

اثر کود زیستی فسفات بر عملکرد دانه و اجزای آن در ذرت (*Zea mays L.*) سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط تنش کم آبی

Effect of Biofertilizer Phosphate on Grain Yield and Its Components of Maize (*Zea mays L.*) cv. KSC704 under Water Deficit Stress Conditions

ثریا قاسمی^۱، کاظم سیاوشی^۲، رجب چوکان^۳، کاظم خاوازی^۴
و عطیه رحمانی^۵

۱- پژوهشگر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، ایلام
۲- دانشیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج
۳- استادیار، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج
۴- کارشناس، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۹/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۴/۳۰

چکیده

قاسمی، ث.، سیاوشی، ک.، چوکان، ر.، خاوازی، ک. و رحمانی، ع. ۱۳۹۰. اثر کود زیستی فسفات بر عملکرد دانه و اجزای آن در ذرت (*Zea mays L.*) سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط تنش کم آبی. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۲۷ (۲): ۲۱۹-۲۳۳.

به منظور بررسی اثر کود زیستی فسفات گرانوله بر برخی صفات ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط تنش کم آبی در منطقه مهران، آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام در فصل‌های زراعی ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل زمان‌های آبیاری در سه سطح: آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر جمعی از سطح تشتک کلاس A و کود زیستی فسفردار در دو سطح عدم استفاده از کود زیستی فسفردار، استفاده از کود زیستی فسفردار و کود شیمیایی در سه سطح، عدم استفاده از کود شیمیایی فسفردار، مصرف ۴۵ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و ۹۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 بودند. نتایج نشان داد که مصرف کود زیستی فسفات گرانوله در شرایط تنش کم آبی (۱۰۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک) به طور معنی‌داری عملکرد دانه، اجزای عملکرد و شاخص برداشت را افزایش داد. بیشترین عملکرد دانه (۹۰۹۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری بهینه و مصرف کود زیستی و کود شیمیایی بمقدار ۴۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. در شرایط تنش کم آبی ملایم نیز بیشترین عملکرد دانه (۸۰۹۸ کیلوگرم در هکتار) از همین تیمار کودی حاصل شد. بالاترین وزن هزار دانه (۳۵۶/۶ گرم) مربوط به تیمار مصرف ۴۵ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 همراه با کود زیستی فسفات و شرایط آبیاری بهینه به دست آمد که با مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و مصرف کود زیستی فسفات و بدون مصرف کود شیمیایی و شرایط آبیاری بهینه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. بیشترین عملکرد دانه، تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد ردیف در بلال در تیمار مصرف ۴۵ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 همراه با کود زیستی فسفات و شرایط آبیاری بهینه به دست آمد که با مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف کودهای زیستی حل‌کننده فسفات منجر به افزایش تحمل گیاه ذرت در شرایط تنش کم آبی و کاهش مصرف کودهای شیمیایی شد.

واژه‌های کلیدی: ذرت، کود زیستی فسفات، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و تنش کم آبی.

مقدمه

فسفر از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه بوده و در تشکیل بذر نقش اساسی دارد و به مقدار زیاد در میوه و بذر یافت می‌شود. با وجود این، متأسفانه مصرف غیر اصولی و بی‌رویه کودهای شیمیایی فسفردار تأثیر زیان‌باری بر جامعه کشاورزی تحمیل نموده است (Karimian, 2000). تحقیقات نشان می‌دهد که افزایش مصرف کودهای شیمیایی فسفردار طی سال‌های اخیر نه تنها عملکرد محصولات زراعی راچندان افزایش نداده است (اصولاً فسفر این کودها به فرم قابل استفاده برای گیاه می‌باشد، اما در خاک به دلیل انجام واکنش‌های شیمیایی مثل تبدیل به فرم‌های آلی و حتی آبشویی کود، به فرم‌های با قابلیت دسترسی کم تبدیل می‌شود که برای گیاه قابل استفاده نیست) بلکه در نتیجه بر هم زدن تعادل عناصر غذایی کاهش محصول را نیز به دنبال داشته است (Karimi, 2007). از طرفی خشکی روند رشد و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. خشکی نه تنها باعث تقلیل رشد و کم شدن وزن گیاه می‌گردد بلکه رشد قسمت‌های مختلف گیاه را تغییر می‌دهد و نسبت بین ریشه و قسمت هوایی افزایش می‌یابد. برگ‌ها کوچکتر و ضخامت آن‌ها افزایش پیدا می‌کند (Stocker, 1960). همچنین تنش کم آبی توازن بین مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه را بر هم می‌زند، به طوری که باعث کاهش میزان اکسین، جیبرلین و کیتین و سبب افزایش اسید

آبسزیک و اتیلن می‌گردد. تنش کم آبی بر روند جذب و مصرف عناصر غذایی نیز تأثیر می‌گذارد (Heydari Sharifbad, 2001). کودهای زیستی فسفردار حاوی باکتری‌ها و قارچ‌های مفید حل‌کننده فسفات هستند که معمولاً با اسیدی کردن خاک و یا ترشح آنزیم‌های فسفاتاز باعث رهاسازی یون فسفات از ترکیب‌های آن می‌شوند که قابل جذب توسط گیاهان است (Rao and Mendal, 1991). تأثیر کودهای بیولوژیک در افزایش جذب عناصر غذایی و مقاومت به خشکی در شرایط مزرعه‌ای توسط سیلویا و همکاران (Sylvia et al., 1993) در ذرت مورد مطالعه قرار گرفت. آنها نتیجه گرفتند که در تیمارهای تلقیح شده، غلظت عناصر فسفر و مس در اندام هوایی گیاه و دانه افزایش یافت و همچنین پاسخ ذرت به تلقیح با گونه *Glomus etunicatum* در شرایط تنش کم آبی مثبت بود. اثر *Glomus intraradices* در افزایش جذب عناصر غذایی در ذرت تحت شرایط تنش کم آبی توسط سوبرامانیان و چارست (Subramanian and Charest, 1999) مورد بررسی قرار گرفت. آنها مشاهده کردند که تحت شرایط تنش کم آبی در تیمارهای تلقیح شده با قارچ مقدار عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منگنز و روی در دانه‌های ذرت افزایش معنی‌داری نشان داد. همچنین گزارش شده است که همزیستی میکوریزائی از طریق تعادل کربن در گیاه نیز می‌تواند روابط آبی گیاه میزبان و

