Archive of SID

نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دوازدهم، شماره ۴(۴۸)، زمستان ۱۳۹۷، صفحه ۶۵۰-۶۳۱

تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی فسفر بر تجمع عناصر، محتوای کلروفیل، عملکرد دانه و رشد ریشه سه توده محلی ماش

مریم رشیدی[1*]، نصرت‌اله عباسی[2] و محمدجواد زارع[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱/۲۶ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۳/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۲۷

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی فسفر بر تجمع عناصر، محتوای کلروفیل، رشد ریشه و عملکرد دانه سه توده بذری ماش، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در سال ۱۳۹۴، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل سه توده محلی ماش (فریدونی، گتوندی و ارتشی)، کود شیمیایی فسفر در سه سطح شامل عدم مصرف کود شیمیایی (P_0)، مصرف ۷۵ (P_{75}) و ۱۵۰ (P_{150}) کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات‌تریپل و کود زیستی در دو سطح عدم مصرف کود زیستی (B_0) و مصرف ۱۰۰ گرم در هکتار کود فسفر بارور-۲ (B_{100}) بودند. نتایج نشان داد که کاربرد توأم کود زیستی و شیمیایی فسفر (۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) باعث افزایش غلظت فسفر، نیتروژن، پتاسیم دانه و وزن خشک ریشه در ماش شد. کاربرد کود زیستی فسفر نیز باعث افزایش غلظت فسفر و نیتروژن دانه در هر سه توده بذری ماش گردید. بیشترین غلظت روی و آهن دانه، کلروفیل برگ، تعداد گره و وزن خشک ریشه در توده بذری ارتشی به‌دست آمد. غلظت روی، کلروفیل برگ، تعداد گره در ریشه با کاربرد کود زیستی افزایش یافت. کود سوپر فسفات‌تریپل به میزان ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، غلظت کلروفیل برگ و تعداد گره در ریشه ماش را افزایش دادند. کاربرد توأم کود زیستی فسفر بارور-۲ و ۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات‌تریپل در هکتار عملکرد دانه را در توده‌های فریدونی، ارتشی و گتوندی در مقایسه با عدم مصرف کود به‌ترتیب به‌میزان ۳۲/۳۳٪، ۶۴/۸۷٪ و ۸۱/۳۵٪ افزایش داد. کاربرد مقادیر کاهش یافته کودهای شیمیایی فسفر توأم با کود زیستی باعث بهبود عملکرد دانه توده‌های بذری ماش در راستای کشاورزی پایدار گردید.

واژگان کلیدی: توده‌های بذری، فسفر بارور-۲، ماش، نیتروژن.

۱- کارشناس ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. * نگارنده‌ی مسئول maryam.rashidi.ag93@gmail.com
۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
۳- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

فسفر خاک یکی از عناصر غذایی مهم گیاهان در کشاورزی است و به دلیل کمبود منابع آن به‌عنوان یکی از چالش‌های جهانی زیست محیطی در قرن ۲۱ در نظر گرفته شده است (Mihailescu *et al*., 2015). کارآیی و مدیریت کاربرد فسفر در سیستم‌های کشاورزی برای رسیدن به حداکثر کارکرد گیاه بدون آسیب به کیفیت محیط زیست، ضروری است (Mihailescu *et al*., 2015). طبیعت خاک‌های آهکی که بخش عمده‌ای از اراضی زراعی و باغی ایران را شامل می‌گردد، باعث شده است که کودهای شیمیایی فسفره از کارآیی کمتری برخوردار بوده و برای همین منظور کشاورزان هر ساله مقادیر قابل توجهی از این نهاده شیمیایی را به اراضی زیر کشت اضافه نمایند (Rejali *et al*., 2010). با توجه به کارآیی اندک، افزایش قیمت جهانی و وارداتی بودن بخش عمده کودهای شیمیایی و هم‌چنین آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف این کودها، باید ضمن تجدید نظر در مدیریت استفاده از کودهای فسفاته، به پیشرفت‌های نوین مانند استفاده از نهاده‌های زیستی توجه بیشتری معطوف گردد. امروزه ریزجانداران حل‌کننده فسفات در سطوح وسیع به عنوان کود زیستی به‌منظور افزایش تولید و حفظ سلامت خاک استفاده می‌شوند (Zhu *et al*., 2012). کود زیستی فسفر بارور-۲ حاوی دو نوع باکتری حل کننده فسفات از گونه پانتوآ آگلومرانس (*Pantoea agglomerans*) سویه P5 و سودوموناس پوتیدا (*Pseudomonas putida*) سویه P13 می‌باشد که به‌ترتیب با استفاده از دو سازوکار ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز باعث تجزیه ترکیبات فسفر نامحلول و در نتیجه قابل جذب شدن آن برای گیاه می‌گردند (El-Komy, 2005). باکتری‌های حل‌کننده فسفات فرم‌های غیرمحلول فسفر خاک را از طریق تولید اسیدهای آلی مانند اسید سیتریک و اسید گلوکونیک و واکنش‌های تبادلی، به فرم‌های قابل حل برای گیاهان تبدیل می‌کنند (Liu *et al*., 2014; Sharma and Sharma, 2013).

بقولات از جمله گیاهانی هستند که به مقدار زیادی فسفر نیاز دارند به‌طوری‌که محدودیت مقدار فسفر موجب کاهش تعداد و میزان تأثیر باکتری‌های گره ریشه می‌گردد (Dashady *et al*., 2005). از آن‌جا که همزیستی ریزوبیوم بستگی به غلظت فسفر دارد، افزایش میزان فسفر در اثر فعالیت باکتری‌های حل‌کننده فسفر می‌تواند منجر به افزایش میزان گره‌دهی و تثبیت نیتروژن مولکولی گردد (Zarea *et al*., 2009). ماش (*Vigna radiata* L.) یکی از لگوم‌های دانه‌ای با دوره رشد کوتاه، سازگاری وسیع، کم توقع و تثبیت‌کننده نیتروژن است که در بسیاری از نظام‌های کشت به خوبی وارد شده و هم‌چنین منبع مهمی از پروتئین با کیفیت بالا در رژیم‌های غذایی بر پایه غلات در بسیاری از کشورهای آسیایی است (Khattak *et al*., 2001).

بر اساس مطالعات انجام شده باکتری‌های حل‌کننده فسفات همراه با سایر باکتری‌های محرک رشد گیاه، مصرف کودهای فسفاته را تا ۵۰٪ کاهش دادند، بدون این که کاهش معنی‌داری در تولید محصول مشاهده گردد (Yazdani *et al*., 2009). میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفر با توان حل‌کنندگی فسفات، علاوه بر افزایش فراهمی فسفر محلول، بر سایر فرآیندهای مهم میکروبی خاک مانند تثبیت بیولوژیکی نیتروژن نیز اثرات مثبتی دارند

