

اثر مصرف توأم کود زیستی بارور-۲ و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت
(*Zea mays*) رقم سینگل کراس ۷۰۴
Effect of biofertilizer Barvar-2 and chemical phosphorus fertilizer application on
kernel yield and yield components of maize (*Zea mays* cv. SC704)

محمد علی توحیدی نیا^۱، داریوش مظاهری^۲، سید محمد باقر حسینی^۳ و حمید مدنی^۴

چکیده

توحیدی نیا، م. ع.، د. مظاهری، س. م. ب. حسینی و ح. مدنی. ۱۳۹۲. اثر مصرف توأم کود زیستی بارور-۲ و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays*) رقم سینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم زراعی ایران. ۱۵ (۴): ۲۹۵-۳۰۷.

به منظور بررسی اثر مصرف توأم کود زیستی و کود شیمیایی بر عملکرد ذرت (سینگل کراس ۷۰۴) آزمایشی در سال ۱۳۸۸ در مزرعه آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. تیمارها شامل سه سطح کود زیستی از منبع کود تجاری فسفر بارور-۲ [شاهد (بدون مصرف کود)، تلقیح بذر، تلقیح بذر + مصرف سرک] و کود شیمیایی فسفر در چهار سطح [شاهد (بدون مصرف کود)، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار] بودند. نتایج نشان داد که مصرف کود زیستی بر صفات عملکرد دانه، عملکرد زیستی، قطر بلال، وزن دانه در بلال، وزن هزار دانه، تعداد دانه در بلال و شاخص برداشت معنی دار بود. بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار تلقیح بذر + مصرف سرک با مقدار ۱۳۱۳۱ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با تیمار شاهد با مقدار ۱۲۳۴۱ کیلوگرم در هکتار بود. مصرف کود شیمیایی فسفر نیز بر همه صفات یاد شده به جز تعداد دانه در بلال معنی دار بود. بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار ۶۰ کیلوگرم فسفر شیمیایی (۱۲۸۵۵/۸ کیلوگرم در هکتار) بود که تفاوت آن با شاهد (۱۲۶۵۰ کیلوگرم در هکتار) معنی دار بود. اثر متقابل تیمارهای کود شیمیایی فسفر و کود زیستی بر همه صفات گیاهی ذرت به جز تعداد دانه در بلال و قطر بلال و شاخص برداشت معنی دار بود. بیشترین عملکرد دانه در اثر متقابل تیمارهای آزمایشی کود زیستی تلقیح بذر + مصرف سرک و ۶۰ کیلوگرم فسفر شیمیایی با عملکرد ۱۳۳۸۱/۱ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که کود زیستی حاوی ریزجانداران حل کننده فسفر می‌تواند با افزایش جذب فسفر از خاک منجر به افزایش عملکرد دانه ذرت شود.

واژه‌های کلیدی: ذرت، شاخص برداشت، عملکرد دانه، فسفر و کود زیستی.

این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول می‌باشد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۲/۰۴

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: m_tohidinia@yahoo.com)

۲- استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- استادیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۴- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک

مقدمه

به منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح، بیشتر تولیدکنندگان به مصرف کودهای شیمیایی روی آورده‌اند، اما مصرف کودهای شیمیایی در دراز مدت ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها را تخریب کرده و با کاهش نفوذپذیری خاک، گسترش ریشه گیاهان را دچار مشکل ساخته و در نهایت کاهش عملکرد را به دنبال خواهد داشت و این موضوع باعث کاهش کیفیت تولیدات کشاورزی و مشکلات زیست محیطی و آلودگی آب‌های زیرزمینی نیز می‌شود (Wu et al., 2004). در سال‌های اخیر سازمان کشاورزی و خوار و بار جهانی طرح توسعه نظام‌های تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی را برای کشورهای در حال توسعه پیشنهاد نموده است (Griffe et al., 2003). بر اساس تحقیقات انجام شده، تلفیق کودهای شیمیایی به همراه منابع آلی و زیستی نتایج مطلوبی در افزایش بازده تولید محصولات کشاورزی داشته که این موضوع می‌تواند گامی به سوی کشاورزی پایدار باشد (Karla, 2003). اصطلاح کودهای زیستی منحصرأ به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، کود سبز و غیره اطلاق نمی‌شود، بلکه ریزجانداران باکتریایی و قارچی مفید و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها نیز از جمله کودهای زیستی محسوب می‌گردند. این گروه از کودهای زیستی علاوه بر افزایش فراهمی عناصر معدنی خاک، از طریق تثبیت زیستی نیتروژن، مهار عوامل بیماری‌زا و تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه، عملکرد گیاهان زراعی را بهبود می‌بخشند (Sturz and Christie, 2003). کود زیستی (بارور-۲) حاوی باکتری‌های مفید حل‌کننده فسفات است که با اسیدی کردن خاک و ترشح آنزیم‌های فسفاتاز باعث رهاسازی یون فسفات از ترکیبات فسفردار می‌شود که قابل جذب توسط گیاهان است. کود زیستی فسفرعلاوه بر افزایش بازده جذب کود، باعث افزایش قابل ملاحظه عملکرد نیز می‌شود (Saleh Rastin, 2001). به نظر

زوداپ (Zodape, 2001) افزایش عملکرد محصولات در نتیجه استفاده از کودهای زیستی در اثر فراهمی عناصر ریزمغذی و تنظیم‌کننده‌های رشدی است که از این سری کودها حاصل می‌شود. مدنی و همکاران (Madani et al., 2004) تاثیر کود زیستی فسفات بارور-۲ را بر عملکرد و سایر خصوصیات چغندر قند در دو منطقه کرج و اراک بررسی کردند و مشاهده کردند که نه تنها کمیت محصول بلکه کیفیت آن نیز در قالب افزایش معنی‌دار میزان قند ریشه بهبود یافت. نتایج بررسی اثر کود شیمیایی فسفر و باکتری حل‌کننده فسفر بر ذرت دانه‌ای نشان داد که با افزایش مصرف کود فسفر ارتفاع بوته، طول بلال، درصد فسفر و پتاسیم دانه، تعداد دانه در بلال، وزن هزاردانه، عملکرد زیستی و عملکرد دانه در اثر مصرف باکتری‌ها بطور معنی‌داری افزایش یافت. عملکرد دانه با دو بار مصرف باکتری حدود ۱۶ درصد نسبت به عدم مصرف باکتری افزایش یافت و مصرف کود تا ۵۰ درصد کاهش یافت غلامی مهرآبادی و همکاران (Gholami Mehrabadi et al., 2012). قاسمی و همکاران (Ghasemi et al., 2011) نیز گزارش کردند که عملکرد دانه و وزن هزاردانه در ذرت زمانی بالاترین مقدار را داشت که کود زیستی با کود شیمیایی فسفر بصورت تلفیقی مورد استفاده قرار گرفت که این موضوع با نتایج سینگ و کاپور (Singh and Kapoor, 1999) در گندم مطابقت داشت.

