

ارزیابی کاربرد کود دامی و باکتری‌های محرک رشد (PGPR) بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (رقم BC666) در تراکم‌های مختلف کاشت

مژگان بیرانوندی^۱، امیر قلاوند^۲ و عبدالرضا احمدی^{۳*}

۱- کارشناس ارشد زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، ۲- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، ۳- استادیار گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۲۱)

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر کود دامی و باکتری ازتوباکتر بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت آزمایشی در ایستگاه تحقیقات اکولوژیک خرم‌آباد در سال ۱۳۸۶ اجرا شد. در این آزمایش چهار تراکم بوته (۷۵، ۸۵، ۹۵ و ۱۰۵ هزار بوته در هکتار)، دو سطح ۸۰ و ۱۰۰ درصد کود دامی (۲۴ و ۳۰ تن در هکتار) و دو سطح باکتری (*Azotobacter chroococcum*) شامل استفاده از ازتوباکتر (Az1) و عدم استفاده از آن (Az0) به ترتیب به عنوان عامل اصلی، عامل فرعی و عامل فرعی فرعی در قالب کرت‌های دو بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که تراکم بوته اثر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و تعداد بلال در واحد سطح داشت. افزایش تراکم بوته از ۷۵ به ۱۰۵ هزار بوته در هکتار سبب افزایش ۴۲ درصدی عملکرد بیولوژیک، ۶۵ درصدی عملکرد دانه و ۴۲ درصدی تعداد بلال در واحد سطح شد. در مجموع پژوهش حاضر نشان داد که در شرایط اقلیمی شهرستان خرم‌آباد، برداشت گیاهان پاییزه در اوایل تابستان سال بعد انجام می‌گیرد و بنابراین می‌توان ذرت را به عنوان کشت دوم وارد چرخه تناوب کرد. همچنین در کشت ذرت به عنوان کشت دوم، بهترین تراکم کاشت ۹۵۰۰۰ بوته در هکتار بوده و کاربرد کود دامی به میزان ۲۴ تن در هکتار برای تأمین نیاز غذایی گیاه کافی است. به نظر می‌رسد در خاکی که به لحاظ عناصر غذایی (کاربرد کود دامی) در وضعیت مناسبی است، زمینه چندان برای بروز اثرات مفید باکتری فراهم نیست.

واژه‌های کلیدی: تراکم بوته، ذرت، کود دامی، *Azotobacter chroococcum*

مقدمه

اصطلاح PGPR (Plant Growth-Promoting

Rhizobacteria) ابتدا توسط کلوپر و شروت مطرح شد و سپس محققان دیگر با در نظر گرفتن اثرات مفیدی که باکتری‌های ریزوسفری به طور مستقیم بر رشد گیاه می‌گذارند، گستره PGPR را وسعت بخشیدند (Abbass *et al.*, 1993). باکتری‌های محرک رشد گیاه به دو روش مستقیم و غیر مستقیم بر رشد و نمو گیاه اثرات مفید داشته باشند. در روش مستقیم باکتری‌ها با تولید یک ترکیب خاص، و یا با تسهیل در جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، رشد آن را بهبود می‌بخشند. وو و همکاران (Wu *et al.*, 2005) طی آزمایشی روی ذرت اظهار داشتند که تلقیح بذر با باکتری آزوسپیریلیوم جذب نیتروژن را ۱۷٪ افزایش می‌دهد، نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که آزوسپیریلیوم باعث توسعه سیستم ریشه‌ای شده و بنابراین به طور طبیعی امکان دسترسی و جذب بهتر عناصر غذایی را برای گیاه فراهم می‌سازد.

از جمله عوامل مهم برای حصول حداکثر عملکرد دانه در ذرت، تعیین تراکم مناسب با توجه به شرایط اقلیمی هر منطقه و مشخصات رقم‌های مورد کاشت است (Akintoye *et al.*, 1997). مطالعات زیادی نشان داده است که با افزایش تراکم گیاهی عملکرد دانه تا حدی افزایش می‌یابد و پس از آن در محدوده‌ای از تراکم عملکرد ثابت می‌ماند و افزایش بیشتر در تراکم گیاهی به علت رقابت شدید بین گیاهان باعث کاهش عملکرد می‌شود (Pandy *et al.*, 1990) ذرت گیاهی است که به تراکم بسیار حساس است و اگر تراکم به کار رفته کم است، از پتانسیل موجود در مزرعه بهره‌برداری نمی‌شود، از سوی دیگر افزایش بیش از حد تراکم موجب عقیمی گل‌ها و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود (Hashemi-Dezfouli and Herbert, 1992). این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تراکم کاشت، کود دامی و ازتوباکتر بر روند رشد ذرت در طی فصل رشد اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۶ در ایستگاه تحقیقات اکولوژیک خرم‌آباد با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی اجرا شد. خاک مزرعه آزمایشی دارای بافت لوم رسی بود. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و نتایج آزمایش تجزیه کود دامی

کودهای شیمیایی به عنوان ابزاری برای رسیدن به حداکثر تولید در واحد سطح استفاده می‌شوند و کشاورزان به طور مداوم تلاش می‌کنند تا با رفع کمبود عناصر غذایی خاک و مدیریت صحیح، تولید محصول را به حد بالقوه ژنتیکی نزدیک کنند (Roesi *et al.*, 2006). کودهای نیتروژنه اغلب در خاک متحرک هستند که این امر اثرات نامطلوب زیادی از جمله آلوده‌سازی منابع آب‌های زیرزمینی و خاک را به دنبال دارد (De Pascal *et al.*, 2006). در این راستا به‌کارگیری کودهای زیستی، به عنوان گزینه‌ای جایگزین برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات کشاورزی مطرح شده‌اند (Diaz *et al.*, 2009). کاربرد کودهای زیستی به ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه، مهم‌ترین راهبرد در مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهی برای سیستم کشاورزی پایدار با نهاده کافی به صورت تلفیق مصرف کودهای شیمیایی با کاربرد باکتری‌های مذکور به شمار می‌آید (Srivastava, 2010).