گره در گیاه و عملکرد بذر شد. نتایج این آزمایش نشان داد که عملکرد دانه و جذب فسفر به طور معنی داری در تیمارهای شامل میکروارگانیزم های حل کننده فسفات نسبت به شاهد افزایش یافت. محققان دیگر نیز گزارش کرده اند که مصرف توأم میکروارگانیزم ها و کود فسفات عملکرد گیاهان زراعی را در خاک های فقیر از عناصر غذایی بهبود می بخشد (Singh and Kapoor, 1999).

گئونادی و همکاران (Goenadi, 1998) گزارش کردند استفاده از کودهای زیستی همراه با ۵۰ تا ۷۵ درصد کود شیمیایی تولید و عملکردی شبیه به عملکرد و تولیدی بود که از مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بدست آمد. غلات، به ویژه ذرت، بیشترین نیاز را به کودهای شیمیایی دارند. بنابراین استفاده از فرآورده های زیستی برای تغذیه غلات یکی از راه حل های اساسی و مفید جهت افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول برای تأمین امنیت غذایی، پایداری در تولید و ارتقاء سطح سلامت جامعه با تولید محصولات کشاورزی عاری از هر گونه سموم شیمیایی به نظر می رسد (Karimian, 2000).

این تحقیق با هدف بررسی امکان بهره گیری از کود زیستی فسفات به عنوان یک منبع کودی و مقایسه اثر آن بر برخی خصوصیات ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط تنش کم آبی در منطقه مهران اجرا شد.

هدایت روزنه ای آن را تحت تأثیر قرار دهد (Douds et al., 2000). توحیدی مقدم و همکاران (Tohidi Moghadam et al., 2004) نتیجه گرفتند که استفاده از باکتری های حل کننده فسفات باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد سویا در مقایسه با کودهای شیمیایی می شود. با مصرف کود زیستی فسفات به جای کودهای شیمیایی فسفات در سطح ۷ استان گندم خیز کشور، مشخص شد که کود زیستی فسفات به راحتی قابل رقابت با کودهای شیمیایی فسفات بود و در ضمن به طور متوسط در سطح ۷ استان، افزایش عملکرد دانه نسبت به کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل، ۵۷۶ کیلوگرم بوده است (Karimian, 2000). نتایج آزمایش های جات و شاکتوات (Jat and Shaktawat, 2003) نشان داد که نتایج حاصل از مصرف کود زیستی فسفات در مقایسه با کودهای سوپر فسفات تریپل در ذرت، سویا و گندم مؤید تأثیر رضایت بخش این کود بود، به طوری که مشخص گردیده است که کود بیولوژیک فسفات باعث افزایش قابل ملاحظه عملکرد می گردد. نتایج تحقیق تانوار و همکاران (Tanwar et al., 2002) با استفاده از تیمارهای مختلف کود فسفردار و باکتری هایی از جنس ریزوبیوم و باسیلوس در ماش نشان داد که اثر متقابل بین میزان فسفر و کودهای زیستی معنی دار بود. همچنین تلقیح با هر دو مایه تلقیح علاوه بر کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفردار باعث بالاترین تعداد

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر کود زیستی فسفات‌دار گرانوله بر برخی صفات ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط کم‌آبی، آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان مهران واقع در ۱۰ کیلومتر ۱۰ جاده مهران-دهلران در فصل‌های زراعی ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ اجرا گردید. این آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی شامل: I₁: آبیاری پس از ۷۰ میلیمتر تبخیر تجمعی از سطح تشتک کلاس A، I₂ I₃ به ترتیب آبیاری پس از ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از سطح تشتک کلاس A و کرت‌های فرعی: کود زیستی فسفردار در دو سطح B₀: عدم استفاده از کود زیستی فسفردار و B₁: استفاده از کود زیستی فسفردار و کود شیمیایی فسفردار در سه سطح P₀: عدم مصرف کود شیمیایی فسفردار، P₁ و P₂ به ترتیب مصرف ۴۵ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفردار (میزان مصرف بر حسب P₂O₅) بصورت فاکتوریل بودند. قبل از اجرای آزمایش نمونه‌برداری از خاک به منظور تعیین میزان فسفر قابل جذب اولیه صورت گرفت و قطعه‌ای انتخاب شد که میزان فسفر قابل جذب آن کمتر از ۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. به منظور آماده‌سازی زمین ابتدا به عمق ۲۵-۳۰ سانتی‌متر شخم انجام شد، سپس از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک محل اجرای آزمایش، نمونه‌گیری مرکب به عمل آمد و میزان عناصر