غلات به‌ویژه ذرت به‌طور مستقیم و غیرمستقیم عمده‌ترین بخش مواد غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. برنامه‌ریزی در جهت افزایش تولید این محصول راهبردی باید به گونه‌ای باشد که هم مدیریت تغذیه گیاهی در جهت افزایش و پایداری تولید باشد و هم باعث حفظ محیط زیست شود. هدف از انجام این پژوهش، بررسی چگونگی و مقایسه تاثیر کود زیستی از منبع کود زیستی بارور-۲ و کود شیمیایی فسفر و یافتن بهترین سطح کود زیستی و شیمیایی فسفر بر عملکرد

دانه و برخی صفات زراعی ذرت بوده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر کود شیمیایی و کود زیستی فسفر بر عملکرد ذرت، آزمایشی در سال ۱۳۸۸ در مزرعه آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج اجرا شد. این منطقه در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی قرار گرفته است و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱۱۲/۵ متر است. این منطقه از نظر تقسیم بندی اقلیمی جز مناطق نیمه خشک و نیمه سرد می‌باشد که بنا به آمار هواشناسی، میانگین بارندگی آن برابر ۲۵۱ میلی متر، حداقل و حداکثر بارندگی در طی یک دوره ۳۸ ساله به ترتیب ۱۰۸/۲ و ۴۶۹/۹ میلی متر و میانگین دمای هوای آن ۱۴/۱ درجه سانتی گراد گزارش شده است. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول یک ارائه شده است. رقم ذرت مورد استفاده سینگل کراس ۷۰۴ (دیررس، تک بلال و دندان اسبی) بود. این آزمایش بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و با دو عامل کود زیستی فسفر بارور-۲ در سه سطح [شاهد (بدون مصرف کود)، تلقیح بذر، تلقیح بذر + مصرف سرک] و کود شیمیایی فسفر در چهار سطح [شاهد (بدون مصرف کود)، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار] (از منبع سوپرفسفات تریپل) انجام شد. کود زیستی مورد استفاده در آزمایش، کود زیستی تجاری فسفات بارور-۲ بود. این کود حاوی دو باکتری پانتوا آگلومرانس (*Pantoea agglomerans*) سویه P₅ که با تولید اسیدهای آلی باعث رهاسازی فسفات از ترکیبات معدنی می‌شود و باکتری سودوموناس پوتیدا (*Pseudomonas putida*) سویه P₁₃ که با تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز باعث رهاسازی فسفر از ترکیبات آلی آن می‌شود، بود. جمعیت این باکتری‌ها ۱۰^۹ (کلونی زنده باکتری CFU) بر سانتیمتر مکعب می‌باشد.

این دو باکتری در کنار هم با خشتی کردن pH خاک و آزاد سازی فسفات قابل جذب توسط گیاه، باعث افزایش عملکرد گیاهان می‌شوند. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دو دیسک عمود برهم، ایجاد جوی و پشته، ایجاد نه‌رها و کرت بندی بود. کودهای پایه به غیر از فسفر بر اساس نتایج آزمایش خاک، به زمین اضافه شد. پتاس به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (از منبع سولفات پتاسیم) و نیتروژن به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (از منبع اوره) مصرف شدند. نیمی از کود نیتروژن قبل از کاشت و نیم دیگر بصورت سرک در مرحله ۴ برگی مصرف شد. هر کرت شامل ۴ پشته با فاصله ردیف ۷۵ سانتی متر و طول ۶ متر بود و بین سطوح عامل اصلی ۱۵۰ سانتی متر یا دو خط نکاشت و فاصله بین سطوح عامل فرعی ۷۵ سانتی متر یا یک خط نکاشت در نظر گرفته شد. به منظور جلوگیری از اختلاط آب تکرارهای مختلف با هم، نه‌ر زه کش و نه‌ر آبیاری برای هر تکرار بصورت مجزا احداث گردید. تیمار کود شیمیایی فسفر در یک مرحله قبل از کشت بصورت نواری در دو طرف ردیف کشت ذرت اعمال شد. پس از آن تیمار بدون کود زیستی با فاصله ۲۰ سانتی متر روی ردیف، در وسط پشته‌ها کاشته شد و سپس کشت ذرت همراه با کود زیستی بصورت بذرمال انجام گرفت. بذرها ابتدا روی پلاستیک پهن شده و سپس کود زیستی که با مقداری آب مخلوط شده بود، بر روی بذرها پاشیده شد. برای چسبندگی بیشتر کود زیستی به بذر از صمغ عربی استفاده و سپس اقدام به کشت گردید و برای جلوگیری از صدمه باکتری‌ها در اثر خشکی، بلافاصله اقدام به آبیاری مزرعه شد. مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی در کلیه کرت‌ها انجام شد. کود سرک زیستی یک ماه پس از کاشت بصورت مخلوط کردن کود زیستی با آب و ریختن آن در اطراف بوته بوسیله آبپاش انجام شد که در سطح وسیع این کار همراه با آب آبیاری انجام می‌شود. در انتهای فصل رشد پس از

درجه حرارت ۷۵ درجه سانتی گراد خشک و میزان عملکرد دانه بر پایه رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها و تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار SPSS و MSTAT-c و مقایسه میانگین صفات با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