www.SID.ir

Archive of SID

(Ponmurugan and Gopi, 2006). سرویستا و همکاران (Srivastava *et al*., 2011) نشان دادند تلقیح بذور نخود (*Cicer aeritinum* L.) با باکتری‌های حل‌کننده فسفات منجر به افزایش ارتفاع بوته، طول ریشه و عملکرد دانه گردید (Srivastava *et al*., 2011). نتایج مطالعات سون و همکاران (Son *et al*., 2006) نشان داد که کاربرد گونه‌های مختلف سودوموناس، وزن خشک گره، تعداد گره، عملکرد و جذب عناصر غذایی در سویا (*Glycine max* L.) را افزایش داد. رحیمی و هاشمی (Rahimi and Hashemi, 2016) گزارش کردند کاربرد ۳۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست همراه با کود زیستی فسفر بارور-۲ به‌میزان ۱۰۰ گرم در هکتار سبب بیشترین عملکرد دانه در ماش گردید. رضاپور و همکاران (Rezapour *et al*., 2015) گزارش دادند بیشترین عملکرد دانه لوبیا قرمز محلی ۱۸۵۸ کیلوگرم در هکتار با کاربرد سویه ۱۶۸ باکتری حل‌کننده فسفات سودوموناس پوتیدا به‌دست آمد. این محققان نشان دادند عملکرد بیولوژیکی، درصد پروتئین و جذب عناصر مانند فسفر، پتاسیم، کلسیم و نیتروژن در حضور کودهای زیستی در تلفیق با میزان مناسبی از کود فسفره در لوبیا بیشترین مقادیر بود. امل و همکاران (Umale *et al*., 2002) در آزمایشی با تیمارهای مختلف کود فسفره و باکتری‌های حل‌کننده فسفات در سویا بالاترین میزان عملکرد و اجزای عملکرد در تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفره همراه با تلقیح بذر با باکتری‌های حل کننده فسفات به‌دست آمد. ال-قیضاوی و همکاران (EL-Gizawy *et al*., 2009) گزارش کردند کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره همراه با باکتری‌های حل‌کننده فسفات شاخص‌هایی مانند درصد پروتئین، جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و هم‌چنین ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در گیاه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک کل را در گیاه زراعی باقلا (*Vicia faba* L.) افزایش می‌دهد. صابری و همکاران (Saberi *et al*., 2015) گزارش کردند تلفیق کودهای زیستی فسفر با کودهای شیمیایی فسفر موجب تأمین فسفر مورد نیاز گیاه لوبیا شد. میتال و همکاران (Mittal *et al*., 2007) در پژوهشی گزارش کردند حل‌کننده‌های فسفات باعث افزایش ۲۶٪ فسفر محلول در خاک نسبت به شاهد شدند. یساری و همکاران (Yasari *et al*., 2015) گزارش کردند حداکثر عملکرد دانه سویا در رقم تلار با مصرف سودوموناس پوتیدا به‌دست آمد. استم‌فرد و همکاران (Stamford *et al*., 2008) با بررسی کودهای زیستی روی تشکیل گره و جذب مواد غذایی در لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) بیشترین مقدار عنصر فسفر و پتاسیم در گیاه را در حضور کودهای زیستی، گزارش کردند. انصاری و همکاران (Ansari *et al*., 2015b) گزارش کردند تلقیح لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) با کودهای زیستی نیتروکسین، بیوسوپر فسفات و فسفات بارور-۲ باعث افزایش وزن تر بخش هوایی، وزن خشک ریشه، غلظت نیتروژن، پتاسیم اندام‌های هوایی، مقدار جذب فسفر ریشه و هم‌چنین غلظت و مقدار آهن ریشه را افزایش دادند و کود فسفر بارور-۲ سهم بیشتری در افزایش عملکرد داشت.

امروزه توانایی ژنوتیپ‌های مختلف گیاهی در جذب و مصرف عناصر غذایی توسط دانشمندان بسیاری مورد توجه قرار گرفته است که تفاوت کارایی آنها در استفاده از عناصر غذایی به خاطر جذب به‌وسیله ریشه‌ها، یا مصرف توسط گیاه و یا هر دو متأثر می‌شود، که اهمیت نسبی این

www.SID.ir

Archive of SID

استراتژی‌ها بسته به نوع عنصر و نوع گونه گیاهی می‌تواند متفاوت باشد (Marschener, 1988). بنابراین شناسایی و گسترش ژنوتیپ‌های کارآ با توانایی بالا برای رشد در خاک‌های با فسفر قابل‌دسترس پایین هدفی مهم و جهانی می‌باشد. به‌طوری‌که باتان (Batten, 1992) انتخاب ارقام فسفر کارآ به عنوان متغیر مکمل و حتی جایگزین برای مصرف کود در کشاورزی معرفی نموده که در سیستم‌های زراعی کم‌نهاده و پرنهاده می‌تواند عامل مهمی در کاهش هزینه‌های تولید و مشکلات زیست محیطی باشد (Sepehr *et al*., 2009).

بنابراین، با عنایت به لزوم گسترش استفاده از این کودهای زیستی در جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و بهبود سلامت جامعه، این آزمایش با هدف بررسی اثرات کودهای شیمیایی و زیستی فسفر بارور-۲ بر عملکرد دانه، غلظت فسفر، نیتروژن، آهن، روی و پتاسیم دانه، غلظت کلروفیل برگ و رشد ریشه سه توده بذری ماش اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات کودهای شیمیایی و زیستی فسفر بر غلظت عناصر، کلروفیل، رشد ریشه و عملکرد دانه توده‌های بذری مختلف ماش، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام با مشخصات جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه طول جغرافیایی، ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه عرض جغرافیایی و با ارتفاع ۱۱۷۴ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۴ اجرا گردید. بافت خاک لومی رسی می‌باشد (جدول ۱). آزمایش به‌صورت فاکتوریل (۳×۳×۲) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل اول شامل توده‌های بذری مختلف ماش در سه سطح (فریدونی، ارتشی، گتوندی)، عامل دوم کود شیمیایی فسفر در سه سطح شامل عدم مصرف کود شیمیایی به‌عنوان شاهد (P_0)، مصرف ۷۵ (P_{75}) و ۱۵۰ (P_{150}) کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل، عامل سوم کود زیستی فسفر بارور-۲ در دو سطح عدم مصرف کود زیستی (B_0) و مصرف ۱۰۰ گرم در هکتار کود زیستی فسفر بارور-۲ (B_{100}) بودند.

توده‌های بذری مختلف ماش از مؤسسه پاکان بذر اصفهان تهیه شدند. کود زیستی فسفر بارور-۲ حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفر از گونه‌های پانتوآ آگلومرانس (*Pantoea agglomerans*) سویه P5 و سودموناس پوتیدا (*Pseudomonas putida*) سویه P13 می‌باشد که از شرکت زیست فناوری سبز تهیه شد. فراوانی باکتری‌های حل‌کننده فسفات موجود در هر گرم کود زیستی فسفر بارور-۲، 10^8 سلول در هر گرم کود زیستی بود. جهت تهیه زمین ابتدا یک شخم عمیق زده شد و توسط دیسک کلوخه‌ها خرد و زمین مسطح گردید و سپس جوی و پشته‌هایی به فواصل ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شد. هر کرت آزمایشی دارای پنج ردیف کاشت به‌طول سه متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها در روی ردیف نیز ۱۰ سانتی‌متر بود. کشت در تاریخ ۱۰ تیر ماه سال ۱۳۹۴ به‌صورت کپه‌ای و در هر کپه سه عدد بذر در عمق حدود چهار سانتی‌متر قرار گرفت. با توجه به نتایج آزمون خاک، کود شیمیایی نیتروژن از منبع اوره به‌میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت مورد استفاده قرار گرفت. کود فسفر بر اساس تیمارهای آزمایش قبل از کاشت مصرف شد. در تیمار شاهد (P_0) از کود شیمیایی فسفر استفاده نشد. در تیمار P_{75} و P_{150} از کود سوپر فسفات تریپل به‌ترتیب به‌میزان ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل

www.SID.ir

Archive of SID

قبل از کاشت به‌صورت نواری در زیر بذر استفاده گردید. در تیمار کود زیستی (B_{100})، از کود فسفر بارور-۲ به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار به‌صورت بذرمال استفاده شد. اولین آبیاری بعد از کاشت انجام گرفت و آبیاری‌های بعدی بر اساس عرف محلی هر هفت روز یک‌بار به‌روش آبیاری نشتی انجام گرفت. عملیات تنک‌کردن مزرعه در مرحله چهار برگی بوته‌ها در تاریخ ۲۸ تیرماه سال ۱۳۹۴ صورت پذیرفت. در طول فصل رشد برای کنترل علف‌های‌هرز دوبار در تاریخ‌های ۱۵ مرداد و ۱۰ شهریور ماه سال ۱۳۹۴ عملیات وجین دستی انجام گرفت. در تاریخ ۱۵ شهریور ماه و در مرحله گلدهی غلظت کلروفیل برگ بر اساس روش آرنون (Arnon, 1975) با دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد. در مرحله گلدهی، از هر کرت سه بوته همراه با ریشه به دقت برداشت نموده و سپس ریشه‌ها را از اندام‌های هوایی جدا و با آب شست و شو داده شدند. تعداد گره‌های تثبیت نیتروژن بعد از شست و شو با آب شمارش شدند. بعد از شمارش گره‌ها، ریشه‌ها در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت توسط آون الکتریکی خشک و سپس توزین شدند. برای تعیین عملکرد دانه با حذف اثرات حاشیه‌ای از هر کرت دو متر مربع برداشت گردید.