غذایی پر مصرف و ریزمغذی خاک اندازه‌گیری شد. هر کرت آزمایشی شامل ۶ ردیف کاشت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر و طول ۷ متر بود. بین هر دو تیمار دو ردیف و بین دو کرت اصلی سه ردیف به صورت نکاشت بود و فاصله بین دو تکرار ۵ متر بود. بذرها و کود زیستی فسفات (گرانوله)، در عمق ۳-۵ سانتی‌متری قرار داده شدند. لازم به ذکر است که کود زیستی فسفات شامل: خاک فسفات (۵۰ درصد)، گوگرد (۱۵ درصد)، مواد آلی (۲۰ درصد)، سولفات روی (۵ درصد)، بنتونیت (حداکثر ۱۰ درصد) و جمعیت نهایی باکتریهای حل‌کننده فسفات ۱۰^۵ عدد در هر گرم کود که شامل باکتری‌های *Pseudomonas fluorescens strain 93* و *Bacillus lentus strain PS5* و *Penicillium radicum* و دانه‌بندی ۹۰ درصد ذرات بین ۲-۴ میلی‌متر بود. این کود گرانوله توسط موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه و طبق دستورالعمل تهیه شده از طرف آن موسسه، همزمان با کاشت و به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (۳۱۵ گرم در هر کرت) مورد استفاده قرار گرفت. بدین صورت که با توجه به عمق قرارگیری بذر، گرانوله‌های کود در پایین‌تر از محل قرارگیری بذر قرار داده شد. زمان اعمال تیمارهای آبیاری، بر اساس میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A مشخص شد. اندازه‌گیری‌ها برای بررسی خصوصیات مورد نظر از دو خط کناری هر کرت آزمایشی

دانه در تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر
تجمعی از سطح تشتک کلاس A با میانگین
۸۶۸۷/۵ کیلوگرم در هکتار و پس از آن تیمار
آبیاری پس از ۱۰۰ میلی متر تبخیر از سطح
تشتک در رتبه دوم قرار گرفت (جدول ۲). در
آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر، بیشترین
عملکرد دانه مربوط به تیمارهای مصرف ۴۵ و
۹۰ کیلوگرم کود شیمیایی فسفردار به همراه
مصرف کود زیستی بود. از طرفی بین تیمارهای
مصرف ۴۵ و ۹۰ کیلوگرم کود شیمیایی فسفردار
به همراه مصرف کود زیستی و بدون مصرف
تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۲). در
سطوح تنش کم آبی ملایم و شدید تیمار تلفیق
کود زیستی و مصرف ۴۵ کیلوگرم کود
شیمیایی از عملکرد بالاتری نسبت به تیمارهای
کاربرد تنها کودهای شیمیایی و زیستی داشت.
قابل حل شدن فسفاتهای غیر قابل حل توسط
میکروارگانیزمها از طریق تولید اسیدهای آلی،
کلات کردن اگزواسیدها از قندها و تبادل
واکنشهایی در محیط رشد ریشه، از
دیگر سازوکار این میکروارگانیزمها
در افزایش جذب عناصر غذایی و در
نتیجه افزایش عملکرد گیاهان زراعی است
(Zaidi et al., 2004). علاوه بر قابل دسترس
شدن فسفر برای گیاه از طریق این
میکروارگانیزمها، ممکن است مواد
افزایش دهنده رشد از جمله اکسین، جبرلین و
سیتوکنین ترشح کنند که در
افزایش رشد ریشه و گیاه مؤثر می باشند

(خطهای شماره ۶ و ۱) به عنوان حاشیه در نظر
گرفته شدند. برای اندازه گیری خصوصیات
موردنظر: ارتفاع گیاه از سطح خاک تا انتهای
شاخه فرعی اندام جنسی نر اندازه گیری شد، قطر
ساقه در میانگرمه دوم به وسیله کولیس
اندازه گیری شد، برای اجزاء عملکرد دانه در
زمان رسیدگی فیزیولوژیک دانه از دو خط
وسط هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته انتخاب و پس
از جدا کردن بلال اجزاء عملکرد دانه در آنها
شمارش شد. شایان ذکر است که وزن صد دانه
بر اساس رطوبت ۱۴ درصد تعیین گردید. برای
عملکرد بیولوژیک، در زمان رسیدگی
فیزیولوژیک دانه از دو خط وسط هر کرت
آزمایشی ۱۰ بوته انتخاب و در داخل آون در
دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت
خشک شدند و سپس وزن خشک آنها تعیین
گردید. پس از محاسبه عملکرد اقتصادی و
عملکرد بیولوژیک و تقسیم آنها بر یکدیگر،
شاخص برداشت به دست آمد. تجزیه واریانس
دادهها با استفاده از نرم افزارهای SAS و
MSTAT-C انجام شد. مقایسه میانگینها با
استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح
احتمال ۵ درصد بعمل آمد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب دادهها نشان داد اثر
سال، دور آبیاری، کود زیستی و کود شیمیایی بر
اکثر خصوصیات در سطوح احتمال یک یا پنج
درصد معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد

جدول ۱ - خلاصه تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد و اجزاء عملکرد دانه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در سالهای زراعی ۱۳۸۷-۱۳۸۸

Table 1. Summary of combined analysis of variance for grain yield and yield components of maize cv. KSC704 in 2007-2009 cropping seasons

