نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۰، ص. ۱۰-۱

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No. 1, Mar-Apr 2011, p. 1-10

مطالعه تاثیر سویه‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر خصوصیات رشد و عملکرد ذرت

آتنا بیاری[1*]- احمد غلامی[2]- هادی اسدی رحمانی[3]

تاریخ دریافت:۸۸/۱/۳۱
تاریخ پذیرش:۸۹/۸/۱۶

چکیده

با استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی و بویژه باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه می‌توان رشد گیاهان را بهبود بخشید. دراین آزمایش اثر تلقیح دو گونه باکتری آزوسپیریلوم و ازتوباکتر بر خصوصیات رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت مورد بررسی قرار گرفت. این تحقیق به صورت آزمایش کرتهای خرد شده فاکتوریل و در قالب بلوکهای کامل تصادفی اجرا گردید. در این مطالعه مدیریت تغذیه در دو سطح به عنوان کرتهای اصلی مورد بررسی قرار گرفتند و تیمارهای تلقیحی شامل باکتری Azotobacter با سه سطح، A_0: بدون تلقیح، A_1: *A.*sp.Strain5، A_2 : *A.chroococcum* DSM2286 و باکتری Azospirillum با چهار سطح Z_0: بدون تلقیح، Z_1: *A.* sp.Strain21، Z_2: *A. lipoferum* DSM 1691 و Z_3: *A. brasilense* DSM1690 به عنوان کرتهای فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج این بررسی نشان داد که تلقیح ذرت با ازتوباکتر یا آزوسپیریلوم موجب شد تا عملکرد دانه، وزن خشک صد دانه، ساقه، برگ، کل بوته، ارتفاع بوته، سطح برگ و میزان نیتروژن دانه در مقایسه با شاهد به طور معنی داری تحت تاثیر قرار گیرد. کاربرد توام این دو باکتری نیز افزایش معنی داری را در عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد دانه در بلال، قطر بلال، وزن خشک ساقه، برگ، کل بوته، ارتفاع بوته و مقدار عنصر نیتروژن دانه نشان داد.

واژه‌های کلیدی: ذرت، باکتری محرک رشد، ازتوباکتر، آزوسپریلوم، عملکرد

مقدمه

از مولفه های اساسی افزایش عملکرد محصولات کشاورزی، مصرف بیشتر انواع نهاده ها، بویژه کودهای شیمیایی است. در سالهای اخیر کاربرد کودهای شیمیایی انقلابی در تولید محصولات زراعی بوجود آورده، بنحوی که در سال ۱۹۹۸ حدود ۳۶۵ میلیون تن کود شیمیایی در جهان و در سطحی معادل ۱/۴ میلیارد هکتار مورد استفاده قرار گرفته است. هر ساله نیز انواع جدیدتر کودهای شیمیایی با فرمولاسیونها و درصد متفاوت عناصر غذایی معرفی می‌شوند (۱). در دهه‌های اخیر با افزایش مصرف کودهای شیمیایی مشکلات جدی زیست محیطی و اقتصادی بر جامعه تحمیل شده است. دراین راستا، تلاشهای گسترده ای به منظور یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها آغاز شده است.

یکی از راهکارهای تولید بهینه محصول و حفظ سلامت محیط زیست، فراهم سازی شرایط لازم و ضرورت استفاده بیشتر از میکروارگانیسم های خاکزی و کودهای زیستی (Biofertilizer) می باشد. در این میان استفاده از میکروارگانیسم‌های خاک و مخصوصا باکتری‌ها که با انجام فرآیندهای مختلف زیستی در رشد گیاه و چرخه عناصر غذایی خاک دخالت دارند بطور روز افزونی افزایش یافته است.

باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه[4] جزء باکتریهای همیار یا آزادزی در خاک هستند (برخی محققین باکتریهای همزیست ریزوبیوم را نیز بعنوان باکتری محرک رشد در نظر می‌گیرند (۲۴)). این باکتری‌ها اغلب در نزدیکی یا حتی در داخل ریشه گیاهان یافت می‌شوند (۲). باکتریهای PGPR از طرق مختلفی از جمله تثبیت نیتروژن، تولید سیدروفورهای کمپلکس کننده آهن، تولید هورمون‌های گیاهی، سنتز آنتی بیوتیک‌ها و ترکیبات قارچ کش رشد گیاهان را بهبود می‌بخشند. از میان این باکتریها، آزوسپیریلوم و ازتوباکتر به دلیل توانایی در برقراری ارتباط با گیاهان مهم زراعی نظیر ذرت، سورگوم و گندم توجه بیشتری را به خود جلب کرده اند

۱و۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود
(*- نویسنده مسئول: Email: biari_atena@yahoo.com)
۳- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات آب و خاک تهران

4- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

(۱۴، ۱۸، ۱۹و ۲۷). ازتوباکتر قادر است با استفاده از مکانیسم‌های مختلفی همچون تثبیت نیتروژن اتمسفری، تولید هورمونهایی نظیر اکسین ها، جیبرلین‌ها و ویتامینهای B، ترشح سیدروفور و اسیدهای آلی در ریزوسفر، عملکرد را در گیاهانی نظیر گندم را افزایش دهد (۲۱). آزوسپیریلوم نیز همانند ازتوباکتر قادر به تثبیت غیر همزیستی نیتروژن در گیاهان غیر لگومینوزه می‌باشد و اغلب دارای صفات مفید ذکر شده برای ازتوباکتر نیز می‌باشند. از جمله نتایج تلقیح گیاهان با این باکتریها می‌توان به افزایش عملکرد، تاثیر بر وزن دانه و سایر اجزاء عملکرد اشاره کرد (۴، ۵، ۲۰، ۲۲ و ۲۳).

پژوهش حاضر با هدف بررسی آثار تلقیح سویه‌های مختلف این باکتریها و تلقیح همزمان آنها بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت در منطقه شاهرود به اجرا در آمد. از آنجا که کاربرد کودهای بیولوژیک در خاکهای مختلف غالباً بدون توجه به سطح حاصلخیزی خاک انجام می‌شود، لذا در این تحقیق باکتریهای مورد استفاده در دو سطح مختلف حاصلخیزی بررسی شدند.