میزان نیتروژن دانه با روش هضم، تقطیر و تیتراسیون با استفاده از دستگاه کجلدال (Waling *et al*., 1989) و میزان فسفر دانه با روش اولسن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Olsen and Sommers, 1982). غلظت پتاسیم قابل جذب در دانه از روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و به کمک دستگاه فیلم‌فتومتر (Chapman and Pratt, 1978) اندازه‌گیری شدند. هم‌چنین غلظت عناصر میکرو در دانه شامل آهن و روی با دستگاه جذب اتمی بررسی شد (Page *et al*., 1992).

تجزیه آماری داده‌های آزمایش با نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌های اثرات ساده و متقابل به‌ترتیب با آزمون دانکن و حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

غلظت فسفر دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات کود شیمیایی فسفر، کود زیستی فسفر، توده‌های بذری، اثرات دوگانه (کود شیمیایی فسفر× کود زیستی فسفر) و (کود زیستی فسفر× توده‌های بذری) بر غلظت فسفر دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). کاربرد توأم کود زیستی و شیمیایی فسفر باعث افزایش غلظت فسفر دانه در ماش گردید. به طوری‌که بیشترین غلظت فسفر دانه با کاربرد کود فسفر بارور-۲ توأم با ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار به‌دست آمد، که در مقایسه با تیمار عدم مصرف کود به‌ترتیب به میزان ۶۳/۲۹٪ و ۵۷/۶۰٪ بیشتر بود (جدول ۴).

کاربرد کود زیستی فسفر بارور-۲ باعث افزایش غلظت فسفر دانه هر سه توده بذری ماش گردید (جدول ۵). میزان افزایش غلظت فسفر دانه ماش با کاربرد کود فسفر بارور-۲ در توده‌های بذری فریدونی، ارتشی و گتوندی به‌ترتیب ۳۷/۳۸٪، ۲۵/۰۰٪ و ۱۱/۴۸٪ بود (جدول ۵).

نتایج گزارش شده توسط میتال و همکاران (Mittal *et al*., 2007) مبنی بر تأثیر مثبت کاربرد توأم کودهای زیستی و آلی فسفر بر غلظت فسفر اندام‌های هوایی گیاه نخود با نتایج به‌دست آمده، در این تحقیق مطابقت دارد. با توجه به این که در

www.SID.ir

Archive of SID

خاک‌های قلیایی فسفر به‌سرعت توسط کربنات کلسیم تثبیت و از دسترس گیاه خارج می‌گردد لذا جذب عناصر غذایی توسط گیاه تابع دو عامل، رشد ریشه و فراهمی عناصر غذایی در خاک می‌باشد (Afzal *et al*., 2005). کودهای زیستی از طریق ترشح اسیدهای آلی و معدنی باعث افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در ریزوسفر می‌شوند. هم‌چنین، ریزجانداران موجود در کودهای زیستی با ترشح پیش‌ماده هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد گیاه و کنترل پاتوژن‌های گیاهی باعث افزایش رشد ریشه گیاهان می‌شود (Ghobady *et al*., 2012). نتایج پژوهش اکین (Ekin, 2010)، نشان داد باکتری باسیلوس سویه M-13 محتوای فسفر دانه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) را نسبت به شاهد به میزان ۱۴/۸٪ افزایش داد. گزارش دیگری نیز نشان داد میزان جذب فسفر در گندم (*Triticum aestivum* L.) تلقیح شده با باکتری *Bacillus subtilis* بیشتر بود (Rashidi *et al*., 2011).

یساری و همکاران (Yasari *et al*., 2015) گزارش کردند که باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌توانند با سنتز هورمون‌های گیاهی باعث افزایش رشد گیاه شوند به این ترتیب که مراحل اولیه رشد گیاهی را تحت تأثیر قرار داده و ریشه حجم بیشتری از خاک را اشغال می‌کند و سطح جذب را افزایش می‌دهد. راثی‌پور و علی‌اصغرزاد (Rasipour and Aliasgharzad, 2007) با تأکید بر اثرات مفید باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر شاخص‌های رشد سویا نتیجه گرفتند می‌توان با بکارگیری این باکتری‌ها در سطح وسیع از مصرف کودهای فسفره کاست. تجمع فسفر بیشتر در توده بذری ارتشی به میزان ۰/۲۱٪ نسبت توده بذری ارتشی (۰/۱۵٪) می‌تواند به دلیل اختلاف در وزن خشک ریشه نیز باشد. مارشنر (Marschener, 1998) گزارش داد اختلاف ژنتیکی بین توده‌های بذری از لحاظ جذب فسفر، مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده در کارآیی عنصر است که به خصوصیات مورفولوژی و فیزیولوژی ریشه وابسته است.

غلظت نیتروژن دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر کود شیمیایی فسفر، کود زیستی، توده‌های بذری و اثرات متقابل (کود زیستی فسفر× توده‌های بذری) بر غلظت نیتروژن دانه در ماش بود (جدول ۲). بیشترین غلظت نیتروژن دانه ماش (۳/۳۵٪) با کاربرد کود زیستی فسفر بارور-۲ در توده بذری ارتشی به‌دست آمد که با توده بذری گتوندی در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۵). کود زیستی فسفر بارور-۲ غلظت نیتروژن توده‌های بذری فریدونی، ارتشی و گتوندی ماش در مقایسه با تیمار عدم مصرف کود به‌ترتیب به میزان ۱۳/۴۱٪، ۸/۰۸ ٪ و ۲۹/۳۷٪ افزایش داد (جدول ۵). مصرف ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار غلظت نیتروژن دانه ماش در مقایسه با تیمار عدم مصرف کود به‌ترتیب به میزان ۱۰/۴۰٪ و ۱۵/۲۴٪ افزایش دادند (جدول ۶).

افزایش میزان نیتروژن دانه می‌تواند به‌دلیل تأثیر مثبت میزان دسترسی به فسفر در جذب و انتقال نیتروژن به گیاه باشد (Zubillaga *et al*., 2006). که با مطالعات انصاری و همکاران (Ansari *et al*., 2015 b) مطابقت دارد. این محققان بیان نمودند که قابلیت دسترسی به فسفر در خاک بر میزان جذب نیتروژن و استفاده آن در گیاه مؤثر است. زرین‌جوب و همکاران (Zarinjoob *et al*., 2011) تأثیر کود زیستی را بر

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد و کیفیت دانه آفتابگردان بررسی و گزارش دادند کاربرد کودهای زیستی شامل باکتری‌های افزاینده رشد در مقایسه با شاهد موجب افزایش میزان نیتروژن دانه گردید. نتایج نشان می‌دهد احتمالاً کود زیستی فسفر بارور-۲ توانسته از طریق افزایش فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و بهبود دسترسی به این عنصر در ریزوسفر، منجر به تأمین مطلوب نیتروژن مورد نیاز گیاه و در نتیجه افزایش غلظت آن در دانه نخود گردد (Ansari *et al*., 2015 a). بیشتر بودن وزن خشک و تعداد گره در ریشه توده بذری ارتشی در مقایسه با دو توده بذری فریدونی و گتونی باعث افزایش جذب بیشتر نیتروژن در دانه گردید (Pourebrahimi *et al*., 2013).

غلظت پتاسیم دانه

غلظت پتاسیم دانه ماش تحت تأثیر اثرات کود شیمیایی فسفر، کود زیستی فسفر، اثرات دوگانه (کود شیمیایی فسفر× کود زیستی فسفر) و اثرات دوگانه (کود شیمیایی فسفر× توده‌های بذری) قرار گرفت (جدول ۲). غلظت پتاسیم دانه ماش با کاربرد کود زیستی فسفر بارور-۲ توأم با مصرف ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با عدم مصرف کود به‌ترتیب ۲۷/۲۳ و ۳۱/۷۷٪ بیشتر بود (جدول ۴). در توده بذری فریدونی بین مصرف ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و غلظت پتاسیم دانه ماش را به‌طور متوسط ۲۴/۵۱٪ افزایش دادند (شکل ۱). در توده بذری ارتشی کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار غلظت پتاسیم دانه ماش ۱۴/۷۶٪ افزایش داد (شکل ۱). غلظت پتاسیم دانه توده بذری گتوندی با کاربرد ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به طور متوسط به‌میزان ۵/۸۱٪ افزایش یافت (شکل ۱). قبادی و همکاران (Ghobady *et al*., 2012) گزارش دادند کودهای زیستی فسفاته با تأمین فسفر و پتاسیم مورد نیاز گیاه موجب بهبود شرایط تغذیه در غده‌های سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) شدند که با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مطابقت دارد. بذرهای تلقیح شده گندم با باکتری سودوموناس، جذب فسفر و پتاسیم را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دادند.