S.O.V.	منابع تغییرات	df.	ارتفاع بوته Plant height	شاخص برداشت HI	قطر ساقه Stem diameter	تعداد ردیف دانه در پلاک Row cob ¹	تعداد دانه در ردیف Grain row ¹	وزن هزاردانه 1000 Grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
Year (Y)	سال	1	2098.1060**	15.6846*	2.5573**	0.0370**	273.9259**	2376.7844**	2309640.6160**	12452968.9140**
Irrigation (I)	دور آبیاری	2	5530.3710**	662.3361*	0.3072**	8.1111**	424.7314**	24925.0493**	24266527.0330**	21244769.2390**
A × Y	سال × آبیاری	2	9.0100**	0.2678**	0.0002**	1.0370**	3.1759**	50.9650**	3285.2800**	21308.5296**
Error (a)	خطا (الف)	4	4.7685	0.0925	0.0006	1.8796	5.8009	809.7685	785010.0000	758170.0000
Biofertilizer (B)	کود زیستی	1	10879.7460**	1064.7112**	8.7210**	334.2592**	25330.7030**	505139.4824**	491802920.7100**	1242204931.0000**
I × B	آبیاری × کود زیستی	2	4274.6510**	198.2872**	0.0841**	0.7037**	281.9537*	631.8698**	615164.2780**	15330506.6480**
Y × B	سال × کود زیستی	1	17.7790**	0.4256	0.0087**	1.3333**	0.9259**	1032.9259**	66598.0330**	1245933.0720**
Y × I × B	سال × آبیاری × کود زیستی	2	6.9790**	0.0801**	0.0000**	1.4444**	1.8425**	1.2856**	83.37500**	15376.5160**
Chemical fertilizer (C)	کود شیمیایی	2	3974.9810**	78.5382**	5.4269 ^{ns}	112.5270**	1826.6759**	38990.8158**	37961137.3000**	202013492.6600**
Y × C	سال × کود شیمیایی	2	6.4570**	0.0306**	0.0048**	0.6203**	5.1203**	79.6512**	5141.6234**	202619.7820**
I × C	آبیاری × کود شیمیایی	4	1828.3060**	55.1874 ^{ns}	0.1416**	7.3888 ^{ns}	244.4253 ^{ns}	7908.7531**	7699587.8890 ^{ns}	23033715.1180*
Y × I × C	سال × آبیاری × کود شیمیایی	4	2.9870**	0.0230**	0.0001**	1.1203**	1.2037**	16.1799**	1042.4620**	23102.8440**
B × C	کود زیستی × کود شیمیایی	2	922.7690**	98.4680**	0.1764**	5.9537**	159.2870**	8340.3712**	8120404.6730**	14960256.5000**
I × B × C	آبیاری × کود زیستی × کود شیمیایی	4	842.9670**	131.4340**	0.6353**	13.9814**	265.0370*	10189.9430**	9920879.1176**	19085195.1430**
Y × B × C	سال × کود زیستی × کود شیمیایی	2	1.2520**	0.0396**	0.0001**	0.7500**	0.2870**	17.0513**	1099.7820**	15005.1558**
Y × I × B × C	سال × آبیاری × کود زیستی × کود شیمیایی	4	1.3730**	0.0524**	0.0004**	0.1944**	0.8703**	20.8450**	1343.7700**	19142.4740**
Error (b)	خطا (ب)	64	76.4444	0.1215	0.0017	0.9300	23.4092	966.2153	1004242.2000	1790108.0000

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

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

ns: غیر معنی دار

جدول ۲ - مقایسه میانگین برای برخی خصوصیات زراعی در ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در سطوح مختلف آبیاری و کود شیمیایی
 Table 2. Mean comparison for some agronomic characteristics in maize cv. KSC704 as affected by different levels of irrigation and fertilizer

		عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha ⁻¹)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 Grain weight (g)	تعداد دانه در ردیف Grain row ⁻¹	تعداد ردیف دانه در بلال Row cob ⁻¹	قطر ساقه (سانتی متر) Stem diameter (cm)	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant height (cm)	شاخص برداشت (%) (%) HI
		Irrigation regime			رژیم آبیاری				
I ₁	آبیاری پس از ۷۰ میلیمتر تبخیر	19470.0a	8687.5a	358.5a	31.44a	13.99a	2.38a	179.05a	44.65a
I ₂	آبیاری پس از ۱۰۰ میلیمتر تبخیر	17620.0b	7181.5b	306.85B	28.64b	13.2b	2.36b	160.15b	40.81a
I ₃	آبیاری پس از ۱۳۰ میلیمتر تبخیر	14969.0c	5132.5c	271.55c	22.41c	12.21c	2.27c	139.80c	35.11a
		Chemical fertilizer			سطوح کود شیمیایی				
P ₁	عدم استفاده از کود	16185.5c	7100.0b	307.85b	26.95b	12.13b	2.41b	143.65c	43.79a
P ₂	۴۵ کیلوگرم در هکتار	17100.5b	7602.5a	326.15a	28.54a	12.92a	2.51a	153.59b	44.26a
P ₃	۹۰ کیلوگرم در هکتار	17611.0a	7788.0a	331.45a	28.87a	131.00a	2.54a	159.9a	44.21a

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, and for each factor followed by similar letter(s) are not significantly different at the 5% probability level-Using Duncan's Multiple Range Test.

I₁: Irrigation after 70 mm evaporation for class A pan; I₂: Irrigation after 100 mm evaporation from class A pan; I₃: Irrigation after 130 mm evaporation from class A pan;
 P₁: No phosphorous fertilizer; P₂: 45 kg/ha phosphorous fertilizer, and P₃: 90 kg/ha phosphorous fertilizer.

معنی‌داری مشاهده نشد اما این اختلاف نسبت به شاهد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار وزن هزار دانه مربوط به تیمارهای آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تیخیر از سطح تشک و مصرف ۴۵ کیلوگرم کود شیمیایی فسفردار به همراه مصرف کود زیستی بود. در سطوح تنش کم آبی ملایم و شدید تیمار تلفیق کود زیستی و مصرف ۴۵ کیلوگرم کود شیمیایی از سایر تیمارها برتر بود (جدول ۳). برخی از محققین افزایش وزن هزار دانه ذرت را در نتیجه آزاد شدن فسفر و جذب آن به وسیله میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفر دانسته‌اند (Khaliq and Sanders, 2000). همچنین گزارش شده است که میزان تبادل مواد فتوسنتزی در گیاهان تلقیح شده افزایش می‌یابد (Auge, 2001). طبق بررسی‌های سانچز-دیاز و همکاران (Sanchez-Diaz et al., 1990) همزیستی بیولوژیکی باعث افزایش تعداد کلروپلاست می‌شود. نتایج بررسی‌های روئیز لوزانو و آزکون (Ruiz-Lozano and Azcon, 1995) نشان داد که همزیستی با میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفر، کارایی استفاده از فسفر فتوسنتزی را نسبت به گیاهان غیر همزیست افزایش داد. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که ظرفیت فتوسنتزی گیاهان تیمارشده با میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفر به واسطه تغذیه بیشتر فسفر افزایش می‌یابد، که به دلیل انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به محل دانه‌ها، وزن