مشاهده علائم رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها (تشکیل لایه سیاه در قاعده دانه‌ها) محصول همه کرت‌ها بطور همزمان بصورت دستی برداشت شد. برداشت نمونه از دو ردیف کاشت میانی پس از حذف حاشیه‌های طرفین در مساحت شش متر مربع انجام شد. نمونه‌ها تا رسیدن به وزن ثابت، در آون با

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of the soil in the experimental site

بافت خاک Soil texture	ماده آلی Organic matter (%)	اسیدیته خاک pH	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)
لومی-رسی Loam- clay	1.1	9	0.1	11	124

مهمی برای جوانه زدن و رشد دانه است و می‌تواند نقش مهمی در اندازه و وزن بذر داشته باشد. احتشامی و همکاران (Ehteshami *et al.*, 2009) در آزمایشی روی ذرت مشاهد کردند که وزن صد دانه در تیمار حاوی ۱۵۰ کیلوگرم کودشیمیایی سوپرفسفات تریپل نسبت به تیمار بدون کود، به طور معنی داری بیشتر بود. مقایسه میانگین اثر کود زیستی بر وزن هزار دانه نشان داد که تیمار تلقیح بذر+ مصرف سرک کود زیستی با وزن هزار دانه ۲۹۴/۷ گرم دارای بیشترین مقدار بود و تیمار شاهد (بدون استفاده از کود زیستی) با میانگین معادل ۲۷۸/۸ گرم، دارای کمترین وزن هزار دانه بود (جدول ۲). حمیدی و همکاران (Hamidi *et al.*, 2006) نشان دادند که استفاده از باکتری حل کننده فسفر با میانگین وزن هزار دانه ۳۵۲/۸ گرم در مقایسه با عدم تلقیح با باکتری (شاهد) با میانگین وزن هزار دانه ۳۴۸/۳ گرم، دارای اختلاف معنی داری بود. با توجه به نقش هورمون‌ها به خصوص سیتوکینین در افزایش ظرفیت مخزن و نقش آن در پر کردن دانه، به نظر می‌رسد که وزن کمتر بذر در تیمارهای عدم تلقیح، به دلیل کاهش میزان این هورمون‌ها باشد (Lohar *et al.*, 2004). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمار کود

نتایج و بحث

تجزیه واریانس نشان دهنده اثر معنی دار تیمارهای کود زیستی و کود شیمیایی فسفر و اثر متقابل این تیمارها بر وزن هزار دانه ذرت بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار فسفر شیمیایی با میانگین وزن هزار دانه ۲۹۰/۵ و ۲۸۸/۹ گرم به ترتیب دارای بیشترین وزن هزار دانه بودند که با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند، ولی با بقیه تیمارها تفاوت معنی داری را نشان دادند و تیمار بدون مصرف کودشیمیایی فسفر با میانگین وزن هزار دانه ۲۸۲/۵ گرم دارای کمترین وزن هزار دانه بود (جدول ۲). زیدان (Zeidan, 2007) نشان داد که افزایش محتوای فسفر خاک از صفر تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار به علت افزایش فسفر محلول نقش بسیار مهمی در جذب عناصری از جمله فسفر، پتاسیم، منیزیم و روی دارد و باعث اختصاص بیشتر مواد غذایی و مواد فتوسنتزی به بذر و در نتیجه بزرگ تر شدن اندازه دانه می‌شود و به نظر می‌رسد که قسمتی از افزایش وزن هزار دانه می‌تواند به همین دلیل باشد. افزایش مقدار فسفر محلول، میزان ذخیره فیتین بذر را افزایش می‌دهد. فیتین منبع اصلی ذخیره فسفر در اکثر دانه‌ها و بذرها و ترکیب

زیستی تلقیح بذر + مصرف سرک و تیمارهای کودشیمیایی ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم فسفر در هکتار با وزن هزاردانه ۳۰۱/۱ و ۲۹۸/۲ گرم، دارای بیشترین مقدار بودند و تیمار بدون کود زیستی و بدون کودشیمیایی (P_0B_0) با ۲۷۸/۲ گرم کمترین مقدار وزن هزاردانه را به خود اختصاص داد (جدول ۲). به نظر می‌رسد که ریشه گیاه ذرت، کودسوپرفسفات تریپل را بوسیله باکتری‌های موجود در کود زیستی در مدت زمان کمی در اختیار می‌گیرد، اما به دلیل نیاز بیشتر فسفر در اوایل رشد گیاه، حضور باکتری‌های فعال و حل‌کننده فسفر در تیمارهای بالای فسفر شیمیایی، با افزایش حلالیت فسفر و عناصر دیگر مورد نیاز گیاه، منجر به تقویت رشد گیاه و افزایش تعداد و وزن دانه شود که این موضوع با نتایج یزدانی و همکاران (Yazdani *et al.*, 2009) و زهیر و همکاران (Zahir *et al.*, 1998) مطابقت داشت. قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al.*, 2011) گزارش کردند که افزایش وزن هزاردانه در ذرت زمانی بالاترین مقدار را داشت که کود زیستی با کود شیمیایی فسفر بصورت تلفیقی مورد استفاده قرار گرفت که علت آن را افزایش فسفر قابل دسترس برای ریشه گیاه در اثر افزایش حلالیت فسفر شیمیایی بوسیله باکتری‌های موجود در کود زیستی اعلام کردند.

اثر کود زیستی و مقادیر مختلف کودشیمیایی در سطح احتمال یک درصد و اثرمتقابل کود زیستی و کودشیمیایی بر صفت وزن دانه در بلال در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. مقایسه میانگین اثر کودشیمیایی فسفر بر وزن دانه در بلال نشان داد که تیمار ۶۰ کیلوگرم و ۴۰ کیلوگرم فسفرشیمیایی با میانگین عملکرد ۱۹۲/۸ و ۱۹۲/۷ گرم به ترتیب دارای بیشترین وزن دانه در بلال بودند و تیمار شاهد (بدون کود) با میانگین ۱۸۹/۷ گرم دارای کمترین مقدار بود (جدول ۲). قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al.*, 2011) در آزمایشی روی عملکرد ذرت، افزایش قابل ملاحظه‌ای در میزان وزن دانه در