غلظت روی در دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثرات کود زیستی فسفر و توده‌های بذری بر غلظت عنصر روی دانه ماش بود (جدول ۲). غلظت عنصر روی در دانه ماش با کاربرد کود زیستی فسفر بارور-۲ به‌میزان ۳۹/۷۰٪ بیشتر از تیمار عدم مصرف کود بود (جدول ۶). بیشترین غلظت روی (۱۳/۴۳ میلی‌گرم در کیلوگرم دانه) در توده بذری ارتشی به‌دست آمد و توده‌های بذری فریدونی و گتوندی کمترین مقدار روی را به خود اختصاص دادند (جدول ۶).

غلظت آهن دانه

غلظت آهن دانه ماش تحت تأثیر اثرات کود شیمیایی فسفر، کود زیستی فسفر و اثرات متقابل (کود شیمیایی فسفر× کود زیستی فسفر) قرار گرفت (جدول ۲). کود شیمیایی فسفر تأثیر معنی‌داری بر غلظت آهن دانه ماش نداشت، اما کاربرد کود زیستی فسفر بارور-۲ در سطوح صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار غلظت آهن دانه ماش به‌ترتیب ۱۷/۱۶٪، ۵۲/۵۳٪ و ۴۰/۹۷٪ افزایش داد (جدول ۴). بیشترین غلظت آهن دانه در توده بذری ارتشی مشاهده گردید که در مقایسه با توده‌های بذری فریدونی و

www.SID.ir

Archive of SID

گتوندی به‌ترتیب ۱۸/۳۶ و ۲۲/۹۱٪ بیشتر بود (جدول ۶).

کاربرد کود زیستی فسفر بارور-۲ موجب افزایش جذب عناصر غذایی کم‌مصرف آهن و روی در دانه ماش گردید. جذب عناصر کم‌مصرف ممکن است مربوط به توانایی تولید سیدروفور گیاهان یا سیدروفورهای میکروبی باشد (Pourebrahimi *et al*., 2013). گیاهان می‌توانند از سیدروفورهای تولید شده توسط باکتری‌ها به‌عنوان عاملی برای تأمین آهن مورد نیاز خود استفاده کنند (Ahmad *et al*., 2006). سیدروفورها ترکیبات آلی با وزن مولکولی اندک هستند که تمایل زیادی برای ترکیب شدن با کاتیون‌های مختلف از جمله آهن دارند (Arzanesh *et al*., 2009). تولید سیدروفور در باکتری‌های حل‌کننده فسفات از جمله سودوموناس‌ها و باسیلوس به اثبات رسیده است (Yang *et al*., 2011). به‌واسطه حضور سیدروفورها، قابلیت استفاده و تحرک آهن در محیط ریشه افزایش یافته و کمپلکس سیدروفور-آهن تشکیل شده می‌تواند در محلول خاک همراه با جریان توده‌ایسیدروفورهای ترشحی توسط باکتری‌ها با عناصر روی، کمپلکس تشکیل دهند. هم‌چنین، باکتری‌های خاک از جمله باکتری‌های موجود در کود زیستی فسفر بارور-۲ می‌توانند ترکیبات نامحلول روی را به شکل محلول درآورند (Arzanesh *et al*., 2009). عریشا و همکاران (Arisha *et al*., 2003) طی گزارشی بیان کردند ریزسازواره‌های موجود در کود زیستی فسفره از طریق تولید اسیدهای آلی و کاهش pH موجود در خاک علاوه بر فسفر باعث افزایش دسترسی عناصری از قبیل منگنز، روی و آهن در خاک برای گیاه می‌شوند که از این طریق منجر به افزایش فراهمی عناصر و افزایش میزان رشد گیاه می‌شوند. گزارش شده است که باکتری‌های حل کننده فسفات سبب افزایش مقدار آهن در گیاهان گندم تلقیح شده با باکتری شدند (Chang and Yang, 2009). به‌نظر می‌رسد که کود زیستی فسفر بارور-۲، جذب عناصر معدنی به‌ویژه عناصر کم‌مصرف را از طریق تحریک پمپ پروتونی ATP_{ase} افزایش می‌دهد (Yang *et al*., 2009). توده بذری ارتشی با وزن خشک ریشه بالاتر می‌توانند عناصر کم‌مصرف مانند آهن و روی بیشتری را جذب نماید.

غلظت کلروفیل برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات کود شیمیایی فسفر، کود زیستی فسفر و توده بذری بر غلظت کلروفیل برگ ماش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۶). کود سوپر فسفات تریپل به‌میزان ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار غلظت کلروفیل برگ ماش در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب به‌میزان ۲۰/۷۵٪ و ۳۰/۰۹٪ افزایش دادند (جدول ۶). غلظت کلروفیل با کاربرد کود زیستی فسفر بارور-۲ به‌میزان ۹/۴۲٪ افزایش یافت (جدول ۶). بیشترین غلظت کلروفیل برگ (۲/۹۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در توده بذری ارتشی مشاهده گردید. بین دو توده بذری فریدونی و گتوندی از نظر غلظت کلروفیل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶).

به نظر می‌رسد با کاربرد کود فسفر بارور-۲، میزان جذب نیتروژن توسط گیاه افزایش یافته و به علت ارتباط مستقیم کلروفیل با غلظت نیتروژن، میزان صفت مزبور نیز بهبود یافته است. از آن‌جا که نیترژون نقشی اساسی در ساختار و ساختمان رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل

www.SID.ir

Archive of SID

دارد، بدیهی است که با افزایش میزان نیتروژن، میزان این رنگیزه‌ها افزایش یابد (Zubillaga *et al.*, 2006). انصاری و همکاران (Ansari *et al.*, 2015a) در بررسی تأثیر شش کود زیستی مختلف شامل باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات بر گیاه نخود، مشاهده کردند که اکثر تیمارها منجر به بهبود محتوای کلروفیل شد. ابوعلی و مادی (Abou-Aly and Mady, 2009) نیز گزارش کردند که کلروفیل a در برگ‌های گندم، در اثر تلقیح با کود زیستی ۳۷/۱٪ نسبت به شاهد افزایش نشان داد. هم‌چنین، میزان کلروفیل b در تیمار کاربرد کود زیستی ۶۴/۸٪ بیشتر از شاهد بود. افزایش غلظت کلروفیل در اثر تلقیح باکتریایی در گیاهان دیگری از جمله لوبیا (Stefan *et al.*, 2013) و ذرت (Naveed *et al.*, 2014) گزارش شده است. بالا بودن میزان کلروفیل با کاربرد کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل، احتمالاً به‌علت وجود رابطه مثبت بین غلظت فسفر و مقدار کلروفیل در گیاهان کوددهی شده باشد (Zarea *et al.*, 2013). فسفر به‌عنوان حامل انرژی در طی فرآیند فتوسنتز عمل می‌نماید. جذب بیشتر عناصر فسفر، آهن و روی باعث افزایش غلظت کلروفیل برگ در توده بذری ارتشی نسبت به دو توده بذری فریدونی و گتوندی شده است.

تعداد گره‌های تثبیت کننده نیتروژن و وزن خشک ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات کود شیمیایی فسفر، کود زیستی فسفر و توده بذری بر تعداد گره‌های تثبیت کننده نیتروژن و وزن خشک ریشه ماش معنی‌دار گردید (جدول ۳). هم‌چنین، وزن خشک ریشه ماش تحت تأثیر اثرات متقابل (کود شیمیایی فسفر× کود زیستی فسفر) در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین تعداد گره‌های تثبیت کننده نیتروژن در ریشه با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل به‌دست آمد و تیمار ۷۵ کیلوگرم کود در رتبه بعدی قرار گرفت. کاربرد ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل تعداد گره‌های تثبیت کننده نیتروژن در ریشه ماش به‌ترتیب ۴۰/۳۸٪ و ۵۰/۹۴٪ افزایش دادند (جدول ۶). تعداد گره‌های تثبیت کننده نیتروژن در ریشه ماش با کاربرد کود زیستی فسفر بارور-۲ در مقایسه با تیمار شاهد ۳۰/۰۳٪ بیشتر بود (جدول ۶). تعداد گره‌های تثبیت کننده نیتروژن در ریشه توده بذری ارتشی در مقایسه با توده بذری فریدونی و گتوندی به‌ترتیب ۲۲/۲۸ و ۱۸/۱۵٪ بیشتر بود (جدول ۶).