باکتری‌های جنس ازتوباکتر از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه هستند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن با تولید مقادیر قابل ملاحظه هورمون‌های تحریک کننده رشد، به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکینین، رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Zahir *et al.*, 2004). استفاده از کودهای آلی نظیر کمپوست و کودهای دامی به افزایش ماده آلی، عناصر معدنی، بهبود ساختمان خاک و کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی منتهی می‌شود (Courtney *et al.*, 2008). استفاده از این منابع آلی با تأمین عناصر غذایی باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود (Courtney *et al.*, 2008). ازتوباکتر علاوه بر مواد تنظیم کننده رشد، مواد دیگری از قبیل انواع اسید آمینه، ویتامین‌های گروه B مانند تیامین، ریبوفلاوین، پیریدوکسین، سیانوکوبالامین، اسید نیکوتینیک و اسید پانتوتنیک و آمونیاک و پادزی‌های ضد قارچی نیز تولید و ترشح می‌کند و توانایی تثبیت ۱۵-۲ میلی‌گرم نیتروژن به ازای هر گرم کربن مصرفی دارد (Subba Rao, 1988). بعضی از ریزجانداران موجود در ریزوسفر با مکانیزم‌های مختلفی باعث تغییرات فیزیولوژیک و مورفولوژیک در گیاه شده که مجموعه این تغییرات روی رشد گیاه، تغذیه و سلامت آن تأثیر دارد.

جدول ۱- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Chemical and physical properties of soil of experimental field

بافت خاک (%)						هدایت الکتریکی EC (mm.cm ⁻¹)			
Soil texture (%)			کربن آلی Organic carbon			pH		هدایت الکتریکی EC (mm.cm ⁻¹)	
شن Sand	لای Silt	رس Clay	پتاس K	فسفر P	T.D.S (mg.lit ⁻¹)	نیتروژن N	pH		EC (mm.cm ⁻¹)
18	44	39	333	3.8	231	0.136	7.8		0.52

جدول ۲- نتایج آزمایش تجزیه کود دامی مصرف شده

Table 2. Results of analysis of manure consumed

pH	هدایت الکتریکی EC (mm.cm ⁻¹)		ماده آلی (%) Organic matter (%)		پتاس کل K		فسفر کل P		نیتروژن کل N		کربن آلی Organic carbon	
	6.09	4.6		32.83		3.3		0.55		1.38		19.09

برای محاسبه عملکرد و برداشت نهایی استفاده شد. نمونه برداری در مراحل فنولوژیکی با گذشت ۳۵ روز پس از سبز شدن از ۶ بوته سه خط میانی هر کرت صورت گرفت و صفات شاخص سطح برگ، وزن برگ، ارتفاع و قطر ساقه اندازه گیری شد. در انتهای فصل رشد (۱۰۸ روز پس از سبز شدن) با حذف اثرات حاشیه ای برداشت نهایی از ۳ خط میانی هر کرت در سطحی معادل ۳ متر مربع صورت گرفت و صفات شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، وزن خشک تک بوته، تعداد بلال در واحد سطح، تعداد دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن ۱۰۰ دانه محاسبه شد. داده های حاصل از اندازه گیری صفات با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک

تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۳ نشان می دهد که تأثیر تراکم بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد معنی دار است. تراکم ۱۰۵۰۰۰ بوته در هکتار بیشترین عملکرد بیولوژیک (۴۱۹۵۰ کیلوگرم در هکتار) و تراکم کاشت ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار کمترین عملکرد بیولوژیک (۲۹۳۹۰ کیلوگرم در هکتار) را دارا بود. افزایش تراکم کاشت از ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار به ۸۵۰۰۰، ۹۵۰۰۰ و ۱۰۵۰۰۰ بوته در هکتار سبب افزایش معنی دار عملکرد بیولوژیک شد (جدول ۴). نتایج به دست آمده با نتایج

مصرف شده به ترتیب در جدول های ۱ و ۲ ارائه شده است.

آزمایش به صورت کرت های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. چهار تراکم کاشت ۷۵، ۸۵، ۹۵ و ۱۰۵ هزار بوته در هکتار به عنوان فاکتور اصلی و دو سطح ۸۰ درصد و ۱۰۰ درصد کود دامی به عنوان فاکتور فرعی و دو سطح کاربرد و عدم کاربرد از توپاکتر به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد.

کشت به صورت جوی و پشته و با فاصله ۷۵ سانتی متر بین ردیف ها و با توجه به تراکم های کاشت مختلف فاصله بوته ها روی ردیف برای تراکم های کاشت ۷۵، ۸۵، ۹۵ و ۱۰۵ هزار بوته در هکتار به ترتیب ۲۴، ۲۲، ۲۰ و ۱۸ سانتی متر در نظر گرفته شد. در هر کرت شامل ۵ ردیف ذرت به طول ۸ متر کشت شد. فاصله بین دو تیمار یک متر و فاصله بین دو بلوک ۳ متر منظور شد. در این آزمایش از رقم BC666 استفاده شد که در دسته ارقام زودرس با طول فصل رشد ۱۰۰ تا ۱۱۰ روز قرار دارد. بذرها بلافاصله قبل از کاشت، به وسیله کود بیولوژیک از توپاکتر کروئوکوکوم تهیه شده از موسسه فن آوری زیستی آسیا در سایه تلقیح شدند. برای تلقیح بذرها، میزان ۷ گرم مایه تلقیح که هر گرم آن حدود ۱۰^۷ عدد باکتری زنده و فعال بود به ازای هر ۱۰۰ گرم مورد استفاده قرار گرفت. پس از کشت هر کرت آزمایشی به دو قسمت تقسیم شد. یک قسمت آن برای ارزیابی و نمونه گیری های تخریبی در طول دوره رشد و قسمت دیگر