بلال با اضافه کردن کود شیمیایی و کود زیستی فسفر گزارش کردند. کاهش تولید بذر در یونجه‌های یکساله بر اثر کاهش میزان فسفر محلول نیز گزارش شده است (Broughton *et al.*, 2003). فسفر در استقرار اولیه گیاه و در فعالیت مریستمی و تقسیم سلولی نقش بسیار مهمی دارد، بنابراین گیاه تحت تیمار با میزان فسفر بیشتر، استقرار اولیه زودتری داشته و با افزایش رشد رویشی و زایشی گیاه، اجزای عملکرد آن نیز افزایش می‌یابد (Rodriguez and Fraga, 1999). مقایسه میانگین وزن دانه در بلال نشان داد که تیمار کود زیستی تلقیح بذر + مصرف سرک با عملکرد ۱۹۶/۹ گرم دارای بیشترین مقدار بود و تیمار شاهد با میانگین عملکرد ۱۸۵/۱ گرم دارای کمترین وزن دانه در بلال بود (جدول ۲). افزایش عملکرد در تیمارهای استفاده از باکتری حل‌کننده فسفر را می‌توان به جذب بیشتر عناصری از جمله فسفر و نیتروژن در این تیمارها نسبت داد (Zidan, 2007). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثرمتقابل تیمار کود زیستی تلقیح بذر + مصرف سرک و تیمار ۶۰ کیلوگرم فسفرشیمیایی (P_3B_2) با وزن دانه در بلال ۲۰۰/۷ گرم دارای بیشترین مقدار بود و تیمار بدون کود زیستی و بدون کودشیمیایی (P_0B_0) با وزن دانه در بلال ۱۸۴/۵ گرم، دارای کمترین مقدار بود (جدول ۲). در آزمایشی تأثیر تلقیح باکتری حل‌کننده فسفات، کودآلی و کود فسفات روی گیاه بادام زمینی در یک خاک آهکی مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که اثر متقابل کود فسفات، کودآلی و تلقیح با باکتری، عملکرد دانه بادام زمینی را افزایش داد (Jana and Chatterjee, 2001). افزایش گسترش ریشه و تثبیت زیستی نیتروژن در ریشه در تیمارهای با میزان فسفر محلول بیشتر که در پاسخ به استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفر می‌باشد، عامل بسیار مهمی برای افزایش رشد اندام‌های هوایی گیاه می‌باشد که از طریق فراهم نمودن عناصری از جمله فسفر، کلسیم، پتاسیم و بخصوص نیتروژن باعث افزایش هرچه بیشتر

اندام‌های هوایی و در نتیجه عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود (Zahir et al., 2003).

اثر کود زیستی محتوی باکتری‌های حل‌کننده فسفر و کود شیمیایی فسفر روی صفت قطر بلال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل کود زیستی و کود شیمیایی بر این صفت معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین صفت قطر بلال نشان داد که مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار فسفر شیمیایی با ۴۵/۳ میلی‌متر دارای بیشترین قطر بلال بود که با تیمار ۴۰ کیلوگرم و ۲۰ کیلوگرم در هکتار فسفر شیمیایی اختلاف معنی‌دار نداشت و تیمار شاهد (بدون کود) با ۴۴/۶ میلی‌متر دارای کمترین قطر بلال بود (جدول ۲). استفاده از کودهای معدنی فسفر از جمله سوپرفسفات تریپل که در آب قابل حل بوده و مورد استفاده قرار گرفته، در صورت مصرف نواری می‌تواند با در اختیار قرار دادن فسفر بیشتر به گیاه به رشد رویشی و زایشی آن کمک کند. انصاری (2004, Ansari) در آزمایشی روی ذرت نشان داد که اندازه قطر بلال در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود فسفر شیمیایی در مقایسه با شاهد (بدون کود) به طور معنی‌داری بیشتر بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار کود زیستی تلقیح بذر + مصرف سرک با قطری برابر ۴۵/۷ میلی‌متر دارای بیشترین قطر بلال بود که با تیمار مصرف کود زیستی تلقیح بذر و تیمار شاهد (بدون کود) تفاوت معنی‌داری داشت. تیمار بدون استفاده از کود زیستی (شاهد) با قطری معادل ۴۴/۴ میلی‌متر دارای کمترین میانگین قطر بلال بود (جدول ۲). از این نتایج می‌توان چنین استنباط کرد که کود زیستی فسفر با افزایش حلالیت فسفر خاک و همچنین قابل دسترس نمودن سایر عناصر معدنی باعث بهبود عملکرد گیاه در استفاده موثر از آنها برای سوخت و ساز گیاهی شده و باعث افزایش قطر بلال شده است. یزدانی و همکاران (2009, Yazdani et al.) در بررسی اثر مصرف سطوح مختلف کودهای باکتریایی در کشت ذرت به این نتیجه رسیدند که مصرف این گونه

کودها راندمان جذب عناصر غذایی خاک بویژه فسفر را افزایش داده و منجر به افزایش اجزای عملکرد از جمله قطر بلال می‌شود که این موضوع با نتایج غلامی مهرآبادی و همکاران (2012, Gholami Mehrabadi et al.) نیز مطابقت دارد.

اثر کود زیستی فسفر روی تعداد دانه در بلال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر تیمار کود شیمیایی و اثر متقابل کود زیستی و کود شیمیایی روی صفت تعداد دانه در بلال معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار کود زیستی تلقیح بذر + مصرف سرک با ۷۵۹/۴ دارای بیشترین تعداد دانه در بلال بود. تیمار بدون استفاده از کود زیستی (شاهد) با تعداد دانه در بلال ۶۳۷/۳ دارای کمترین مقدار بود (جدول ۲). انصاری (2004, Ansari) در آزمایشی نشان داد که استفاده از کود زیستی فسفر باعث افزایش تعداد دانه در بلال نسبت به شاهد شد. با توجه به نقش بسیار مهم هورمون‌های گیاهی از جمله سیتوکینین در زمان تقسیم سلول‌های آندوسپرمی که پتانسیل مخزن برای تولید و وزن دانه بیشتر را تعیین می‌نمایند، به نظر می‌رسد که کاهش هورمون سیتوکینین در تیمارهایی با فسفر کم می‌تواند عامل کاهش نسبت دانه در این تیمارها نسبت به تیمارهای کود زیستی و مقادیر مناسب کود فسفر شیمیایی باشد. لویز (2003, Lopes) گزارش کرد که کمبود دو عنصر نیتروژن و فسفر نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای در کاهش میزان سیتوکینین دارد. با مقایسه تیمارهای کود زیستی و کود شیمیایی می‌توان نتیجه گرفت که تنها فراوانی عناصر غذایی عاملی برای تولید بیشتر نمی‌باشد، بلکه حلالیت عناصر نقش بسیار تعیین‌کننده‌تری ایفا می‌کنند. اثر کود زیستی محتوی باکتری‌های حل‌کننده فسفر و مقادیر کود شیمیایی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل کود زیستی و کود شیمیایی روی صفت عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف ۶۰ کیلوگرم و ۴۰ کیلوگرم در هکتار فسفر