(Sattar and Gaur, 1987). بررسی‌های اورتاس و همکاران (Ortas, 1996) نشان داد که این میکروارگانیزم‌ها از طریق کاهش pH خاک باعث افزایش جذب عناصر غذایی و عملکرد دانه می‌گردند. در شرایط تنش خشکی، فقدان رطوبت بر حرکت عناصر غذایی در خاک تأثیرگذار است. محققین مختلف تأثیر کودهای زیستی بر وضعیت آب گیاه را مرتبط با افزایش جذب گیاه میزبان بویژه در مورد فسفر دانسته‌اند (Graham and Syvertson, 1984). در بیان دلیل این افزایش، نتایج سوبرامانیان و همکاران (Subramanian et al., 1997) نشان داد که گیاهان ذرت تلقیح شده با این میکروارگانیزم‌ها پتانسیل آب برگ را بالاتر از گیاهان غیر تلقیحی، حتی سه هفته پس از تنش خشکی نگهداری می‌کنند. در این تحقیق، اثر سودمند تلفیق کود زیستی با کود شیمیایی از نظر افزایش عملکرد دانه تحت شرایط تنش کم آبی کاملاً مشهود بود. در مطالعات مختلف مشاهده شده است که تیمارهای تلفیقی رشد رویشی گیاه را افزایش داده که در نتیجه عملکرد غلات و بقولات تحت شرایط زراعی افزایش می‌یابد (Hoflich et al., 1994). اثر آبیاری و کودهای زیستی و شیمیایی و اثر متقابل آن‌ها بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۱) و سطوح مختلف تنش کم آبی باعث کاهش وزن هزار دانه گردید (جدول ۲). برای وزن هزار دانه بین مصرف ۴۵ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی اختلاف

جدول ۴ - مقایسه میانگین برای برخی خصوصیات زراعی در ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ تحت تاثیر اثر متقابل سطوح آبیاری × کود زیستی × کود شیمیایی

Table 3. Mean comparison for some agronomic characteristics of maize cv. KSC704 as affected by irrigation × biofertilizer × chemical fertilizer interaction

Treatments		تیمارها	وزن هزاردانه (گرم)	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف دانه در بلال	قطر ساقه (سانتی متر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع گیاه (سانتی متر)	شاخص برداشت (%)
			1000 Grain weight (g)	Grain row ⁻¹	Row cob ⁻¹	Stem diameter (cm)	Grain yield (kg/ha)	Biological yield (kg/ha)	Plant height (cm)	(%) HI
I ₁	B ₀	P ₁ ۷۰ میلیمتر تبخیر × عدم مصرف کود زیستی × عدم مصرف کود شیمیایی	316.3d	28.1bc	13.34defg	2.54cd	7772c	17410cde	161f	44.60a
		P ₂ ۷۰ میلیمتر تبخیر × عدم مصرف کود زیستی × مصرف ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی	328.6c	29.69ab	13.45def	2.59bc	7984.5c	17525cd	163.3f	45.53a
		P ₃ ۷۰ میلیمتر تبخیر × عدم مصرف کود زیستی × مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی	345.9b	30.59ab	13.98abc	2.74a	8668.5b	20320b	181.6b	42.62ab
I ₂	B ₀	P ₁ ۷۰ میلیمتر تبخیر × مصرف کود زیستی × عدم مصرف کود شیمیایی	350.2ab	30.18ab	13.64bcd	2.85a	8543.5b	20035b	178.6c	42.63b
		P ₂ ۷۰ میلیمتر تبخیر × مصرف کود زیستی × مصرف ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی	356.6a	31.74a	14.49a	2.89a	9090a	21430a	188.6a	42.36bc
		P ₃ ۷۰ میلیمتر تبخیر × مصرف کود زیستی × مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی	352.ab	31.39ab	14.20ab	2.85a	8762.5ab	20974ab	186.8a	39.86bc
I ₃	B ₀	P ₁ ۱۰۰ میلیمتر تبخیر × عدم مصرف کود زیستی × عدم مصرف کود شیمیایی	293.2efg	23.48d	12.98ghi	2.43fg	6737ef	16305ef	145.4j	41.31cd
		P ₂ ۱۰۰ میلیمتر تبخیر × عدم مصرف کود زیستی × مصرف ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی	300e	24.51cd	13.20efgh	2.49def	6931def	17035de	149.8i	40.69bc
		P ₃ ۱۰۰ میلیمتر تبخیر × عدم مصرف کود زیستی × مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی	308d	27.05bc	13.20efgh	2.54cde	7370d	17075cde	155.8g	43.13b
I ₃	B ₁	P ₁ ۱۰۰ میلیمتر تبخیر × مصرف کود زیستی × عدم مصرف کود شیمیایی	298.5ef	28.86ab	12.96ghi	2.52def	7023.5de	16665de	151h	42.12bc
		P ₂ ۱۰۰ میلیمتر تبخیر × مصرف کود زیستی × مصرف ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی	335.2c	29.32ab	13.66cde	2.68b	8098.5c	18108c	174d	44.71a
		P ₃ ۱۰۰ میلیمتر تبخیر × مصرف کود زیستی × مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی	322.3c	29.61ab	13.58def	2.66b	7909c	17885cd	168.2e	44.22a
I ₃	B ₀	P ₁ ۱۳۰ میلیمتر تبخیر × عدم مصرف کود زیستی × عدم مصرف کود شیمیایی	261.5j	19.82g	11.19j	2.22j	4246i	12610i	125n	29.73f
		P ₂ ۱۳۰ میلیمتر تبخیر × عدم مصرف کود زیستی × مصرف ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی	269.3ij	18.76fg	11.52j	2.26ij	4609i	13010i	128.6m	39.86ef
		P ₃ ۱۳۰ میلیمتر تبخیر × عدم مصرف کود زیستی × مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی	285Fgh	22.41def	12.84hi	2.35gh	5791gh	15260gh	133i	37.98e
I ₃	B ₁	P ₁ ۱۳۰ میلیمتر تبخیر × مصرف کود زیستی × عدم مصرف کود شیمیایی	280ghi	21.56efg	12.65i	2.36hi	5393.5h	14357h	129.9i	38.07de
		P ₂ ۱۳۰ میلیمتر تبخیر × مصرف کود زیستی × مصرف ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی	282.6efgh	23.83de	13.19fgh	2.45defg	6441.5f	156205fg	139j	40.96bcd
		P ₃ ۱۳۰ میلیمتر تبخیر × مصرف کود زیستی × مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی	275.7hi	21.96def	12.81hi	2.43fgh	7772c	17410cde	161f	44.60a