جدول ۳- تجزیه واریانس وزن تک بوته و عملکرد بیولوژیک ذرت تحت کاربرد کود دامی و بیولوژیک در تراکم‌های مختلف بوته

Table 3. Analysis of variance of plant weight and biological yield of corn under manure and biologic fertilizers at different plant density

Source of variation	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)	
			عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)	وزن تک بوته (گرم) Plant weight (gr)
Replication	تکرار	2	12967369.188 ^{ns}	1835.54 ^{ns}
Plant density (D)	تراکم کاشت	3	444453383.936*	4569.769 ^{ns}
Main error	خطای اصلی	6	63544173.972	7849.093
Manure (M)	کود دامی	1	36691398.380 ^{ns}	4838.075 ^{ns}
M×D	تراکم کاشت × کود دامی	3	25260869.172 ^{ns}	3228.616 ^{ns}
Sub error	خطای فرعی	8	41093608.161	4460.543
Azotobacter (Az)	ازتوباکتر	1	13696567.505 ^{ns}	2556.46 ^{ns}
Az × D	تراکم کاشت × ازتوباکتر	3	13473178.964 ^{ns}	1986.841 ^{ns}
M × Az	کود دامی × ازتوباکتر	1	17176355.88 ^{ns}	2884.55 ^{ns}
D × M × Az	تراکم کاشت × کود دامی × ازتوباکتر	3	22382184.089 ^{ns}	3237.945 ^{ns}
Sub-sub error	خطای فرعی فرعی	16	33771630.802	4477.475
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	15.91	16.52

^{ns} و * : به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪.

^{ns}, and * : Non-significant and significant at 5% probability level, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده تحت تراکم‌های بوته مختلف

Table 4. Means comparison of traits measured affected by plant density

تراکم بوته در هکتار Plant density.ha ⁻¹	عملکرد بیولوژیک Biomass (kg. ha ⁻¹)	وزن تک بوته Plant weight (gr)	تعداد بلال در واحد سطح No. of ear. m ⁻²	تعداد ردیف دانه در بلال No. of kernel rows.ear ⁻¹	تعداد دانه در ردیف No. of kernel. row ⁻¹	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)	وزن ۱۰۰ دانه 100 Kernal weight (gr)
75000 (D1)	29390c	391.9a	10d	14.5a	41.3a	7988a	28.65a	20.1a
85000 (D2)	33580bc	395a	11.54c	15a	43.5a	9693a	29.12a	20.2a
95000 (D3)	41230ab	434a	12.7b	14.8a	42.1a	10950a b	28.65a	20.7a
105000 (D4)	41950a	399.5a	14.29a	15.4a	43.5a	13220b	31.79a	20.8a

تیمارهای با حروف نامشابه از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌دار هستند.

The treatments with dissimilar letters are significantly different.

این موضوع گویای مشابهت پاسخ عملکرد بیولوژیک به تغییرات تراکم در سطوح مختلف کود دامی است. تأثیر باکتری بر عملکرد بیولوژیک از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). به عبارتی کاربرد یا عدم کاربرد باکتری بر عملکرد بیولوژیک ذرت تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۵). شاید علت معنی‌دار نشدن اثر کاربرد باکتری بر عملکرد بیولوژیک را بتوان تأمین نیاز غذایی گیاه با استفاده از کود دامی ذکر کرد. از طرفی حمیدی و

دیگر محققان مطابقت دارد (Tetio-Kagho *et al.*, 1988; Ulger *et al.*, 1997). تأثیر کود دامی بر عملکرد بیولوژیک از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). به عبارتی وزن زیست توده در دو حالت ۸۰ و ۱۰۰ درصد کود دامی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). بر این اساس کاهش ۲۰ درصد کود دامی تأثیر منفی بر عملکرد بیولوژیک نداشت. اثر متقابل تراکم کاشت و کود دامی بر عملکرد بیولوژیک از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳).

جدول ۵- تأثیر کود دامی و ازتوباکتر بر صفات مورد بررسی در گیاه ذرت
Table 5. Effects of manure and Azotobacter on traits studied in corn

تیمار Treatment	عملکرد بیولوژیک Biomass (kg.ha ⁻¹)	وزن تک بوته Plant weight (gr)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)	تعداد بلال Ear no.m ⁻²	تعداد ردیف در بلال No. of kernel rows.ear ⁻¹	وزن ۱۰۰ دانه 100 Kernel weight (g)	
Manure	کود دامی							
	80% (25 ton.ha ⁻¹)	35661a	395a	10523 a	30.1a	12.1a	15a	20.3a
	100% (30 ton.ha ⁻¹)	37410 a	451.1a	10404 a	28a	12.1a	15a	20.7a
Azotobacter	کود بیولوژیک							
	AZO بدون ازتوباکتر	36070a	412.4a	10453a	28.5a	12a	14a	20.1a
	AZ1 کاربرد ازتوباکتر	37570a	432 a	10660 a	29.7a	12.27a	15a	20.6a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون مقایسه میانگین دانکن در سطح ۵ درصد فاقد تفاوت معنی‌داری هستند.
Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Dancans' Multiple Range Test.