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در تیمارهای کود زیستی بارور-۲ و کود شیمیایی فسفر

Table 2. Mean comparison of kernel yield and yield components of maize (SC 704) in biofertilizer (Barvar-2) and phosphorus chemical fertilizer treatments

Treatments	تیمارهای آزمایشی	وزن هزار دانه 1000 kernel weight (g)	وزن دانه در بلال Weight of kernel.ear ⁻¹ (g)	تعداد دانه در بلال No. Kernel.ear ⁻¹	قطر بلال Ear diameter (mm)	عملکرد دانه Kernel yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد زیستی Biological yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)
Control (P0)	شاهد (بدون کود فسفر)	282.5c	189.7b	690.4a	44.6b	12650.2b	21013.1c	60.1a
20 kg.ha ⁻¹ P (P1)	۲۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	286.3b	190.0b	711.4a	44.9ab	12671.2b	21579.1b	59.4ab
40 kg.ha ⁻¹ P (P2)	۴۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	290.5a	192.7a	710.5a	45.2a	12853.1a	22003.1ab	58.6ab
60 kg.ha ⁻¹ P (P3)	۶۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	288.9a	192.8a	701.8a	45.3a	12855.8a	22345.0a	60.0a
Control(B0)	شاهد (بدون کود زیستی)	278.8c	185.1c	637.3c	44.4c	12341.2c	20534.3c	58.1b
Seed inoculation (B1)	کودزیستی (تلقیح بذر)	287.7b	191.9b	713.9b	44.9b	12800.0b	22090.2b	58.9ab
Seed inoculation+Foliar (B2)	کودزیستی (تلقیح بذر+سرک)	294.7a	196.9a	795.4a	45.7a	13131.6a	22580.7a	59.9ab
P0B0	بدون کود فسفر+بدون کود زیستی	278.2g	184.5f	636.2b	44.3c	12305.4f	20511.3f	59.9ab
P0B1	بدون کود فسفر+تلقیح بذر	283.1ef	191.2cd	689.4ab	44.5c	12746.9cd	21166.8def	59.9ab
P0B2	بدون کود فسفر+تلقیح بذر+سرک	286.2de	193.4cd	754.5a	45.1bc	12898.3cd	21361.3de	61.1a
P1B0	۲۰ کیلوگرم کود فسفر+بدون کود زیستی	278.3g	185.5ef	637.0b	44.4c	12369.8ef	20520.2f	60.0ab
P1B1	۲۰ کیلوگرم کود فسفر+تلقیح بذر	287.4cde	189.5de	728.8a	44.8bc	12639.8de	21844.6cd	58.5ab
P1B2	۲۰ کیلوگرم کود فسفر+تلقیح بذر+سرک	293.4b	195.0bc	768.3a	45.5ab	13004.3bc	22372.4bc	59.7ab
P2B0	۴۰ کیلوگرم کود فسفر+بدون کود زیستی	279.5fg	185.1ef	638.3b	44.5c	12343.1ef	20547.6ef	59.9ab
P2B1	۴۰ کیلوگرم کود فسفر+تلقیح بذر	290.9bc	194.6bc	722.8a	45.0bc	12973.4bc	22594.6bc	56.1b
P2B2	۴۰ کیلوگرم کود فسفر+تلقیح بذر+سرک	301.1a	198.6ab	770.4a	46.1a	13242.8ab	22866.8b	57.1b
P3B0	۶۰ کیلوگرم کود فسفر+بدون کود زیستی	279.10fg	185.1ef	637.8b	44.5c	12346.6ef	20557.9ef	60.0ab
P3B1	۶۰ کیلوگرم کود فسفر+تلقیح بذر	289.4bcd	192.5cd	714.4ab	45.4ab	12839.9cd	22754.6b	58.0ab
P3B2	۶۰ کیلوگرم کود فسفر+تلقیح بذر+سرک	298.2a	200.7a	753.3a	46.1a	13381.1a	23722.4a	57.7ab

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

شیمیایی با میانگین ۱۲۸۵۵/۸ و ۱۲۸۵۳/۱ کیلوگرم در هکتار به ترتیب دارای بیشترین عملکرد دانه بودند که با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند و تیمار بدون مصرف کود شیمیایی فسفر (شاهد) با میانگین ۱۲۶۵۰/۲ کیلوگرم در هکتار، دارای کمترین عملکرد دانه بود که با تیمار ۲۰ کیلوگرم فسفر شیمیایی اختلاف معنی داری نداشت (جدول ۲). استفاده از کودهای معدنی فسفر از جمله سوپرفسفات تریپل که در آب قابل حل می باشد، می تواند با در اختیار قرار دادن فسفر به رشد رویشی و زایشی گیاه کمک کند (Patidar, 2001). انصاری (Ansari, 2004) در آزمایشی روی ذرت نشان داد که عملکرد دانه در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود فسفر شیمیایی در مقایسه با شاهد (بدون کود) به طور معنی داری بیشتر بود. مقایسه میانگین ها نشان داد که تیمار کود زیستی تلقیح بذر + مصرف سرک با ۱۳۱۳۱/۶ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد دانه و تیمار بدون استفاده از کود زیستی (شاهد) با میانگین ۱۲۳۴۱ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را دارا بود (جدول ۲). ایگال و همکاران (Igual et al., 2002) طی آزمایشی گزارش کردند که مصرف باکتری های حل کننده فسفات موجب افزایش حلالیت فسفر غیر محلول و افزایش معنی دار عملکرد دانه در جو و نخود شد. سوبارائو (Subba Rao, 1998) گزارش کرد که تغذیه کافی گیاه با فسفر باعث استحکام بافت های گیاهی و برگ ها شده و در نتیجه ریزش برگ ها به تعویق می افتد و بقای بیشتر برگ ها و حفظ شادابی آن ها در این مرحله از رشد که مصادف با دوره پر شدن دانه ها نیز می باشد، باعث تداوم عمل فتوسنتز شده و نقش بسزایی را در افزایش عملکرد خواهد داشت. باتوجه به این که عملکرد دانه در هکتار تابعی از اجزای عملکرد است و به علت این که اجزای عملکرد دارای تفاوت معنی داری بین مصرف کود زیستی و شاهد و افزایش عملکرد در مقادیر بالای فسفر شیمیایی هستند، این موضوع می تواند علت عملکرد