میانگین‌هایی، در هر ستون که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

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

I₁: Irrigation after 70 mm evaporation for class A pan; I₂: Irrigation after 100 mm evaporation for class A pan; I₃: Irrigation after 130 mm evaporation for class A pan;

P₁: No phosphorous fertilizer; P₂: 45 kg/ha phosphorous fertilizer; P₃: 90 kg/ha phosphorous fertilizer; B₀: No biofertilizer, and B₁: with biofertilizer.

خاک می‌گردد. بررسی‌های (Subramanian *et al.*, 1997) نشان داد که کاربرد توام کود شیمیایی به همراه کود زیستی، فیزیولوژی گیاهان را از طریق افزایش میزان مواد فتوسنتزی، تغییر در جریان مواد فتوسنتزی در ساقه‌ها و ریشه‌ها و نیز جذب عناصر معدنی از خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

اثر آبیاری و کودهای زیستی و شیمیایی و اثر متقابل آن‌ها (بجز اثر متقابل آبیاری × کود شیمیایی) بر تعداد دانه در ردیف بلال معنی‌دار بود (جدول ۱). بین سطوح مختلف آبیاری اختلاف معنی‌داری برای تعداد دانه در ردیف بلال وجود داشت (جدول ۲)، در حالی که این تفاوت بین سطوح کود شیمیایی معنی‌دار نشد (جدول ۲). هر چند بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال در تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تیخیر و تلفیق کود زیستی و مصرف ۴۵ کیلوگرم کود شیمیایی به دست آمد، اما با بسیاری از تیمارهای دیگر تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). با افزایش شدت تنش کم آبی، تیمار کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی، نسبت به سایر تیمارها حاوی تعداد بیشتری دانه در ردیف بلال بود. به عبارتی تنش کم آبی باعث کاهش تعداد دانه در ردیف بلال شد، اما این کاهش در تیمار کود شیمیایی و شاهد به مراتب بیشتر بود. دی و همکاران (Dey *et al.*, 2004) نیز گزارش کردند که *P. fluorescens* تعداد دانه را در بادام زمینی (*Arachis hypogea* L.) افزایش داد.

دانه‌ها نیز افزایش می‌یابد (Koide, 1993). تنش خشکی ظرفیت تولید مواد فتوسنتزی و نیز ذخیره آن‌ها در دانه را طی مرحله پر شدن دانه کاهش می‌دهد. از طرفی ظرفیت دانه‌های ذرت برای ذخیره مواد تابعی از تعداد سلول‌های آندوسپرم و گرانول‌های نشاسته ایجاد شده طی ۱۰ الی ۱۴ روز پس از گرده‌افشانی است (Hay and Gilbert, 2001). بنابراین کاهش تولید مواد فتوسنتزی به واسطه‌ی سطح سبز کمتر، کاهش ظرفیت ذخیره مواد فتوسنتزی به واسطه میانگره‌های کوتاه یا سطوح بالای اسید آبسزیک طی دوره بحرانی فوق‌الذکر، وزن هزار دانه را محدود می‌کند (Mambelli and Setter, 1998).

اثر آبیاری و کودهای زیستی و شیمیایی و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۱). بین سطوح مختلف تنش کم آبی و کودهای زیستی و شیمیایی اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید (جداول ۲ و ۳). در تمام سطوح آبیاری، تیمارهای تلفیقی از بالاترین مقدار عملکرد بیولوژیک برخوردار بودند و پایین‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک در تیمار بدون کود و تنش کم آبیاری شدید به دست آمد (جدول ۳). در تفسیر این نتایج می‌توان گفت که احتمال وجود رابطه بین مواد مترشحه از میکروارگانیسم‌های موجود در کود زیستی و تأثیر آن بر رشد ریشه گیاه تحت شرایط تنش خشکی وجود دارد که باعث افزایش جذب آب و عناصر غذایی از

تلفیقی، بالاترین تعداد ردیف دانه در بلال را به خود اختصاص داد، هر چند با برخی تیمارها اختلاف معنی داری را نداشت (جدول ۳). زمان گرده افشانی به طور کلی به عنوان آسیب پذیرترین مرحله نسبت به تنش کم آبی در ذرت شناخته شده است (Westgate, 1994). کمبود آب در مرحله گرده افشانی باعث کاهش موفقیت در باروری گیاه شده و می تواند به طور کامل از تشکیل دانه در بلال ذرت جلوگیری نماید و سبب کاهش تعداد ردیف در بلال گردد. کمبود ذخایر فتوسنتزی در مرحله گلدهی، آسیب پذیری تشکیل دانه را در پتاسیل آب پایین افزایش می دهد. از این رو تجمع مواد فتوسنتزی قبل از گرده افشانی مهم بوده و می تواند حساسیت گیاه به کمبود آب در مرحله گرده افشانی را کاهش دهد (Schussler and Westgate, 1995).