مشابهت پاسخ وزن خشک تک بوته به تغییرات تراکم در سطوح مختلف کود دامی است (شکل ۱). شاید تأمین عناصر غذایی مورد نیاز از طریق ماده آلی خاک و با کاربرد کود دامی دلیل پنهان ماندن اثر باکتری بود.

همچنین کاربرد سطوح مختلف کود دامی و تیمار کاربرد یا عدم کاربرد باکتری بر وزن خشک هر بوته ذرت از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). همان طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود اثر متقابل این دو فاکتور (کود دامی- باکتری) بر وزن خشک هر بوته ذرت از نظر آماری معنی‌دار نبود. به عبارتی پاسخ وزن خشک هر بوته ذرت به مقادیر متفاوت کود دامی در شرایط کاربرد یا عدم کاربرد باکتری مشابه بود.

عملکرد دانه

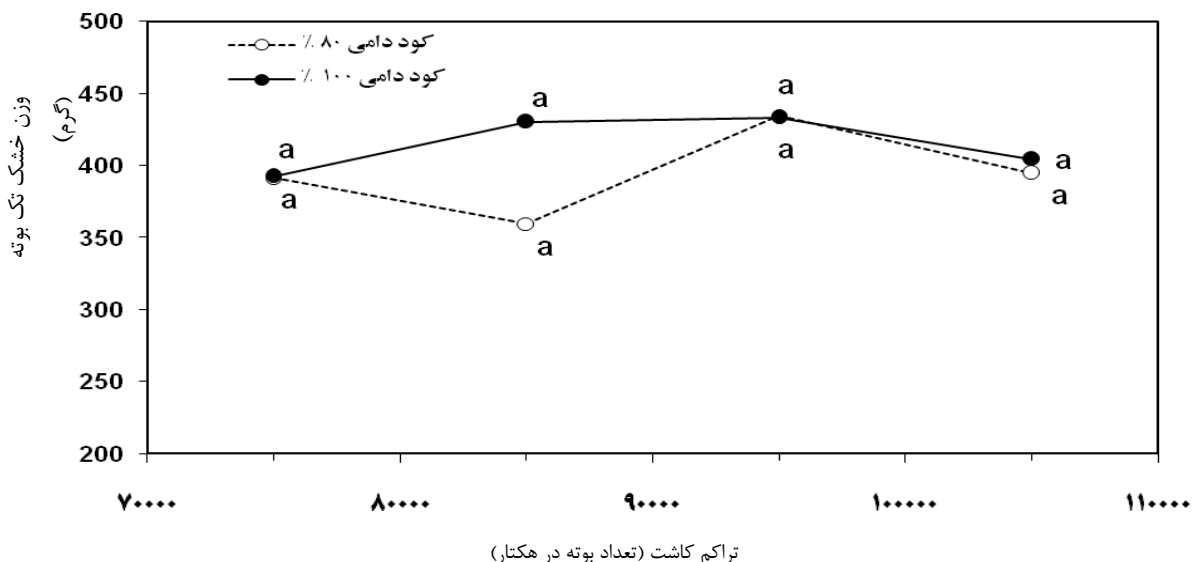
نتایج نشان داد که در بین تیمارهای آزمایشی فقط سطوح مختلف تراکم کاشت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۶). بیشترین عملکرد دانه (۱۳۲۲۰ کیلوگرم در هکتار) به بالاترین تراکم یعنی ۱۰۵ هزار بوته در هکتار و کمترین عملکرد دانه (۷۹۸۸ کیلوگرم در هکتار) به کمترین تراکم کاشت یعنی ۷۵ هزار بوته در هکتار تعلق داشت. بنابراین با افزایش تراکم کاشت، عملکرد دانه در واحد سطح ۶۵ درصد افزایش یافت (جدول ۴). نتایج به دست آمده با نتایج دیگر محققان (Siadat *et al.*, 1999) مطابقت داشت. می‌توان دلیل برتری عملکرد دانه در تراکم‌های کاشت بالاتر را کاهش فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت و در نتیجه استفاده بهینه از نور، فضا، مواد غذایی و سایر عوامل رشد دانست.

همکاران (Hamidi *et al.*, 2009) در آزمایشی تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه را بر عملکرد ذرت علوفه‌ای بررسی و نتیجه گرفتند که باکتری‌های محرک رشد، عملکرد بیولوژیک ذرت را به طور معنی‌داری افزایش دادند که عدم مطابقت با نتیجه تحقیق را می‌توان رقم و تیپ رشدی نسبت داد.

اثر متقابل تراکم کاشت و باکتری بر عملکرد بیولوژیک از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). این موضوع نشان می‌دهد که تغییرات تراکم کاشت با کاربرد یا عدم کاربرد باکتری بر عملکرد بیولوژیک تأثیر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل کود دامی و باکتری بر عملکرد بیولوژیک از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). به عبارتی پاسخ عملکرد بیولوژیک ذرت به مقادیر متفاوت کود دامی در شرایط کاربرد یا عدم کاربرد باکتری مشابه بود. این نتیجه نشان می‌دهد کاربرد کود دامی به میزان ۲۴ تن در هکتار جوابگوی نیاز غذایی گیاه ذرت بوده و کاهش ۲۰ درصد آن تأثیر منفی بر عملکرد بیولوژیک نداشته است.