بیشتر دانه در تیمارهای یاد شده باشد. مقایسه میانگین ها نشان داد که اثر متقابل تیمار کود زیستی تلقیح بذر + مصرف سرک و تیمار ۶۰ کیلوگرم فسفر شیمیایی (P_3B_2) با عملکرد دانه ۱۳۳۸۱/۱ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین مقدار بود و با بقیه تیمارها (به جز تیمار P_2B_2) اختلاف معنی داری داشت و تیمار بدون کود شیمیایی و بدون کود زیستی (P_0B_0) با عملکرد دانه ۱۲۳۰۵/۴ کیلوگرم، دارای کمترین مقدار بود (جدول ۲). بابانا و آنتون (Babana and Antoun, 2006) نشان دادند که از ترکیب باکتری آزاد کننده فسفر و قارچ آسپرژیلوس به همراه فسفات معدنی بیشترین عملکرد دانه گندم بدست آمد که این موضوع با نتایج مدنی و همکاران (Madani et al., 2004) در گیاه چغندر قند مطابقت داشت.

اثر کود زیستی محتوی باکتری های حل کننده فسفر و مقادیر کود شیمیایی و اثر متقابل کود زیستی و کود شیمیایی روی صفت عملکرد زیستی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. مقایسه میانگین ها نشان داد که مصرف ۶۰ کیلوگرم و ۴۰ کیلوگرم در هکتار فسفر شیمیایی با میانگین ۲۲۳۴۵ و ۲۲۰۰۳/۱ کیلوگرم در هکتار در هکتار به ترتیب دارای بیشترین عملکرد زیستی بودند که با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند و تیمار بدون مصرف کود شیمیایی فسفر (شاهد) با میانگین عملکرد ۲۱۰۱۳/۱ کیلوگرم در هکتار دارای کمترین عملکرد زیستی بود (جدول ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که تیمار کود زیستی تلقیح بذر + مصرف سرک با ۲۲۵۸۰/۷ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین و تیمار شاهد با میانگین ۲۰۵۳۴/۳ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد زیستی را دارا بودند (جدول ۲). کومار و سینگ (Kumar and Singh, 2001) نشان دادند که تلقیح بذرهای نخود با باکتری سودوموناس باعث افزایش عملکرد زیستی و ارتفاع بوته گردید. بنابراین به نظر می رسد که افزایش در میزان فسفر محلول، نقش مهمی را در افزایش عملکرد دارد که در

می‌دهند. با توجه به ارتباط مستقیم و مثبتی که بین نیتروژن و فسفر وجود دارد، این باکتری‌ها می‌توانند به جذب بیشتر نیتروژن و فسفر توسط گیاه کمک کنند. با توجه به اثر مثبت نیتروژن و فسفر در عملکرد زیستی و تشکیل گل و دانه بندی، می‌توان نتیجه گرفت که تأمین فسفر کافی برای ذرت یکی از راهکارهای افزایش عملکرد زیستی محسوب شده و دلیل دیگر را می‌توان به نقش بسیار مهم فسفر در تأمین انرژی در ساختار ATP دانست، زیرا برای تثبیت نیتروژن انرژی فراوانی مورد نیاز گیاه است (Olivera *et al.*, 2002) این موضوع با نتایج زیدان (Zeidan, 2007) نیز مطابقت دارد.

اثر کود زیستی فسفر روی شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد و اثر تیمار کود شیمیایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل کود زیستی و کود شیمیایی روی صفت شاخص برداشت معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عدم مصرف کود شیمیایی و مصرف ۲۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار فسفر شیمیایی با میانگین ۶۰/۳ و ۵۹/۴ و ۵۸/۶ درصد به ترتیب دارای بیشترین شاخص برداشت بودند که البته با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند و تیمار مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر با میانگین ۵۷/۷ درصد دارای کمترین شاخص برداشت بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار شاهد و تیمار کود زیستی تلقیح بذر + مصرف سرک با ۶۰/۱ و ۵۸/۹۴ درصد دارای بیشترین و تیمار کود زیستی تلقیح بذر با ۵۸/۱۷ درصد کمترین شاخص برداشت را دارا بودند که با تیمار کود زیستی تلقیح بذر + مصرف سرک تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). همان طور که در صفات عملکرد زیستی و عملکرد اقتصادی مشاهده شد، افزایش جذب فسفر گیاه چه به صورت جذب از منبع شیمیایی و چه از منبع زیستی، باعث افزایش عملکرد معنی‌دار صفات فوق در مقایسه با تیمار شاهد شد، ولی شاخص برداشت در تیمار شاهد اندکی بالاتر از تیمار کودهای فسفر زیستی و شیمیایی