کاربرد توأم کودهای زیستی و شیمیایی فسفر وزن خشک ریشه را افزایش دادند (جدول ۴). درصد افزایش وزن خشک ریشه با کاربرد کود زیستی فسفر بارور-۲ و مصرف ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل در مقایسه با تیمار عدم مصرف کود ۷۷/۷۴ و ۷۹/۵۰٪ بود (جدول ۴). بیشترین وزن خشک ریشه (۲۷/۶۷ گرم در بوته) در توده بذری ارتشی مشاهده گردید و توده‌های بذری فریدونی و گتوندی کمترین وزن خشک ریشه را به خود اختصاص دادند (جدول ۶).

در مطالعات مختلف به نقش هورمون اکسین در ریشه‌زایی اشاره شده است و تولید این نوع هورمون‌ها یکی از ویژگی‌های محرک رشدی گیاه باکتری‌های به‌کار رفته در کودهای زیستی فسفر می‌تواند باشد (Deaker *et al.*, 2011). بنابراین، افزایش وزن خشک ریشه را شاید بتوان به این موضوع مربوط دانست. دابلر و همکاران (Dobbelaere *et al.*, 2003) نشان دادند که تلقیح

www.SID.ir

Archive of SID

با باکتری‌هایی با توانایی تولید اکسین، موجب افزایش طول ریشه، طول تارهای کشنده و انشعابات ریشه‌های فرعی گیاهان شد. احتمالاً ترشح مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه و تولید هورمون‌های محرک رشد توسط کود زیستی و شیمیایی فسفر باعث تحریک توسعه و گسترش رشد ریشه و در نتیجه اثر مثبت بر وزن خشک ریشه گردید (Casson and Lindsey, 2003). گال و همکاران (Gull *et al*., 2004) نیز مشاهده کردند استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات باعث افزایش ۱/۵ تا ۲ برابری تعداد گره در نخود شد. کودهای زیستی فسفره می‌توانند دسترسی فسفر را زیاد کرده و رشد گیاه را با افزایش گره‌های تثبیت‌زیستی نیتروژن، دسترسی عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد افزایش دهد (Biswas *et al*., 2000).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثرات کود شیمیایی، کود زیستی فسفر، توده‌های بذری اثرات دوگانه (کود شیمیایی فسفر× کود زیستی فسفر)، (کود شیمیایی فسفر× توده‌های بذری)، (کود زیستی فسفر× توده‌های بذری) و اثرات سه‌گانه (کود شیمیایی فسفر× کود زیستی فسفر× توده‌های بذری) بر عملکرد دانه ماش بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه ماش (۲۷۹۳ کیلوگرم در هکتار) در توده بذری ارتشی با کاربرد توأم کود زیستی فسفر بارور-۲ و مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل مشاهده گردید (شکل ۲). کاربرد توأم کود زیستی فسفر بارور-۲ و ۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار عملکرد دانه را در توده‌های بذری فریدونی، ارتشی و گتوندی در مقایسه با تیمار عدم مصرف کود به‌ترتیب به‌میزان ۳۲/۳۳، ۶۴/۸۷ و ۸۱/۳۵٪ افزایش داد (شکل ۲).

کاربرد کودزیستی فسفر بارور-۲ توأم با مقدار ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل از طریق بهبود خصوصیات خاک منجر به افزایش عملکرد دانه توده‌های بذری ماش گردید. بررسی‌های سایر پژوهشگران نشان داده است باکتری‌های حل‌کننده فسفات از طریق تولید هورمون‌های تحریک‌کننده رشد گیاه به‌ویژه انواع اکسین، سیتوکنین و جیبرلین رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند و باعث افزایش شاخص‌های رشدی و عملکرد در گیاهان مختلف می‌شود (Ghobady *et al*., 2012; Srivastava *et al*., 2011; Jha *et al*., 2011). بنابراین، افزایش عملکرد دانه در توده‌های بذری مختلف ماش می‌تواند به‌واسطه برخی ویژگی‌های محرک رشدی کود فسفر بارور-۲ باشد از جمله افزایش انحلال فسفات نامحلول، افزایش تثبیت نیتروژن و تولید اکسین و متعاقب آن افزایش جذب در ریشه و انتقال به بخش هوایی به‌واسطه افزایش انشعابات ریشه، تولید سیدروفورهای کلات‌کننده‌ی آهن باشد (Han *et al*., 2006). سرویستا و همکاران (Srivastava *et al*., 2011) نشان دادندکه تلقیح بذور نخود با باکتری‌های حل‌کننده فسفات منجر به افزایش ارتفاع بوته و عملکرد دانه گردید. کود زیستی با کمک به انحلال ترکیبات فسفره در خاک و تسهیل جذب آن توسط گیاه و هم‌چنین تولید هورمون‌های محرک رشد گیاهی موجب افزایش عملکرد گردیده است. اگر چه ممکن است که میزان فسفر کل در خاک بالا باشد، اما اغلب به‌صورتی وجود دارد که یا برای گیاه غیرقابل استفاده است و یا تنها در محیط خارج ریزوسفر قابل استفاده می‌باشد (Zarea *et al*., 2009).

www.SID.ir

Archive of SID

میتال و همکاران (Mittal *et al*., 2007) در نتایج بررسی خود گزارش کردند که آسپیرژیلوس و پنی‌سیلیوم با تولید پیش‌ماده هورمون اکسین باعث افزایش رشد و در نتیجه افزایش عملکرد گیاه می‌شوند. جها و همکاران (Jha *et al*., 2011) طی آزمایشی روی گیاه ماش سبز اعلام کردند که با استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات بیشترین عملکرد دانه حاصل شد. به‌نظر می‌رسد افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد کودهای شیمیایی و جذب بیشتر آنها توسط گیاه، در نتیجه افزایش رشد و فتوسنتز با افزایش غلظت کلروفیل برگ از عوامل افزایش عملکرد دانه در توده بذری ارتشی می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد ترکیب توأم کود شیمیایی و فسفر بارور-۲ بیشترین تأثیر مثبت بر جذب عنصر فسفر، نیتروژن، پتاسیم، آهن و روی و عملکرد توده‌های بذری مختلف ماش داشت. هرچند استفاده از کود زیستی بارور-۲ و کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل به‌صورت منفرد تأثیر مثبتی بر افزایش رشد توده‌های بذری ماش نشان دادند. می‌توان بیان داشت که اگرچه برای تأمین نیازهای غذایی گیاهان همواره استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی متداول است اما با استفاده از کودهای زیستی به‌صورت مکمل با میزان مناسب از کودهای شیمیایی می‌توان علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی و کاهش آلودگی خاک و کمک به محیط‌زیست، در تولید محصول بهتر و مطلوب‌تر گام برداشت. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که کود زیستی فسفر بارور-۲ همراه با کاربرد ۷۵ کیلوگرم کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل بهترین نتیجه را در افزیش عملکرد دانه ماش در راستای کشاورزی پایدار به همراه دارد. هم‌چنین، بهتر است از توده‌های بذری استفاده شود که توانایی جذب بیشتری عناصر غذایی دارند. بنابراین، می‌توان توده بذری ارتشی را به‌عنوان توده‌های بذری برتر از لحاظ جذب عناصر فسفر، نیتروژن، روی و آهن مورد استفاده قرار داد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک)

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil of experimental field (soil depth 0-30 cm)

بافت خاک Soil Texture	اسیدیته pH	ماده آلی OC (%)	فسفر قابل جذب P (ppm)	پتاسیم قابل جذب K (ppm)	نیتروژن کل Total N (%)
لوم رسی (Clay loam)	7.26	1.74	4.94	356.26	0.10

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات کودهای شیمیایی و زیستی فسفر بر غلظت عناصر دانه سه توده بذری ماش

Table 2- Analysis of variance effect of chymical and bio-fertilizer phosphorus on elements concentration of grain in three varieties of mung bean

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares				
		غلظت فسفر Phosphorus content	غلظت نیتروژن Nitrogen content	غلظت پتاسیم Potassium content	غلظت آهن Zinc content	غلظت روی Iron content
بلوک Block	2	0.00006^{ns}	0.1315^{ns}	0.00036^{ns}	31.03*	10.89*
کود شیمیایی فسفر (P) Chymical phosphorus	2	0.00556**	0.1906*	0.02496**	94.22**	6.58^{ns}
کود زیستی فسفر (B) Bio-fertilizer phosphorus	1	0.01500**	2.7382**	0.25078**	1275.17**	19.99*
توده بذری (V) Variety	2	0.01974**	0.8318**	0.00020^{ns}	46.27**	64.34**
P×B	2	0.00107*	0.0382^{ns}	0.02328**	77.50**	6.49^{ns}
P×V	4	0.00033^{ns}	0.1013^{ns}	0.00309*	2.14^{ns}	0.31^{ns}
B×V	2	0.00095*	0.3100**	0.00146^{ns}	5.94^{ns}	0.25^{ns}
P×B×V	4	0.00034^{ns}	0.0958^{ns}	0.00106^{ns}	2.15^{ns}	0.14^{ns}
خطای آزمایشی Error	34	0.00026	0.0451	0.00081	7.22	2.71
ضریب تغییرات C.V. (%)		10.23	13.72	13.88	7.93	14.63

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، ns: غیرمعنی‌دار.