وزن خشک تک بوته

تأثیر تراکم کاشت بر وزن خشک هر بوته ذرت از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). بر این اساس افزایش تراکم کاشت از ۷۵۰۰۰ به ۱۰۵۰۰۰ بوته در هکتار، افزایش رقابت گیاهی و به تبع آن کاهش وزن تک بوته را در پی نداشته است (جدول ۴). همچنین اثر متقابل فاکتورهای تراکم کاشت و کود دامی بر وزن خشک هر بوته ذرت از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). این موضوع گویای



شکل ۱- تأثیر تراکم کاشت بر وزن تک بوته ذرت در شرایط کاربرد سطوح مختلف کود دامی
Figure 1. Effect of plant density on maize plant weight at different levels of manure application

جدول ۶- تجزیه واریانس عملکرد دانه و شاخص برداشت ذرت تحت کاربرد کود دامی و بیولوژیک در تراکم‌های مختلف بوته

Table 6. Analysis of variance of grain yield and harvest index of corn under manure and biologic fertilizers at different plant density

Source of variation	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)	
			عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)
Replication	تکرار	2	5034469.834 ^{ns}	21.775 ^{ns}
Plant density (D)	تراکم کاشت	3	58226435.66*	49.593 ^{ns}
Main error	خطای اصلی	6	9257035	47.781
Manure (M)	کود دامی	1	168637.445 ^{ns}	55.901 ^{ns}
M×D	تراکم کاشت × کود دامی	3	3273877.481 ^{ns}	71.928 ^{ns}
Sub error	خطای فرعی	8	2484517.285	43.062
Azotobacter (Az)	ازتوباکتر	1	382329.046 ^{ns}	17.763 ^{ns}
Az × D	تراکم کاشت × ازتوباکتر	3	4955630.46 ^{ns}	85.248 ^{ns}
M × Az	کود دامی × ازتوباکتر	1	7421020.112 ^{ns}	144.907 ^{ns}
D × M × Az	تراکم کاشت × کود دامی × ازتوباکتر	3	4102150.697 ^{ns}	31.146 ^{ns}
Sub-sub error	خطای فرعی فرعی	16	2885760.351	93.437
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	16.24	27.24

^{ns} و * : به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪.

^{ns} and * : Non-significant and significant at 5% probability level, respectively.

شاخص برداشت

برداشت در تراکم‌های بالا را می‌توان به رقابت ناشی از تراکم بالا و در نتیجه افزایش درصد عقیمی بلال‌ها و اختلال در گرده افشانی بیان کرد. سیادت و همکاران

تأثیر تراکم کاشت بر شاخص برداشت ذرت از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۶). دلیل پایین بودن شاخص

(جدول ۵) و علت عدم اثر متقابل فاکتورهای تراکم کاشت- کود دامی و تراکم کاشت- باکتری بر تعداد بلال در متر مربع گویای مشابهت پاسخ تعداد بلال در واحد سطح به تغییرات تراکم کاشت در سطوح مختلف کود دامی و کاربرد باکتری است. البته بر اساس آزمون مقایسه میانگین دانکن در سطح ۵ درصد بین تیمار تراکم ۱۰۵۰۰۰ بوته در هکتار با کاربرد باکتری به عنوان دارنده بیشترین تعداد بلال در واحد سطح (۱۴/۵۸ عدد) و تیمار ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار با کاربرد باکتری به عنوان دارنده کمترین تعداد بلال در واحد سطح (۱۰ عدد) اختلاف معنی داری وجود داشت. با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش و این واقعیت که باکتری‌های مورد استفاده دارای قابلیت تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه، به ویژه اکسین، جیبرلین و سیتوکینین هستند، بنابراین به نظر می‌رسد که همین سازوکار در افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و تعداد بلال موثر بوده است. با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، کاربرد باکتری‌های محرک رشد از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد نیز می‌تواند سبب صفت اندازه گیری شده، شوند به گونه ای که سبب پنهان ماندن اثرات کاربرد کود دامی در هکتار شده است.

تعداد ردیف در بلال

تعداد ردیف دانه در بلال تحت تأثیر تراکم کاشت، کود دامی و کاربرد باکتری قرار نگرفت (جدول ۷). معنی دار نشدن تأثیر فاکتورهای محیطی بر تعداد ردیف دانه در بلال نشان دهنده ثبات نسبی این جز از اجزای عملکرد است (Siadat *et al.*, 1999). این امر به نوبه خود بر ژنتیکی بودن این مؤلفه و پایداری نسبتاً بالای آن در مقابل تغییرات محیطی دلالت دارد و نقش کمی در تعیین عملکرد دانه دارد (جدول ۴) نتایج به دست آمده با نتایج دیگر محققان مطابقت دارد (Hassan, 2000). در آزمایشی مشابه افزایش ۵۹ درصدی عملکرد دانه ذرت را با افزایش تعداد ردیف‌ها و تعداد دانه‌های بلال تا دو برابر بر اثر تلقیح با باکتری آزوسپریلیوم گزارش کردند (Fulchieri and Frioni, 1994).

تعداد دانه در ردیف

تعداد دانه در ردیف بلال از نظر آماری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۷). در این میان بیشترین تعداد دانه در ردیف بلال (۴۵/۵) به مقدار کاربرد