این میان کود زیستی در تلفیق با میزان مناسب کود فسفر شیمیایی، مهم‌ترین نقش را در رابطه با در دسترس قرار دادن فسفر بیشتر با توجه به محدودیت زمین آزمایش در بالا بودن pH خاک و رسوب سریع فسفر ایفا کرده است. این موضوع که با نتایج اکووا و همکاران (Ochoa *et al.*, 2006) مطابقت می‌کند. هج و همکاران (Hegde *et al.*, 1999) در آزمایشی اثر کود زیستی فسفر را در ذرت مورد مطالعه قرار دادند و مشاهده کردند که مصرف کود زیستی موجب افزایش عملکرد زیستی در ذرت شد که این اثر را به افزایش جذب عناصر غذایی و در نتیجه رشد بهتر گیاه نسبت دادند. در شرایط کمبود فسفر در سطوح پایین فسفر محلول، افزایش فعالیت هورمون‌هایی مانند اتیلن باعث ممانعت از رشد و توسعه اندام‌های هوایی گیاه می‌شود و در شرایط کمبود فسفر فعالیت هورمون‌هایی مانند سیتوکینین که نقش حیاتی در تقسیم و توسعه سلولی در مناطق مریستمی دارند نیز کاهش می‌یابد، ولی در شرایط فراهمی فسفر، فعالیت این هورمون‌ها افزایش یافته و موجب رشد اندام‌های گیاهی و تقویت رشد اندام‌های زایشی و در نتیجه عملکرد زیستی مطلوب را فراهم می‌کند (Lopes, 2003). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمار کود زیستی تلقیح بذر + مصرف سرک و تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار فسفر شیمیایی (P_3B_2) با عملکرد ۲۳۷۲۲/۴ کیلوگرم در هکتار، دارای بیشترین مقدار بود و تیمار بدون کود شیمیایی و کود زیستی (P_0B_0) با عملکرد زیستی ۲۰۵۱۱/۳ کیلوگرم در هکتار دارای کمترین مقدار عملکرد زیستی بود (جدول ۲). یزدانی و همکاران (Yazdani *et al.*, 2009) نشان دادند که بالاترین عملکرد زیستی ذرت با مصرف همزمان باکتری‌های محرک رشد و حل‌کننده فسفات به عنوان مکمل کودهای شیمیایی فسفر بدست آمد. نتایج تحقیقات نشان داده است که باکتری‌های حل‌کننده، در حضور فسفر شیمیایی بالا، فسفر بیشتری را در اختیار گیاه قرار

زیستی و شیمیایی عناصر غذایی در ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ برتری قابل توجهی را نسبت به مصرف جداگانه آن‌ها دارا بود. با توجه به نتایج آزمایش، به نظر می‌رسد که مصرف کودهای زیستی در خاک‌های فقیر به تنهایی نمی‌تواند عملکرد گیاه را به حداکثر مقدار آن برساند، از این رو برای بدست آوردن عملکرد مطلوب، کاربرد تلفیقی کودهای زیستی همراه با کودهای شیمیایی لازم به نظر می‌رسد. درک جزئیات اثر مصرف تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی و شناسایی سطوح مناسب اختلاط این منابع غذایی با هدف افزایش کارایی مصرف آن‌ها و بهبود عملکرد، نیازمند پژوهش‌های تکمیلی است.

بود. بر اساس این مشاهدات می‌توان این طور استنباط کرد که جذب فسفر توسط گیاه با وجود این که علاوه بر عملکرد اقتصادی بر عملکرد زیستی نیز تأثیر مثبت دارد، ولی تأثیر آن بر افزایش شاخصاره و برگ‌ها بیشتر از تأثیر آن بر عملکرد دانه است و این تأثیر بیشتر باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود. احتشامی و همکاران (Ehteshami *et al.*, 2009) نیز طی آزمایشی مربوط به بررسی اثر آبیاری و منابع و مقادیر مصرف فسفر بر ذرت گزارش کردند که کود فسفر شیمیایی و زیستی بر صفت شاخص برداشت تأثیر معنی‌داری نداشت. نتایج کلی پژوهش حاضر نشان داد که در غالب صفات گیاهی مورد بررسی، مدیریت تلفیقی منابع

References

منابع مورد استفاده

- Ansari, M. 2004. Effect of biological fertilizer on corn yield in different climates. Report of monitoring and Support Unit of Green Biotech Company. Jahade- e- Daneshgahi Tehran (In Persian).
- Babana, A. H. and H. Antoun. 2006. Effect of Tilemsi phosphate rock solubilizing microorganisms on phosphorus uptake and yield of field grown wheat (*Triticum aestivum* L.) in Mail. Plant Soil . 287(1-2):51-58.
- Broughton, W., J. G. Hernandez, M. Blair, S. Beebe, P. Gepts and J. Vanderleyden. 2003. Bean (*phaseolusspp*): model food legumes. Plant Soil 252: 55-128.
- Ehteshami, M., M. Aghaalikhani, M. Chaechi and K. Khavazi. 2009. Effects of phosphate biological fertilizer on quantitative and qualitative properties of maize under water stress. J. Agric Sci. 40: 15-26. (In Persian with English abstract).
- Ghasemi, S., K. Siavoshi, R. Choukan, and K. Khavazi. 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. J. 27-2 (2): 219-233. (In Persian with English abstract).
- Gholami Mehrabadi, A. H. Madani and M. A. Malboobi. 2012. Response of maize hybrids to biological and chemical phosphorus fertilizer sources in Arak climate. 12th Iranian Crop Science Congress. 4-6 Sep. Karaj. Iran.
- Griffe, P., S. Metha and D. Shankar. 2003. Organic production of medicinal, aromatic and dye yielding plants (MADPs): forward, preface and introduction. Food and Agriculture Organization. 2: 52-63.
- Hamidi, A., E. Ghalavand, M. Dehghanshoar, M. Malakooti, R. Chogan and E. Asgharzadeh. 2006. The effect of plant growth-promoting bacteria on maize yield and some its features. J. Agric. Sci. 3: 37- 50. (In Persian with English abstract).