مواد و روش ها

این تحقیق به منظور بررسی تاثیر تلقیح ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر رشد و نمو ذرت در مراحل مختلف، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۸۵ اجرا گردید. به منظور اندازه گیری خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه، نمونه مرکبی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک مزرعه جمع آوری و جهت تجزیه به آزمایشگاه موسسه تحقیقات خاک و آب منتقل شد. مشخصات خاک مورد آزمایش در جدول۱ آورده شده است. این مطالعه به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده فاکتوریل و در قالب بلوکهای کامل تصادفی اجرا گردید. عوامل مورد بررسی عبارت بودند از: مدیریت تغذیه شامل دو سطح: ۱-کوددهی براساس عرف منطقه (متشکل از به ترتیب۳۰۰ و۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و فسفات دی آمونیوم) ۲- کوددهی براساس روش تغذیه متعادل (تغذیه متعادل گیاه به ترتیب ۱۵۰،۳۰۰و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم). فاکتورهای فرعی که در سطوح فاکتور اصلی خرد شده بودند ترکیبی از دو عامل ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بصورت فاکتوریل بودند که عامل ازتوباکتر شامل سه سطح A_0: بدون تلقیح، A_1: *Azotobacter sp.*Strain 5، A_2: *Azotobacter chroococcum* DSM2286 و عامل آزوسپیریلوم متشکل از چهار سطح Z_0: بدون تلقیح، Z_1: *Azospirillum*sp.Strain21 ، Z_2: *Azospirillum lipoferum* DSM 1691، Z_3: *Azospirillum brasilense* DSM1690 بود. رقم ذرت مورد استفاده در این آزمایش ۶۴۷ بود. برای اطمینان از عدم آغشته بودن به هر گونه آلودگی، بذور چندین بار شستشو و ضد عفونی شدند. ضد عفونی سطح بذرها به مدت ۱۰ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۲درصد انجام گرفت. به منظور جلوگیری از کاهش جمعیت باکتری‌ها حداقل فاصله زمانی بین زمان تلقیح بذور تا کاشت (کمتر از ۲۴ ساعت) در نظر گرفته شد. با درنظر گرفتن سطح کاشت در تیمارهای مختلف مقدار مشخصی از بذور توزین شده و با محلول ۲۰ درصد صمغ عربی آغشته گردید. در مرحله بعد مقدار تعیین شده از هر مایه تلقیح (با جمعیت تقریبی 10^8 باکتری در هر میلی لیتر) به بذور افزوده و بطور کامل مخلوط شدند. پس از فرآیند تلقیح، بذور را در سایه خشک نموده و جهت کشت به مزرعه منتقل گردیدند. این تحقیق شامل ۳ تکرار و ۲۴ کرت آزمایشی بود. هر کرت آزمایشی از ۴ ردیف ۶ متری به فواصل ۰/۷ متر از یکدیگر تشکیل شده بود. فاصله بذور روی ردیفها ۰/۲ متر در نظر گرفته شد. آبیاری به صورت فاروئی و میزان آن با توجه به شرایط منطقه، عرف محل و فصل رشد هر ۱۲روز یکبار و پس از گلدهی هر ۱۰روز یکبار انجام شد. میزان آب ورودی به تمام کرتها بطور یکسان درنظر گرفته شد. همچنین به منظور جلوگیری از اختلاط و آلودگی تیمارهای باکتری با یکدیگر در هر کرت جوی‌های آبیاری به نحوی تعبیه شدند که آب آبیاری اضافی هر تکرار توسط یک جوی خروجی در انتهای کرت‌ها از مزرعه خارج شود. بوته‌های ذرت پس از رسیدگی فیزیولوژیکی نمونه برداری شده و جهت اندازه گیری عملکرد نهایی و اجزاء عملکرد به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای $70\ ^{o}C$ در آون خشک شده و سپس توزین شدند. به منظور تعیین مقدار عنصر نیتروژن جذب شده توسط بذور ۱۰ گرم از بذور خشک آسیاب شده هر کرت به آزمایشگاه موسسه تحقیقات آب و خاک ارسال و میزان نیتروژن بذرها اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه قرار گرفت. میانگین نتایج بدست آمده با استفاده از روش دانکن و با سطح احتمال ۰/۰۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات زراعی مورد مطالعه در جدول۲ و مقایسات میانگین نتایج تلقیح باکتریهای ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر عملکرد دانه، وزن خشک صد دانه، تعداد دانه در بلال، قطر بلال، وزن خشک ساقه، برگ، کل بوته، ارتفاع بوته، سطح برگ و میزان نیتروژن در جدول۳ آورده شده اند. نتایج این تحقیق نشان داد که تأثیر تلقیح با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر عملکرد دانه ذرت معنی دار بود. استفاده از سویه‌های ازتوباکتر *A. sp.*Strain 5 و *A. chroococcum* بترتیب موجب ۲۰ و ۱۱ درصد افزایش عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد شد. بر طبق نتایج به دست آمده از شیندی و آپته (۲۲) در رابطه با واکنش گیاه ذرت به تلقیح توسط *A.chroococcum* در هندوستان افزایش عملکرد از ۳۵/۵ تا ۷۱/۷ درصد بدست آمد. پاندی و همکاران (۱۵) نیز افزایش عملکرد حاصل از تاثیر ازتوباکتر را در گیاه ذرت گزارش نمودند.