(Siadat *et al.*, 1999) اظهار داشتند که در تراکم‌های کاشت بالاتر به علت رقابت ناشی از تراکم بالا، شاخص برداشت پایین‌تر است. تأثیر کود دامی و اثر متقابل فاکتورهای تراکم کاشت و کود دامی بر شاخص برداشت ذرت از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۶). این مطلب گویای مشابهت پاسخ شاخص برداشت ذرت به تغییرات تراکم و مقادیر مختلف کود دامی است. تأثیر باکتری بر شاخص برداشت ذرت از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۶). شاید ماده آلی بالای خاک سبب پنهان ماندن اثرات کاربرد باکتری شده است. اثر متقابل فاکتورهای تراکم کاشت و باکتری بر شاخص برداشت ذرت از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۶). این موضوع نشان می‌دهد که تغییرات تراکم کاشت با کاربرد یا عدم کاربرد باکتری بر شاخص برداشت ذرت تأثیر معنی‌داری نداشت. البته بر اساس آزمون مقایسه میانگین دانکن در سطح ۵ درصد بین تیمار تراکم کاشت ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار با کاربرد باکتری و بدون باکتری اختلاف معنی‌داری وجود داشت، بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. می‌توان بیان داشت که از توپاکتر با تأثیر بر تسهیم وزن خشک بوته و تخصیص ماده خشک بیشتر به دانه سبب افزایش شاخص برداشت شده است. در این آزمایش پاسخ شاخص برداشت ذرت به مقادیر متفاوت کود دامی در شرایط کاربرد و عدم کاربرد باکتری مشابه بود. شاید کاربرد کود دامی باعث پنهان ماندن اثر باکتری شده است (جدول ۶).

تعداد بلال در واحد سطح

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که در بین تیمارهای مختلف فقط تراکم‌های مختلف کاشت بر تعداد بلال در مترمربع از نظر آماری در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. بر این اساس در دامنه تراکم ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار تا ۱۰۵۰۰۰ بوته در هکتار بیشترین تعداد بلال (۱۴/۲۹ بلال در مترمربع) به تراکم ۱۰۵۰۰۰ بوته در هکتار و کمترین تعداد بلال (۱۰ بلال در مترمربع) به تراکم ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار تعلق داشت (جدول ۴ و شکل ۳).

شاید بتوان علت عدم تأثیر کود دامی بر تعداد بلال در مترمربع را تأمین نیازهای غذایی ذرت با کاربرد سطح پایین کود دامی (۲۴ تن در هکتار) دانست. در نتیجه کاهش ۲۰ درصدی کود دامی از سطح بالای آن (۳۰ تن در هکتار) اثر منفی بر تعداد بلال در واحد سطح ندارد

جدول ۷- تجزیه واریانس برخی خصوصیات مورفولوژیک ذرت تحت کاربرد کود دامی و بیولوژیک در تراکم‌های مختلف بوته

Table 7. Analysis of variance for some ear morphological characteristics of corn under manure and biologic fertilizers at different plant density

Source of variation	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)			وزن ۱۰۰ دانه 100 Kernal weight (gr)
			تعداد بلال در واحد سطح No. of ears.area ⁻¹	تعداد ردیف در بلال No. of kernel rows.ear ⁻¹	تعداد دانه در ردیف No. of kernel.row ⁻¹	
Replication	تکرار	2	0.853 ^{ns}	1.021 ^{ns}	3.250 ^{ns}	7.941 ^{ns}
Plant density (D)	تراکم کاشت	3	39.523 ^{**}	1.472 ^{ns}	13.639 ^{ns}	1.646 ^{ns}
Main error	خطای اصلی	6	0.289	1.243	33.306	7.790
Manure (M)	کود دامی	1	0.008 ^{ns}	0 ^{ns}	3 ^{ns}	2.042 ^{ns}
M×D	تراکم کاشت × کود دامی	3	0.571 ^{ns}	0.833 ^{ns}	24.333 ^{ns}	13.109*
Sub error	خطای فرعی	8	0.430	0.438	10	2.104
Azotobacter (Az)	ازتوباکتر	1	0.85 ^{ns}	0.333 ^{ns}	12 ^{ns}	0.285 ^{ns}
Az × D	تراکم کاشت × ازتوباکتر	3	0.289 ^{ns}	0.056 ^{ns}	23.333 ^{ns}	5.130 ^{ns}
M × Az	کود دامی × ازتوباکتر	1	0.008 ^{ns}	0.083 ^{ns}	10.083 ^{ns}	0.175 ^{ns}
D × M × Az	تراکم کاشت × کود دامی × ازتوباکتر	3	0.571 ^{ns}	1.472 ^{ns}	14.083 ^{ns}	3.109 ^{ns}
Sub-sub error	خطای فرعی فرعی	16	0.430	0.688	8.729	3.486
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	5.41	5.54	6.93	9.11

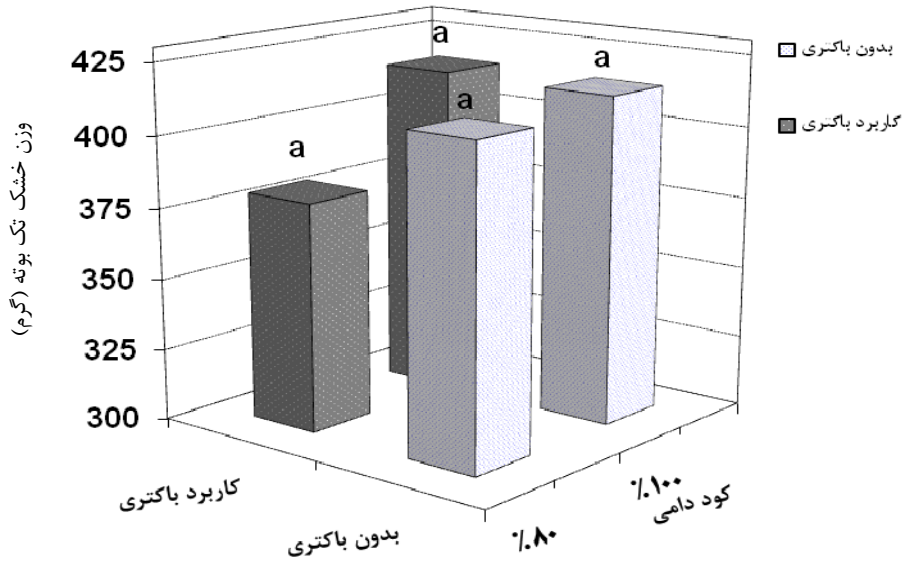
^{ns}، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