* and **: Significant at 5 and 1% probability levels, respectively. ns: non-significant.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات کودهای شیمیایی و زیستی فسفر بر غلظت کلروفیل، تعداد گره، وزن خشک ریشه و عملکرد دانه سه توده بذری ماش

Table3- Analysis of variance effect of chymical and bio-fertilizer phosphorus on chlorophyll concentration, number of nodule, dry weight of roots and grain yield in three varieties of mung bean

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares			
		غلظت کلروفیل Chlorophyll concentration	تعداد گره در ریشه Number of nodule	وزن خشک ریشه Dry weight of roots	عملکرد دانه Gain yield
بلوک Block	2	0.0717^{ns}	13.66^{ns}	0.949^{ns}	16227^{ns}
کود شیمیایی فسفر (P) Chymical phosphorus	2	1.9153**	830.11**	360.498**	1002643**
کود زیستی فسفر (B) Bio-fertilizer phosphorus	1	0.6981**	1000.18**	253.586**	1802189**
توده بذری (V) Variety	2	2.4133**	37.43*	78.464**	4654994**
P×B	2	0.1354^{ns}	16.58^{ns}	26.665**	117204**
P×V	4	0.0195^{ns}	0.19^{ns}	0.066^{ns}	191807**
B×V	2	0.0103^{ns}	0.31^{ns}	1.176^{ns}	186582**
P×B×V	4	0.0043^{ns}	2.88^{ns}	0.659^{ns}	34741*
خطای آزمایشی Error	34	0.0558	9.40	3.915	10585
ضریب تغییرات C.V. (%)		9.52	9.30	7.83	6.04

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، ns: غیرمعنی‌دار.

* and **: Significant at 5 and 1% probability levels, respectively. ns: non-significant.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- اثرات کود شیمیایی و فسفر بارور-۲ بر غلظت عناصر و وزن خشک ریشه ماش

Table 4- Effect of chymical and bio-fertilizer phosphorus on elements content and root dry weight of mung bean

کود شیمیایی فسفر Chymical phosphorus	کود زیستی فسفر Bio-fertilizer	غلظت فسفر Phosphorus content (%)	غلظت پتاسیم Potassium content	غلظت آهن Zinc content ($mg.kg^{-1}$)	وزن خشک ریشه Dry weight of roots (g)
P_0	B_0	0.118	0.661	28.79	17.03
	B_{100}	0.141	0.714	33.73	21.45
P_{75}	B_0	0.151	0.690	27.24	23.2
	B_{100}	0.192	0.841	41.55	30.27
P_{150}	B_0	0.160	0.700	29.07	27.07
	B_{100}	0.186	0.871	40.98	30.57
LSD (0.05)		0.016	0.027	2.574	1.896

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Least Significant Difference (LSD) test (P<0.05).

جدول ۵- اثرات کود زیستی فسفر بارور-۲ بر غلظت فسفر و نیتروژن دانه سه توده بذری ماش

Table 5- Effect of bio-fertilizer phosphorus on phosphorus and nitrogen content in three varieties of mung bean

توده بذری Variety	کود زیستی فسفر Bio-fertilizer	غلظت فسفر Phosphorus content (%)	غلظت نیتروژن Nitrogen content (%)
فریدونی Fereydouni	B_0	0.107	2.64
	B_{100}	0.147	2.99
ارتشی Arteshi	B_0	0.172	3.11
	B_{100}	0.215	3.36
گتوندی Gotvandi	B_0	0.148	2.55
	B_{100}	0.165	3.29
LSD (0.05)		0.016	0.203

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Least Significant Difference (LSD) test (P<0.05).

جدول ۶- اثرات کود شیمیایی فسفر، کود زیستی فسفر بارور-۲ و توده بذری بر علظت عناصر، غلظت کلروفیل، تعداد گره و وزن خشک ریشه ماش

Table 6- Effects of chymical and bio-fertilizer phosphorus and variety on elements content, chlorophyll concentration, number of nodule and dry weight of roots of mung bean

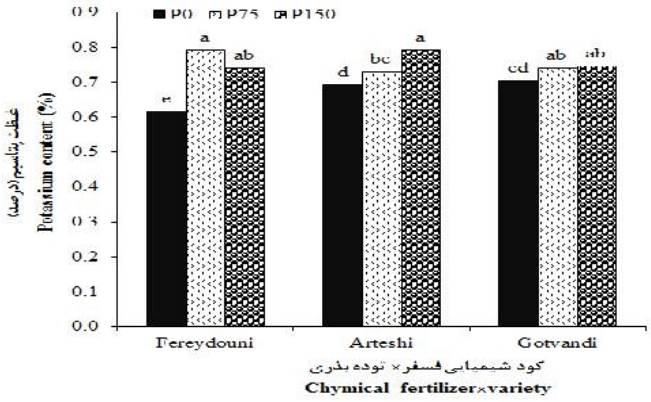
تیمارها Treatments	غلظت نیتروژن Nitrogen content (%)	غلظت روی Iron content ($mg.kg^{-1}$)	غلظت آهن Zinc content ($mg.kg^{-1}$)	غلظت کلروفیل Chlorophyll concentration ($mg.g\ freshweight^{-1}$)	تعداد گره در ریشه Number of nodule	وزن خشک ریشه Dry weight of roots (g)
کود شیمیایی فسفر Chymical phosphorus						
P0	2.69^b	10.53^a	31.26^b	2.12^c	25.28^c	20.24^c
P75	2.97^{ab}	11.61^a	35.39^a	2.56^b	35.49^b	26.74^b
P150	3.10^a	11.59^a	35.03^a	2.76^a	38.16^a	28.82^a
کود زیستی فسفر Bio-fertilizer						
B0	2.76^b	10.63^b	29.03^b	2.37^b	28.67^b	23.10^b
B100	3.22^a	14.85^a	38.75^a	2.59^a	37.28^a	27.43^a
توده بذری Variety						
فریدونی Fereydouni	2.81^b	10.09^b	31.04^b	2.27^b	28.32^b	23.97^b
ارتشی Arteshi	3.23^a	13.43^a	36.74^a	2.90^a	34.63^a	27.67^a
گتوندی Gotvandi	2.92^b	10.21^b	29.89^b	2.26^b	29.31^b	24.15^b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan' s multiple range test (P<0.05).