بلندترین ارتفاع گیاه و بیشترین قطر ساقه در تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر تجمعی و مصرف توام کود زیستی و ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی، و کمترین آن ها در تیمار دور آبیاری پس از ۱۳۰ میلی متر تبخیر تجمعی و عدم مصرف کود زیستی و کود شیمیایی مشاهده شد (جدول ۳).

اثر آبیاری و هر دو نوع کود زیستی و شیمیایی بر شاخص برداشت معنی دار بود (جدول ۱). بین سطوح آبیاری و کود های شیمیایی از لحاظ شاخص برداشت اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۲). بالاترین

به دلیل کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی و نیز ادامه ی تنش کم آبی در مرحله ی گرده افشانی که مرحله حساس گیاه به کمبود رطوبت می باشد، تعداد سلول های تخم در مرحله ی گرده افشانی و در نتیجه، تعداد دانه کاهش می یابد. مشاهده شده است که تنش کم آبی به طور معنی داری تعداد دانه در ردیف را کاهش می دهد (Edmeades *et al.*, 2000). افزایش فعالیت فتوسنتزی در گیاهان همزیست با میکروارگانیزم های حل کننده فسفات به عنوان شاخصی از توانایی گیاهان همزیست برای افزایش مقاومت به تنش کم آبی محسوب می شود. از طرفی بازدارندگی فتوسنتز در گیاهان تحت تنش کم آبی در مرحله گرده افشانی نیز باعث عدم تشکیل دانه در بلال می شود (Azcon *et al.*, 1996؛ Azcon *et al.*, 1992; Bethlenfalvay *et al.*, 1990).

اثر آبیاری و کود های زیستی و شیمیایی و اثر متقابل آن ها (بجز اثر متقابل آبیاری × کود شیمیایی) بر تعداد ردیف دانه در بلال معنی دار بود (جدول ۱). بین سطوح مختلف آبیاری اختلاف معنی داری برای تعداد ردیف دانه در بلال وجود داشت (جدول ۲)، در حالیکه این تفاوت بین سطوح کود شیمیایی معنی دار نشد (جدول ۲). بالاترین تعداد ردیف دانه در بلال در تیمار کاربرد تلفیقی کود زیستی و ۴۵ کیلوگرم کود شیمیایی در آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر تجمعی مشاهده شد (جدول ۲). در تیمارهای تحت تنش کم آبی نیز کاربرد

افزایش عملکرد بیولوژیکی می‌باشد، بنابراین شاخص برداشت بالاتر بود.

بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی فسفات و شیمیایی در تخفیف آثار تنش کم آبی مؤثر بودند. بنابراین برای صرفه‌جویی در آب آبیاری و مدیریت مزرعه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط کم آبی می‌توان با استفاده تلفیقی از این کودها به تولید بهینه دست یافت.

شاخص برداشت (۰.۴۵/۵۳٪) مربوط به تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر تجمعی و مصرف توام کود بیولوژیک و ۴۵ کیلوگرم درهکتار کود شیمیایی بود، که با برخی تیمارها اختلاف معنی داری نداشت (جدول ۳). با افزایش شدت تنش کم آبی، شاخص برداشت در تیمار کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی، نسبت به سایر تیمارها برتر بود. در توجیه این موضوع می‌توان گفت، از آنجاییکه در تیمارهای کاربرد تلفیقی کود زیستی و شیمیایی افزایش عملکرد دانه بیشتر ناشی از

References

- Auge, R. M., Duan, X., Ebel, R. C., and Stodola, A. J. W. 2001. Non-hydraulic signalling of soil drying in mycorrhizal maize. *Planta* 193: 74-82.
- Azcon, R., Gomez, M., and Tobar, R. 1992. Effect of nitrogen source on growth, nutrition, photosynthetic rate and nitrogen metabolism of mycorrhiza and phosphorus – fertilized plants of *Lactuca sativa* L. *New Phytologist* 121: 227-237
- Azcon, R., Gomez, M., and Tobar, R. 1996. Physiological and nutritional response by *Lactuca sativa* L. to nitrogen source and mycorrhizal fungi under drought conditions. *Biology and Fertility of Soils* 22: 156-161
- Bethlenfalvay, G. J., Brown, M. S., and Franson, R. L. 1990. The *Glycin- Glomus- Bradyrhizobium* symbiosis. X. Relationships between leaf gas exchange and plant soil water status in nodulated, mycorrhizal soybean under drought stress. *Plant Physiology* 94: 723-728
- Dey, R., Pal, K. K., Bhatt, D. M., and Chauhan, S. M. 2004. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiology Research* 159: 371-394.
- Douds, D. D., Pfeffer, P. E., and Shachar-Hill, Y. 2000. Carbon partitioning, cost, and

metabolism of arbuscular mycorrhizas. Pp. 107-129. In: Arbuscular mycorrhizas: molecular biology and physiology. Y. Kapulnik and D. D. Douds (Eds.), Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