^{ns}، * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

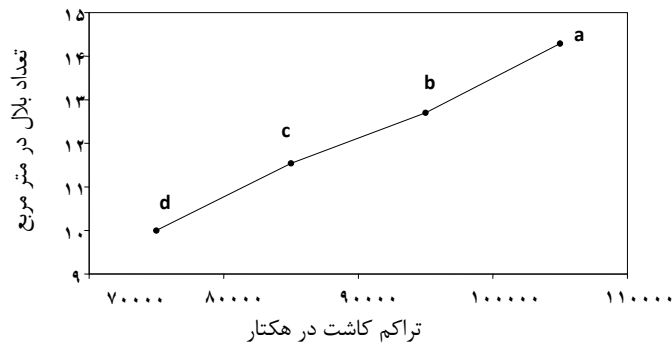
وزن ۱۰۰ دانه

برهمکنش تراکم کاشت و کود دامی بر وزن ۱۰۰ دانه از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۷). بیشترین وزن ۱۰۰ دانه (۲۲/۱۰ گرم) به تراکم کاشت ۹۵۰۰۰ بوته در هکتار و کاربرد کود دامی در سطح ۱۰۰ درصد و کمترین وزن ۱۰۰ دانه (۱۹/۴۵ گرم) به تراکم کاشت ۹۵۰۰۰ بوته در هکتار و کود دامی در سطح ۸۰ درصد تعلق داشت. از نظر آماری تأثیر باکتری بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار نبود (جدول ۷). در هر دو حالت کاربرد یا عدم کاربرد باکتری، وزن ۱۰۰ دانه (۲۰ گرم) برآورد شد (جدول ۵). به نظر می‌رسد با تأمین نیاز غذایی ذرت توسط ماده آلی خاک و کود دامی اثر باکتری پنهان مانده است. البته با کاربرد باکتری وزن ۱۰۰ دانه ۵ درصد بیشتر از حالتی بود که از باکتری استفاده نشد. اثر متقابل کود دامی و باکتری نیز بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار نبود (جدول ۷). در اینجا نیز در شرایط کاربرد باکتری وزن ۱۰۰ دانه ۹ درصد بیشتر از حالتی بود که از باکتری استفاده نشد. بررسی سایر محققان نیز مشخص ساخت که تلفیح

کود دامی در سطح ۸۰ درصد و بالاترین تراکم یعنی ۱۰۵۰۰۰ بوته در هکتار و کمترین تعداد دانه در ردیف بلال (۴۰) به کاربرد کود دامی در سطح ۸۰ درصد و کمترین تراکم کاشت یعنی ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار تعلق داشت. همچنین در مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن (جدول ۵) مشاهده شد که کاربرد یا عدم کاربرد باکتری بر تعداد دانه در ردیف بلال تأثیر معنی‌داری نداشت، احتمالاً به علت غنی بودن خاک مزرعه و افزایش کود دامی به آن باکتری نتوانسته است اثرات مفید خود را نشان دهد. با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش تغییرات تراکم کاشت با کاربرد یا عدم کاربرد باکتری بر تعداد دانه در ردیف تأثیر معنی‌داری نداشت و اثر متقابل فاکتورهای کود دامی و باکتری بر تعداد دانه در ردیف بلال از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۷). به عبارتی در تراکم‌های مختلف کاربرد باکتری تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در ردیف بلال نداشت. شاید بتوان گفت کاربرد سطح بالای کود دامی (۳۰ تن در هکتار) سبب پنهان ماندن اثرات باکتری شده است.



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف کود دامی بر وزن خشک تک بوته ذرت در شرایط کاربرد و عدم کاربرد باکتری.
Figure 2. Effect of different levels of manure on maize plant dry weight in conditions application and absence of bacteria.



شکل ۳- تأثیر تراکم کاشت بر تعداد بلال در واحد سطح.
Figure 3. Effect of planting density on the number of ears per unit area.

داشت. در بین تیمارهای تلفیقی فقط تیمار ترکیبی تراکم کاشت و کود دامی از نظر آماری بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار بود. بر این اساس بیشترین وزن ۱۰۰ دانه (۲۲/۱۰ گرم) به تیمار تراکم کاشت ۹۵۰۰۰ بوته در هکتار و کاربرد کود دامی در سطح ۱۰۰ درصد و کمترین وزن ۱۰۰ دانه (۱۹/۴۵ گرم) به تیمار تراکم کاشت ۹۵۰۰۰ بوته در هکتار و کود دامی در سطح ۸۰ درصد تعلق داشت. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که اگرچه کود زیستی تأثیر

بذرهای ذرت با ازتوباکتر و پسودوموناس وزن هزار دانه را ۹/۶ درصد افزایش می‌دهد (Zahir et al., 1998).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۱۳۲۲۰ کیلوگرم در هکتار) در تراکم کاشت ۱۰۵۰۰۰ بوته در هکتار مشاهده شد و کمترین عملکرد دانه در واحد سطح (۷۹۸۸ کیلوگرم در هکتار) نیز به کمترین تراکم کاشت یعنی ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار تعلق

دامی علاوه بر تولید محصول کافی، می‌تواند نقش موثری در سالم سازی محیط زیست و راهبرد مهمی در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار داشته است.