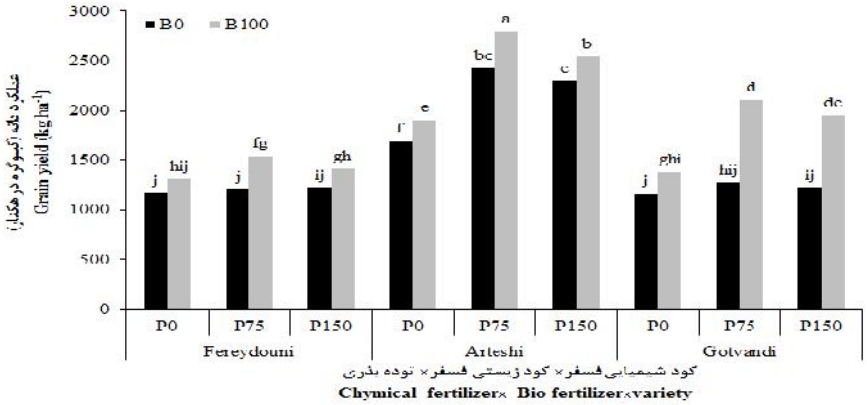
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- اثرات کود شیمیایی فسفر بر غلظت پتاسیم دانه سه توده بذری ماش

Figure 1- Effect of phosphorus chymical fertilizer on potassium content in three varieties of mung bean



شکل ۲- اثرات کود شیمیایی و زیستی فسفر بارور-۲ بر عملکرد دانه سه توده بذری ماش

Figure 2- Effect of chymical and bio-fertilizer phosphorus on grain yield in three varieties of mung bean

www.SID.ir

Archive of SID

References منابع مورد استفاده

- Abou-Aly, H.E., and M.A. Mady. 2009. Complemented effect of humic acid and bio-fertilizers on wheat (*Triticum aestivum* L.) productivity. *Annals of Agricultural Sciences*. 47(1): 1-12.
- Afzal, A., M. Ashraf, S.A. Asad, and M. Faroog. 2005. Effect of phosphate solubilizing microorganism on phosphorus uptake yield and yield traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) in rainfed area. *International Journal of Biological Agriculture*. 7: 207-209.
- Ahmad, F., I. Ahmad, and M.S. Khan. 2006. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiology Research*. 36: 1-9.
- Ansari, M.F., D.R. Tipre, and S.R. Dave. 2015 a. Efficiency evaluation of commercial liquid bio-fertilizers for growth of *Cicer aeritinum* (chick pea) input and field study. *Journal of Agriculture Science and Technology*. 4(1): 17-24.
- Ansari, S., M.R. Sarikhani, and N. Najafi. 2015 b. Inoculation effect of common bio-fertilizers on growth and uptake of some elements by bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in presence of soil indigenous microflora. *Agricultural Science and Production Stability*. 25(1): 85-98. (In Persian).
- Arisha, H.M.E., A.A. Gad, and S.E. Younes. 2003. Response of some pepper cultivars to organic and mineral nitrogen fertilizers under sandy soil condition. *Zagazig Journal of Agricultural Research*. 30: 1875-1899.
- Arnon, I. 1975. Physiological principles of dry land crop production. Physiological Aspects of Dryland Farming. US Gupta, ed. Oxfrd Press. P. 143.
- Arzanesh, M.H., H.A. Alikhani, K. Khavazi, H.A. Rahimian, and M. Miransari. 2009. In vitro growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings, inoculated with *Azospirillum* sp., under drought stress. *International Journal of Botany*. 5: 244-249.
- Batten, G.D. 1992. A review of P efficiency in wheat. *Plant and Soil*. 149: 163-168.
- Biswas, J.C., J.K. Ladha, and F.B. Dazzo. 2000. Rhizobia inoculation improves nutrient uptake and growth of low land rice. *Soil Science Society of America Journal*. 64: 1644-1650.
- Casson, S.A., and K. Lindsey. 2003. Genes and ignalling in root development. New Phytologist. P. 38.
- Chang, C.H., and S.S. Yang. 2009. Thermo-tolerant phosphate-solubilizing microbes for multi-functional bio-fertilizer preparation. *Bioresource Technology*. 100: 1648-1658.
- Chapman, H.D., and P.F. Pratt. 1978. Methods of analysis for soils, plants and waters. Division of Agricultural Sciences, University of California, Berkeley, USA. P. 392.
- Dashady, M., P. Pezeshkpour, A.A. Moezi, M. Shahverdi, and M.H. Koushki. 2005. Effect of different levels of phosphorus and zinc on agronomic characteristics of two dried peas (Arman and LC483). Abstract Book of the First National Bean Conference. P. 17. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

- Deaker, R., M. László Kecskés, M. Timothy Rose, G. Amprayn, G. Krishnen, T. Thi Kim Cuc, V. ThuyNga, P. Thi Cong, N. Thanh Hien, and I. Robert Kennedy. 2011. Practical methods for the quality control of inoculant bio-fertilisers. *Australian Center for International Agricultur Resaerch*. 23: 213-230.
- Dobbelaere, S., J. Vanderleyden, and Y. Okon. 2003. Plant growth promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical Review in Plant Science*. 22: 107-149.
- Ekin, Z. 2010. Performance of phosphate solubilizing bacteria for improving growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the presence of phosphorus fertilizer. *African Journal of Biotechnology*. 9: 3794-3800.
- El-Gizawy, N.B., and S.A.S. Mehasen. 2009. Response of faba bean to bio, mineral phosphorus fertilizers and foliar application with zinc. *World Application Sicence Journal*. 6. 1359-1365.
- El-Komy, H.M.A. 2005. Coimmobilization of *Azospirillum lipoferum* and *Bacillus megaterium* for successful phosphorus and nitrogen nutrition of wheat plants. *Food Technology Biology*. 43(1): 19-27.
- Ghobady, M., S. Hahanbin, H.R., Owliaie, R. Motalebifard, and K. Parvizi. 2012. The effect of phosphorus bio-fertilizers on yield and phosphorus uptake in potato. *Water and Soil Science*. 23(2): 125-138. (In Persian).
- Gull, F.Y., I. Hafeez, M. Saleem, and K.A. Malik. 2004. Phosphorus uptake and growth promotion of chickpea by co-inoculation of mineral phosphate solubilizing bacteria and a mixed rhizobial culture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 44: 623-628.
- Han, H.S., E. Supanjani, and K.D. Lee. 2006. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant, Soil and Environment*. 52(3): 130-136.
- Jha, A., D. Sharma, and J. Saxena. 2011. Effect of single and dual phosphate solubilizing bacterial strain inoculations on overall growth of mung bean (*Vigna radiate L.*) plants. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 58: 967-981.
- Khattak, G.S.S., M.A. Haq, M. Ashraf, G.A. Tahir, and U.K. Marwat. 2001. Detection of epistasis and estimation of additive and dominance components of genetic variation for synchrony in pod maturity in mung bean (*Vigna radiata* L.). *Field Crops Research*. 72: 211-219.
- Liu, F.P., H.Q. Liu, H.L. Zhou, Z.G. Dong, X.H. Bai, P. Bai, and J.J. Qiao. 2014. Isolation and characterization of phosphate-solubilizing bacteria from betel nut (*Areca catechu*) and their effects on plant growth and phosphorus mobilization in tropical soils. *Biology Fertilizer Soils*. 50: 927-937.
- Marschener, H. 1998. Role of root growth, arbuscular mycorrhiza, and root exudates for the efficiency in nutrient acquisition. *Field Crops Research*. 56: 203-207.
- Mihailescu, E., P.N.C. Murphy, W. Ryan, and I.A. Casey. 2015. Phosphorus balance and use efficiency on 21 intensive grass-based dairy farms in the South of Ireland. *Journal of Agricultural Science*. 153(3): 520-537.
- Mittal, V., O. Sigh, H. Nayyarkaur, and R. Tewari. 2007. Stimulatory effect of phosphate solubilizing fungal Starins (*Aspergillus awamori* and *Penicillium*

www.SID.ir

Archive of SID

citrinum) on the yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Soil Biology and Biochemistry*. 40: 718-727.

- Naveed, M., B. Mitter, T.G. Reichenauer, K. Wieczorek, and A. Sessitsch. 2014. Increased drought stress resilience of maize through endophytic colonization by Burkholderia phytofirmans PsJN and Enterobacter sp. FD17. *Environmental and Experimental Botany*. 97: 30-39.
- Olsen, S.R., and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. In: Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Page, A.L., R.H. Miller, and D.R. Keeny. (eds.). pp. 403-430. American Society of Agronomy, U.S.A.
- Page. A.L., R.H. Miller, and D.R. Jeeney. 1992. Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and mineralogical properties. SSSA Pub., Madison. P. 624.
- Ponmurugan, P., and C. Gopi. 2006. Distribution pattern and screening of phosphate solubilizing bacteria isolated from different food and forage crops. *Journal of Agronomy*. 5: 600-604.
- Pourebrahimi, M., S.M.R. Ehteshami, K. Khavazi, and M. Ramezani. 2013. Evaluate the effect of seed inoculation with *Pseudomonas fuorescens* strain 103 and application of phosphorus on nutrients uptake, chlorophyll content and biological yield of two forage barley cultivars in Fuman. *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)*. 104: 152-159. (In Persian).
- Rahimi, M.M., and A.R. Hashemi. 2016. 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).
- Rashidi, Z., M.J. Zare, F. Rejali, and A. Ashraf mehrabi. 2011. Effect of soil tillage and integrated chemical fertilizer and biofertilizer on quantity and quality and quality and quality wheat and soil biological activity under dry land farming. *Electronic Journal of Crop Production*. 4(2): 189-206. (In Persian).
- Rasipour, L., and N. Aliasgharzad. 2007. Interactive effect of phosphate solubilizing bacteria and *Bradyrhizobium japonicum* on growth, nodule indices and some nutrient uptake of soybean. *Journal of Crop Production and Processing*. 11(40): 53-64. (In Persian).
- Rejali, F., H. Asadi, K. Khavazi, A. Asgharzadeh, and M. Afshari. 2010. The status of biological phosphate fertilizers and the necessity of its development in Iranian agricultural. The 1st Iranian Fertilizer Challenges Congress: Half a Century of the Fertilizer Consumption. 1-3 March, Tehran, Iran. (In Persian).
- Rezapour Kavishahi, T., M.H. Ansari, and M. Mostafavi rad. 2015. Effects of some phosphorus solubilizing bacteria strains on yield and agronomic traits in local bean of Guilan under different phosphate fertilizer rates. *Agricultural Crop Management*. 17(3): 801-814. (In Persian).
- Saberi, H., G.H. Nosenabadi, M. Majidian, and S.M. Ehteshami. 2015. Integrated application of biological and chemical fertilizers on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under Rasht climate conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*. 6(1): 21-31. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

- Sepehr, E., M.J. Malakouti, B. Kholdebarin, A. Samadi, and N. Karimian. 2009. Genotypics variation in P efficiency of selected Iranian cereals in greenhouse experiment. *International Journal of Agronomy and Plant Production*. 3: 17-28.
- Sharma, A., and H. Sharma. 2013. Role of vesicular arbuscular mycorrhiza in the mycoremediation of heavy toxic metals from soil. *International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research*. 2: 418-431.
- Son, T.T.N., C.N. Diep, and T.T.M. Giang. 2006. Effect of *bradyrhizobia* and phosphate solubilizing bacteria application on soybean in rotational system in the Mekong delta. *Omonrice*. 14: 48-57.
- Srivastava, A.K., T. Singh, T.K. Jana, and D.K. Arora. 2011. Induced resistance and control of charcoal rot in *Cicer arietinum* (Chickpea) by *Pseudomonas fluorescence*. *Canadian Journal of Botany*. 7: 787-795.
- Stamford, N.P., C.E.R.S. Santos, S. Silva Junior, M.A. Lira Junior, and M.V.B. Figueiredo. 2008. Effect of rhizobia and rock biofertilizers with Acidithiobacillus on cowpea nodulation and nutrients uptake in a tableland soil. *World Journal of Microbial Biotechnology*. 24: 1857-1865.
- Stefan, M., N. Munteanu, V. Stoleru, M. Mihasan, and L. Hritcu. 2013. Seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria enhances photosynthesis and yield of runner bean (*Phaseolus coccineus* L.). *Scientia Horticulturae*. 151: 22-29.
- Umale, S.M., V.R. Thosar, A.B. Chorey, and A.N. Chimote. 2002. Growth responses of soybean to phosphorus slubilizing bacteria and phosphorus levels. *Journal of Soils and Crops*. 12(2): 258-261.
- Waling, I., W.V. Vark, V.J.G. Houba, and J.J. Vanderlee. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7. Plant analysis procedures. Wageningen Agriculture University, the Netherland. P. 263.
- Yang, J., J.W. Kloepper, and C.M. Ryu. 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends Plant Science*. 14: 1-4.
- Yang, M.M., D.V. Mavrodi, O.V. Mavrodi, R.F. Bonsall, J.A. Parejko, T.C. Paulitz, L.S. Thomashow, H.T. Yang, D.M. Weller, and J.H. Guo. 2011. Biological control of take-all by fluorescent *Pseudomonas* spp. from Chinese wheat fields. *Phytopathology*. 101: 1481-1491.
- Yasari, E., S. Mozafari, O. Ghasemi Chepi, H. Jafarzadeh Zoghalcahli, and E. Shafiee. 2015. Effect of phosphate solubilization bacteria and different levels of mineral phosphorous on growth and seed yield of soybean cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 12(4): 693-703. (In Persian).
- Yazdani, M., M.A. Bahmanyar, A. Pirdashti, and M.A. Esmaili. 2009. Effect of Phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 37: 90-92.
- Zarea, M.J., A. Ghalavand, E. Mohammadi Goltapeh, F. Rejali, and M. Zamaniyan. 2009. Effect of mixed cropping, earthworms (*Pheretimea* sp), and arbascular mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae*) on plant yield, mycorrhizal colonization rate,

www.SID.ir

Archive of SID

soil microbial biomass, and nitrogenase activity of free-living rhizosphere bacteria. *Pedobiol*. 52: 223-235.

- Zarea, M.J., P. Chordia, and A. Varma. 2013. *Piriformospora indica* versus salt stress. In: *Piriformospora indica*, Soil biology. Varma, A., K. Gerhard, and O. Ralf. (eds.). pp 33-56. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Zarinjoob, H., M.J. Zarea, E. Mohammadi Goltapeh, A. Hatami, and M. Porsiabidi. 2011. Effect of the various sources of phosphorus on yield and nutrient uptake of sunflower under two cropping system. *Electronic Journal of Crop Production*. 5(3): 99-114. (In Persian).
- Zhu, H.J., L.F. Sun, Y.F. Zhang, X.L. Zhang, and J.J. Qiao. 2012. Conversion of spent mushroom substrate to bio-fertilizer using a stress-tolerant phosphate solubilizing Pichia farinose FL7. *Bioresource Technology*. 11: 410-416.
- Zubillaga, M.M., J.P. Aristi, and R.S. Lavado. 2006. Effect of phosphorus and nitrogen fertilization on sun flower (*Helianthus annuus* L.) nitrogen uptake and yield. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 188: 267-274.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Phosphorus Bio-fertilizers and Chemical on Element Accumulations, Chlorophyll Content, Seed Yield and Root Growth of Three Local Mung bean (*Vigna radiata* L.) Populations

Maryam Rashidi,[1*], Nosrat ollah Abbasi[2] and Mohammad Reza Zarea[3]

Received: April 2018 , Revised: 01 June 2018, Accepted: 18 July 2018

Abstract

To investigate the effects of chemical and phosphorus bio-fertilizers on element accumulations, chlorophyll content, seed yield and root growth of three local populations of mung bean, a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications was carried out at the Research Farm of Agricultural Faculty of Ilam University, Ilam, Iran, in 2015. The treatments were three local populations of mung bean (Fereydouni, Arteshi, Gotvandi), chemical fertilizer with three levels: (without using fertilizer (P_0), using 75 kg.ha^{-1} of super phosphate (P_{75}) and 150 kg.ha^{-1} of super phosphate (P_{150}) and bio-fertilizer with two levels: without using fertilizer (B_0) and using 100 g.ha^{-1} of barvar-2 phosphate (B_{100}). Result showed that application of bio-fertilizer and chemical phosphorus (75 and 150 kg.ha^{-1} of super phosphate) increased phosphorus, nitrogen, and potassium in seeds and root dry weight of mung bean. Application of bio-fertilizer increased phosphorus and nitrogen contents of three local populations of mung bean. Highest contents of zinc and iron in seed, leaf chlorophyll, number of nodules and root dry weight belonged to Arteshi population. Zinc concentration, chlorophyll and number of nodule in roots increased by using bio-fertilizer. Application of chemical phosphorus (75 and 150 kg.ha^{-1} super phosphate) increased chlorophyll content of leaves and number of nodule in root of mung bean. Application of both bio-fertilizer and chemical phosphorus increased seed yield of Fereydouni, Arteshi, and Gotvandi by 32.33, 64.87 and 81.35 percents, respectively, as compared to that of control. It can be concluded that reduced application of chemical and phosphorus bio-fertilizers improves the yielding ability of mung bean.

Key words: Barvar-2 bio- phosphate, Mung bean, Nitrogen, Variety.

1- M.Sc. of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran.
3- Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran.
* *Corresponding Author: maryam.rashidi.ag93@gmail.com*

www.SID.ir