- Edmeades, G. O., Banziger, M., and Ribaut, J. M. 2000.** Maize improvement for drought limited environments Pp. 75-111. M. E. Otegui and G. A. Slafer (Eds.). Physiological bases for maize improvement. Food Products Press. The Haworth Press Inc., Birmingham, New York.
- Goenadi, D. H. 1998.** Fertilization efficiency of oil palm through biofertilizer application. Pp. 370-376. In: Proceedings of International Oil Palm Conference, Nusa Dua, Bali.
- Graham, J. H., and Syvertson, J. P. 1984.** Influence of vesicular arbuscular mycorrhiza on the hydraulic conductivity of roots of two citrus rootstocks. *New Phytologist* 97: 277-284.
- Hay, R. K. M., and Gilbert, R. A. 2001.** Variation in the harvest index of tropical maize: evaluation of recent evidence from Mexico to Malawi. *Annals of Applied Biology* 138: 103 – 109
- Heydari Sharifabad, H. 2001.** Plant, Drought and Drought stress. Ministry of Jihad-e-Agriculture. 200 pp. (In Persian).
- Hoflich, G., Wiehe, W. and Kuhn, G. 1994.** Plant growth stimulation with symbiotic and associative rhizosphere microorganisms. *Experientia* 50: 897-905.
- Jat, B. L., and Shaktawat, M. S. 2003.** Effect of residual phosphorus, sulphur and biofertilizers on productivity, economics and nutrient content of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.)-pearl millet cropping sequence. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 73 (3): 134-137.
- Karimi, H. 2007.** Improvement and Production of forage crops. The University of Tehran Press. Iran. 428 pp. (In Persian).
- Karimian, N. 2000.** Consequences of excessive consumption of phosphat chemical fertilizers. Soil and Water Research Institute of Iran Publication No. 12. (In Persian).
- Khaliq, A., and Sanders, F. E. 2000.** Effects of vesicular – arbuscular mycorrhizal inoculation on the yield and phosphorus uptake of field – grown barley. *Soil Biology and Biochemistry* 32: 1691-1696.

- Koide, R. 1993.** Physiology of the mycorrhizal plant. *Advance Plant Pathology* 9: 33-54.
- Mambelli, S. and Setter, T. L. 1998.** Inhibition of maize endosperm cell division and endoreduplication by exogenously applied abscisic acid. *Physiology plantarum* 104: 266-272.
- Ortas, I. 1996.** The influence of use of different rates of mycorrhizal inoculum on root infection, plant growth, and phosphorus uptake. *Communication Soil Science and Plant Analyses* 27 (18-20): 2935-2946.
- Rao, M. S. S. and Mendal, N. J. 1991.** Comparison of chinoli (*Brassica campestris*) and *Brassica napus* oil seed rape using different growth regulators , plant population densities and irrigation treatments . *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 117: 177- 187.
- Ruiz-Lozano, J. M., and Azcon, R. 1995.** Hyphal contribution to water uptake in mycorrhizal plants as affected by the fungal species and water status. *Plant Physiology* 95: 472-478.
- Sanchez-Diaz. M., Pardo, M., Antolin, Pena, J., and Aguirreolea, J. 1990.** Effect of water stress on photosynthetic activity in the Medicago – Rhizobium – Glomus symbiosis. *Plant Science* 71: 215 – 221.
- Sattar, M. A., and Gaur, A. C. 1987.** Production of auxins and gibberellins by phosphate dissolving microorganisms. *Zentrabl Mikrologie* 142: 393-395.
- Schussler, J. R. and Westgate, M. E. 1995.** Assimilate flux determines kernel set at low water potential in maize. *Crop Science* 35: 1074-1080.
- Stocker, O. 1960.** Physiological and morphological changes in plants due to water deficiency. *Arid Zone Research*, 15: 63-104.
- Singh, S., and Kapoor, K. K. 1999.** Inoculation with PSM and a VAM fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. *Biology of Fertility Soils* 28: 139-144.
- Subramanian, K. S., Charest, C., Dwyer, L. M., and Hamilton, R. I. 1997.** Effects of arbuscular mychoriza on leaf water potential, sugar content and content during drought and recovery of maize. *Canadian Journal of Botany* 75: 1582-1591.

- Subramanian, K. S., and Charest, C. 1999.** Acquisition of N by external hyphae of an arbuscular mycorrhizal fungus and its impact on physiological responses in maize under drought-stressed and well-watered conditions. *Mycorrhiza* 9: 69-75.
- Sylvia, D. M., Hammond, L. C., Bennett, J. M., Haas, J. H., and Linda, S. B. 1993.** Field response of maize to a VAM fungus and water management. *Agronomy Journal* 85: 193-198.
- Tanwar, S. P. S., Sharma, G. L., and Chahar, M. S. 2002.** Effects of phosphorus and biofertilizers on the growth and productivity of black gram. *Annals of Agricultural Research* 23 (3): 491-493.
- Tohidi Moghadam, H., Sani, B., Sharifi, M., and Ghooshchi, F. 2004.** Effects of nitrogen fixation and phosphate solubilizing bacteria on some of quantitative characteristics on Soybean (*Glycine max* L.). Pp. 148. In: Proceedings of 8th Iranian Crop Sciences Congress. Rasht, Iran. (In Persian).
- Westgate, M. E. 1994.** Seed formation in maize during drought. Pp. 361-365. In: K. J. Boote, J. M. Bennet, T. R. Sinclair and G. M. Paulsen (Eds.). *Physiology and determination of Crop yield*. CSSA-ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Zaidi, P. H., Rafique, S., Singh, N. N., and Srinivasan, G. 2004.** Tolerance to excess moisture in maize (*Zea mays* L.) under excessive soil moisture stress. *Field Crops Research* 90: 189-202.