معنی‌داری بر فاکتورهای مورد ارزیابی نداشت، ولی مقدار عددی به دست آمده در تیمارهای مربوط به کود زیستی از توباکتر بالاتر از تیمار شاهد (بدون از توباکتر) بود. بنابراین می‌توان اظهار داشت که استفاده از کودهای زیستی و

References

- Abbass, Z. and Okon, Y. 1993. Plant growth promoting by (*Azotobacter paspali*) in the rizosphere. *Soil Biology and Biochemistry* 8 (25): 1075-1083.
- Akintoye, H. A., Lucas, E. O., and Kling, J. G. 1997. Effects of planting and time of nitrogen application on maize varieties in different ecological zones of West Africa communications in soil. *Science and Plant Annals* 28: 1163-1175.
- Courtney, R. G. and Mullen, G. J. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Bioresource Technology* 99: 2913-2918.
- De Pascal, S., Tamburrino, R., Maggio, A., Barbieri, G., Fogliano, V. and Pernice, R. 2006. Effect of nitrogen fertilization on the nutritional value of organically and conventionally grown tomatoes. Proceedings of the International Symposium towards. *Ecologically Sound Fertilization Strategies for Field Vegetable Production* 700: 107-110.
- Diaz, M., Virginia, M. and Canigia, F. 2009. Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity. *European Journal of Soil Biology* 45 (1): 3-11.
- Fulchieri, M. and Frioni, L. 1994. *Azospirillum Inoculation* on maize effect on yield in a field experiment in central Argentina. *Soil Biology and Biochemistry* 26: 921-923.
- Hamidi, A., Chokan, R., Asghar Zadeh, A., Dehghan shoaar, M., ghalavand, A. and Malakoti, M. J. 2009. The effect of use bacterial growth promoting (PGPR) on the phenology of late maturitu hybrid. *Iranian Journal of Crop Science* 11: 270-249. (In Persian).
- Hashemi-Dezfouli, A. and Herbert, S. J. 1992. Intensifying plant density response of corn with artificial shade. *Agronomy Journal* 84: 547-551.
- Hassan, A. A. 2000. Effect of plant population density on yield and yield components of eight Egyptain maize hybrids. *Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo* 51 (1): 1-16.
- Pandy, S., and Gardner, C. O. 1990. Recurrent selection for population, variety and hybrid improvement in tropical maize. *Advances in Agronomy* 48: 1-87.
- Roesi, D., Gaur, R., Johri, B. N., Imfeld, G., Sharma, S., Kawaljeet, K. and Aragno, M. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacteria community structure in rainfed wheat fields. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 1111-1120.
- Srivastava, R., Joshi, M., Kumar, A., Pachari, S. and Sharma, A. K. 2010. Biofertilizers for sustainable agriculture. In: Sharma, A. K., Wahab, S. and Srivastava, R. (Eds.). *Diversification problems and perspectives*. International Publishing House Pvt. Ltd. New Delhi, India. pp. 58-73.
- Siadat, S. A. and Hashemi-Dezfouli, A. 1999. Investigation of the effects of density and planting pattern on yield and yield component of hybrid corn (SC704). *Journal of Agricultural Science* 9 (2): 39-48. (In Persian).
- Subba Rao, N. S. 1988. *Biofertilizer in agriculture* (2th ed.). Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi, India.
- Tetio-Kagho, F., and Gardner, F. P. 1988. Response of maize to plant population density in reproductive development, yield and yield adjustments. *Agronomy Journal* 80: 935-940.

- Ulger, A. C., Ibbikci, H., Cakir, B. and Guzel, N. 1997.** Influence of nitrogen rates and row spacing on corn yield, protein content and other parameters. **Journal of Plant Nutrition** 20: 1697-1709.
- Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K. C. and Wong, M. H. 2005.** Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. **Geoderma** 125: 155-166.
- Zahir, A. Z., Arshad, M. and Khalid, A. 1998.** Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria . **Pakistan Journal of Soil Science** 15: 7-11.
- Zahir, A. Z., Arshad, M. and Frankenberger, W. F. 2004.** Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. **Advances in Agronomy** 81: 97-168.

Evaluating of the manure and PGPR application on yield and yield components of maize (var. BC666) at different planting densities

Mojgan Beiranvandi¹, Amir Ghalavand² and Abdolreza Ahmadi^{3*}

1. Postgraduate of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahed University, 2. Assoc. Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, 3. Assist. Prof., Dept. of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Lorestan University

(Received: April 8, 2013- Accepted: August 12, 2013)

Abstract

To evaluate the effect of manure and *Azotobacter* application on yield and yield components of maize, an experiment was carried out in Ecological Research Station of Khorramabad in 2007. Four plant densities (75, 85, 95 and 105 thousand plants per ha) and manure at 80% and 100% (24 and 30 ton.ha⁻¹) and two levels of *Azotobacter chroococcum* (inoculation and uninoculation), were arranged in a split split plot design based on randomized complete block design with three replications. Results showed that plant density had significant effect on biological yield, grain yield and number of ears per unit area. Increasing of plant density from 75000 to 105000 plants.ha⁻¹ increased 42% of biological yield, 65% of grain yield and 42% of the number of ears per unit area. Totally, results from current research showed that under climate conditions of Khorramabad, the autumn crops are harvested in early summer next year. Therefore, corn plant can be considered in rotation cycle as the second culture. Also, the plant density of 95000 plant.ha⁻¹ and application of 24 ton.ha⁻¹ manure for supplying plant nutrition are suitable for corn as second culture. It seems that there is not the suitable conditions to show the beneficial effects of bacteria in rich soils of nutrients (manure application).

Keywords: *Azotobacter chroococcum*, Maize, Manure, Plant density

*Corresponding author: ahmadi1024@gmail.com