- Hegde, D., M. Dwived and B. S. Sudhakara. 1999.** Biofertilizers for cereal production in India-A review. Indian J. Agric. Sci. 69: 73-83.
- Igual, J. M. and C. Rodriguez-Barrueco. 2002.** Phosphate solubilizing bacteria as inoculants for agriculture. In: The proceeding of the First International Meeting on Microbial Pospbate Solubilizing, 16-19 July, Salamanca, Spain.
- Jana, B. B. and J. Chatterjee. 2001.** Responses of phosphate solubilizing bacteria to qualitatively different fertilization in simulated and natural fish ponds. Agric. Int. 9: 17-34.
- Karla, A. 2003.** Organic cultivation of medicinal and aromatic plants. A hope for sustainability and quality enhancement. J. Organic Prod. Medicinal Aromatic Dye Yielding Plants (MADPS). FAO.
- Kumar, V. and K. P. Singh. 2001.** Enriching vermicompost by nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria. Bioresour. Technol. 76(2): 173-175.
- Lohar, D. P., J. E. Schaff, J. G. Laskey, J. J. Kieber, K. D. Bilyeu and D. M. Bird. 2004.** Cytokinins play opposite roles in lateral root formation, and nematode and rhizobial symbioses. Plant J. 38 (2): 203-214.
- Lopes, A. S. 2003.** Soils under Cerrado: A success story in soil management In: IFA278 references (Eds.) IFA-PPI Regional Conference for Latin America and the Caribbean. International Fertilizer Industry Association, Paris, pp.1-10.
- Madani, H., M. H. Malboubi, H. Noshad and J. Gohari. 2004.** The effect of Barvar-2 Biological fertilizer on yield and other agronomic properties sugar beet (cv. IC1) 3th National Congress of Developing Biological Material and Optimum use of Fertilizer and Pesticide in Agriculture. 21-23 February. Karaj, Iran. (In Persian).
- Ochoa, I. E., M. Blair and J. P. Lynch. 2006.** QTL analysis of advantitious root formation in common bean under contrasting phosphorus availability. Crop Sci. 46: 1609-1621.
- Olivera, M., C. Iribane and C. Liuck 2002.** Effect of phosphorus on nodulacion and N₂ Pixation by bean (*Phaseolus vulgaris*) proceedings of the 15th International Meeting on Microbia Phosphate Solubilization. 16-19 July, Salamanca, Spain.
- Patidar, M. 2001.** Integrated nutrient management in sorghum (*Sorghum bicolor*) and its residual effect on wheat (*Triticum aestivum*). Indian J. Agric. Sci. 71: 587-590.
- Rodriguez, H. and R. Fraga. 1999.** Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnol. Adv. 17: 319-339.
- Saleh Rastin, N. 2001.** Biofertilizer and their role in order to achieve sustainable agriculture. J. Soil Water. Special Issue on Biofertilizer. 12: 258-270. (In Persian with English abstract).
- Sharma, R. R. and R. R. Sharma. 2002.** Growing Strawberries. International Book Distributing Company. Indian Agriculture Research Institute. New Delhi, 2-100.
- Singh, S. and K. K. Kapoor. 1999.** Inoculation with PSM and a VAM fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. Biol. Fertil. Soils. 28: 139-144.

- Sturz, A. and B. Christie. 2003.** Beneficial microbial allelopathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. *Soil Til. Res.* 69: 353-364.
- SubbaRoa, W. S. 1998.** Phosphate solubilizing microorganisms In: *Biofertilizer in Agriculture*. *J. Agric. Sci.* 57: 133-142.
- Wu, S. C., Z. H. Cao, Z. G. Li, K.C. Cheung and M. H. Wong. 2004.** Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth. *Geoderma* 125: 155-166.
- Yazdani, M., M .A. Bahmanyar, H. Pirdashti and M. A. Esmaili. 2009.** Effect of phosphate solubilization microorganisms and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of corn. *Int. J. Biol. Life Sci.* 1: 2-8.
- Zahir, Z. A., M. Akram, M. Arshad and A. Khalid. 1998.** Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. *Pak. J. Soil Sci.* 15: 7-11.
- Zeidan, M. S. 2007.** Effect of organic manure and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of lentil plants in sandy soil. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 3(6): 748-752.
- Zodape, S. T. 2001.** Sea weeds as a biofertilizer. *J. Sci. India Res.* 60: 378-382.

Effect of biofertilizer Barvar-2 and chemical phosphorus fertilizer application on kernel yield and yield components of maize (*Zea mays* cv. SC704)

Tohidinia, M. A.¹, D. Mazaheri², S. M. Bagher- Hosseini³ and H. Madani⁴

ABSTRACT

Tohidinia, M. A., D. Mazaheri, S. M. Bagher-Hosseini and H. Madani. 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).

To study the effect of biological phosphorous fertilizer and different quantities of chemical phosphorous fertilizer on kernel yield of maize cv. SC704 a field experiment was conducted in agricultural research farm of University of Tehran in Karaj, Iran, in 2009. Treatments were arranged as split plot in randomized complete block design with four replications. Experimental treatments included: three levels of biological phosphorous fertilizer; Barvar-2 (control, seed inoculation, seed inoculation + foliar application) and four levels of chemical phosphorous fertilizer (control, 20, 40, 60 kg.ha⁻¹ of super phosphate triple). Results showed that the effect of biofertilizer was significant on kernel yield, number of kernel.ear⁻¹, 1000 kernel weight, weight of kernel.ear⁻¹, biological yield, harvest index and ear diameter. The highest kernel yield (13131 kg.ha⁻¹) belonged to seed inoculation + foliar application of biological phosphorous fertilizer. Results also showed that chemical phosphorous fertilizer had significant effect on all traits except the number of number of kernel.ear⁻¹. The highest kernel yield (12855.8 kg.ha⁻¹) was obtained in 60 kg.ha⁻¹ of chemical phosphorous fertilizer. Furthermore, the interaction effect of treatments showed that the application of biological and chemical phosphorous fertilizers was significant on all traits except the number of kernel.ear⁻¹, ear diameter and harvest index. The highest grain yield was obtained from seed inoculation + foliar application with biological phosphorous and 60 kg.ha⁻¹ chemical phosphorous fertilizers. Results of this experiment showed that the biological phosphorous fertilizer contains microorganisms which could solve phosphorous in the soil, promoted growth and uptake of phosphorous by maize plant and increased grain yield.

Keywords: Biological fertilizer, Harvest index, Kernel yield, Maize and Phosphorous.

Received: November, 2102 **Accepted:** April, 2013

1- Former M.Sc Student, Agriculture and Natural Resources Campus, Tehran University, Karaj, Iran (Corresponding author) (Email: m_tohidinia@yahoo.com)

2- Professor, Agriculture and Natural Resources Campus, Tehran University, Karaj, Iran

3- Assistant Prof., Agriculture and Natural Resources Campus, Tehran University, Karaj, Iran

4- Assistant Prof., Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran