quality and economics of summer greengram (*Vigna radiata* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(2): 404-408.
35. Singh, Z. 2016. Growth and yield of Desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) in relation to phosphorus and plant growth promoting rhizobacteria. MSc. Thesis in Agronomy. 81 p.
36. SoleimaniFard, A., Naseri Rad, H., Naseri, R., and Pieri, A. 2013. Effect of growth promoting bacteria on phenology, yield and yield components of corn hybrids (*Zea mays* L.). *Journal of Crop Ecophysiology* 7(1): 71-90. (In Persian).
37. Srivastava, A.K., Singh, T., Jana, T.K., and Arora, D.K. 2011. Induced resistance and control of charcoal rot in chickpea (*Cicer arietinum*) by *Pseudomonas fluorescens*. *Canadian Journal of Botany* 7: 787-795.
38. Stefan, M., Munteanu, N., Stoleru, V., and Mihasan, M. 2013. Effects of inoculation with Plant Growth Promoting Rhizobacteria on photosynthesis, antioxidant status and yield of runner bean. *Romanian Biotechnological* 18(2).
39. Suhag, M. 2016. Potential of biofertilizers to replace chemical fertilizers. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology* 3(5): 163-167.
40. Suryantini. 2016. Effect of phosphorus, organic and biological fertilizer on yield of Mungbean (*Vigna Radiata* L.) under two cropping patterns. *Nusantara Bioscience* 8(2): 273-27.
41. Tohidinia, M.A., Mazaheri, D., Bagher-Hosseini, S.M., and Madani, H. 2014. Effect of biofertilizer Barvar-2 and chemical phosphorus fertilizer application on kernel yield and yield components of maize (*Zea mays* cv. SC704). *Iranian Journal of Crop Sciences* 15(4): 295-307. (In Persian with English Summary).

-
42. Wang, X., Pan, Q., Chen, F., Yan, X., and Liao, H. 2011. Effects of co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia on soybean growth as related to root architecture and availability of N and P. *Mycorrhiza*. 21: 173-81.
 43. Zhang, Sh., Wang, L., MA, F., and Zhang, X. 2015. Can arbuscular mycorrhiza and fertilizer management reduce phosphorus runoff from paddy fields? *Journal of Environmental Sciences* (33): 211-218.
 44. Ziane, H., Hamza, A.M., Beddiar, A., and Gianinazzi, S. 2017. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and fertilization levels on industrial tomato growth and production. *International Journal of Agriculture and Biology* 19(2): 341-347.

The effect of inoculation with Growth Promoting Bacteria, Mycorrhiza and Phosphorus on yield and yield components of Mungbean (*Vigna radiata* L.)

Rezapoorian Ghahfarookhi^{1*}, F., Galeshi², S., Zeinali³, E. & Torabi⁴, B.

1. PhD. Student of Agronomy, Gorgan Agriculture and Natural Resources University

2. Professor, Gorgan Agriculture and Natural Resources University; galeshi@gau.ac.ir

3. Associate Professor, Gorgan Agriculture and Natural Resources University; e.zeinali@gau.ac.ir

4. Assistant Professor, Gorgan Agriculture and Natural Resources University; ben_torabi@yahoo.com

Received: 10 July 2018

Accepted: 12 November 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.73888

Introduction

Mungbean (*Vigna radiata* L.) is an important legume crop. It is a great source of proteins, vitamins and minerals. The seed contains 24% protein content, 1.30% fat and 60.4% carbohydrates; calcium is 118 and phosphorus is 340 mg per 100 g of seed. Its capacity to restore soil fertility through nitrogen fixation makes it a valuable crop. Phosphorus is considered to be the most limiting element after nitrogen for the plant. However, a large amount of phosphorus in chemical fertilizers occurs after entering the insoluble soil. Converting soil insoluble phosphates to a form available for plants is a necessary goal to achieve sustainable agricultural production. Biofertilizers, are considered as a new technology to increasing nutrients in the soil and reduce the use of chemical fertilizers. Biofertilizers keep the soil environment rich in all kinds of micro and macro nutrients, via nitrogen fixation, phosphate and potassium solubilisation or mineralization, release of plant growth regulating substances, production of antibiotics and biodegradation of organic matter in the soil. The main objective of this study was to evaluate biofertilizers inoculation.

Materials & Methods

To study the effect of Plant Growth Promoting Bacteria, Mycorrhizal fungi and different levels of fertilizer phosphorus on the yield and yield components mung bean (*Vigna radiata* L.) a field experiment was carried out as a factorial based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications at research field of the Faculty of Agriculture of Gorgan University in 2016 and 2017. The treatments of this research consisted of three levels of phosphorus (Control, 150 Kg.h⁻¹ and 225 Kg.h⁻¹) and eight levels of Growth Promoting Bacteria and Mycorrhizal fungi (Control, *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Glomus mosseae*, *Azospirillum* and *Pseudomonas*, *Azospirillum* and *Glomus mosseae*, *Pseudomonas* and *Glomus mosseae*, and *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Glomus mosseae*). In this experiment, *Rhizobium* bacteria (*R. leguminosarum*) was used in all plots. Grain inoculation was done in shadow and after drying, inoculated grains were immediately cultivated. Mycorrhizal fungi was applied under the grain hole just prior to sowing. Chemical fertilizers were applied at a rate of 50 and 100 Kg.h⁻¹ in N and K respectively. At harvest, random samples of 10 plants for each experimental unit were taken and plant height, pod length, number of pods per plant, number of seed per pod, 1000- seed weight, biological yield, seed yield and harvest index were recorded. Data were subjected to analysis of variance procedure using the SAS statistical software and for comparing the mean effects of interactions with Slicing method, in order to compare the mean of simple effects, the least significant difference test method (LSD) was used at 5% probability level.

Results & Discussion

The results of experiment revealed that the effect of year, phosphorus fertilizer and biological fertilizer showed a significant effect on yield and yield components, plant height, pod length and protein content. The results also showed that the interaction of biofertilizer and phosphorus on plant height, biological yield and

*Corresponding Author: f.rezapoorian1389@yahoo.com

harvest index were significant. The results of the comparison of the mean of data in the first year showed that the highest grain yield (226 g.m^{-2}) was obtained in inoculum treatment with *Azospirillum* and Mycorrhiza fungi at a consumption level of 225 Kg.h^{-1} phosphorus fertilizer, Which increased by 29.6% compared to the control. In the second year of experiment, the highest grain yield (216 g.m^{-2}) was obtained with 38.7% increase in comparison with control in inoculation with *Azospirillum*, *Pseudomonas* and Mycorrhiza fungi at 225 Kg.h^{-1} phosphorus fertilizer level. The results of the comparison of the mean of the data in the first year showed that the highest number of pods per plant, grain yield, biological yield, harvest index and seed protein were related to *Azospirillum* and *Glomus mosseae* inoculation, and in the second year they were treated with *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Glomus mosseae*. Also The results of the comparison of the mean of the data showed that the highest 1000-seed weight (52.9 g), number of seeds per pod (8.5 Number in pods) in 225 Kg.h^{-1} treatment of phosphorus fertilizer.

Conclusion

Biofertilizer are beneficial bacteria and fungus that colonize plant roots and enhance plant growth by a wide variety of mechanisms. The use of biofertilizer is steadily increasing in agriculture and offers a new way to replace chemical fertilizers, pesticides, and supplements. According to these results, it can be concluded that the best treatment for mung bean cultivation and reducing the use of phosphorus fertilizer is the use of *Azospirillum* and Mycorrhizal fungus. Application *Azospirillum* and Mycorrhizal fungus in this study caused to increase the seed yield and protein content of seed.

Keywords: *Azospirillum lipoferum*, *Glomus mosseae*, Legume, *Pseudomonas fluorescens*