جدول۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق (سانتیمتر)	هدایت الکتریکی EC (dSm^{-1})	اسیدیته pH	درصد ازت ٪ N	کربن آلی % OC	فسفر (g/kg)	پتاسیم (g/kg)	آهن (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	روی (mg/kg)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن
۰ -۳۰	۳/۹۰	۷/۸۸	۰/۰۴	۰/۷۵	۶/۴	۲۳۰	۲/۷۲	۶/۴۴	۰/۵۴	۳۶	۴۸	۱۶

مطابق نتایج بدست آمده بیشترین میزان افزایش میانگین عملکرد دانه در مقایسه با شاهد را بوته‌های تلقیح یافته با سویه آزوسپیریلوم *A.sp*.Strain 21 (۲۳ درصد افزایش) داشتند (جدول ۳). میشرا و همکاران (۱۴)، همچنین پاندی و همکاران (۱۵) گزارش کردند که تلقیح با آزوسپیریلوم عملکرد و وزن خشک دانه را در گیاه ذرت افزایش داد. زمرانی و همکاران (۲۹) اظهار داشتند که مقدار نیتروژن دانه، عملکرد دانه و وزن هزار دانه ذرت بواسطه تلقیح با *A.lipoferum* افزایش یافت.

بررسی نتایج حاصل از این تحقیق در جدول۲ بیانگر آن است که تلقیح با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم تاثیر معنی داری بر وزن صد دانه داشت. بیشترین میزان وزن خشک صد دانه در بوته‌های تلقیح یافته با ازتوباکتر سویه *A.sp*.Strain 5 (۱۰درصد افزایش در مقایسه با شاهد) تولید شد (جدول۳).

در این تحقیق حداکثر میزان افزایش وزن صد دانه در بذور تلقیح یافته با سویه *A. sp*.Strain 21 و *A. brasilense* (بترتیب ۱۰ و ۸ درصد افزایش نسبت به شاهد) مشاهده شد (جدول۳). ماستیهولی و ایتنال (۱۲) افزایش در وزن صد دانه سورگوم تلقیح یافته با سویه‌های آزوسپیریلوم را گزارش کردند. تاثیر سویه‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر تعداد دانه در بلال و قطر بلال معنی دار نبود (جدول۲). پیائو و همکاران (۱۷) در تحقیقی گزارش کردند که تلقیح گیاه برنج با دو سویه مورد استفاده ازتوباکتر، تأثیر معنی داری بر تعداد خوشه و تعداد دانه در هر خوشه نداشت. زاید و همکاران (۲۷) اظهار داشتند که تلقیح ذرت با سویه‌های آزوسپیریلوم بر صفاتی نظیر تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در بلال و قطر بلال تأثیر معنی داری نداشت.

نتایج این آزمایش همچنین نشان داد که وزن خشک ساقه و برگ بطور معنی داری تحت تاثیر تلقیح با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم قرار گرفت. از مقایسه میانگین نتایج چنین استنباط می‌شود که کاربرد ماده تلقیحی ازتوباکتر موجب افزایش وزن خشک ساقه نسبت به شاهد شد. بیشترین میزان وزن خشک ساقه از سویه *A.sp*.Strain 5 بدست آمد (۲۳ درصد افزایش در مقایسه با شاهد)(جدول۳). در تحقیقی مشخص شد که وزن خشک ساقه، سطح برگ و عملکرد دانه در بوته‌های کلزای تلقیح یافته با سویه‌های ازتوباکتر به طور معنی داری افزایش یافت. این اثرات می‌تواند بواسطه تأثیر ازتوباکتر بر افزایش میزان نیتروژن قابل استفاده برای گیاه، هورمونهای گیاهی و همچنین محافظت گیاه در برابر بیماریها باشد که منجر به افزایش سطح برگ و عملکرد گیاه می‌شود (۲۸). مارتینز تولدو و همکاران (۱۱) در بوته‌های تلقیح یافته با باکتری *A.chroococcum* همراه با مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن، افزایش معنی دار وزن ساقه را در مقایسه با عدم تلقیح گزارش نمودند.

میانگین نتایج آزمایش نشان داد که سویه *A.sp*.Strain21 موجب افزایش معنی دار وزن ساقه در مقایسه با شاهد شد (۲۳درصد افزایش نسبت به عدم تلقیح)(جدول۳). کوهن و همکاران (۵) نیز افزایش وزن خشک ذرت در اثر تلقیح با آزوسپیریلوم را گزارش کردند.

در این تحقیق مشخص شد که بیشترین میزان وزن خشک برگ از تلقیح با سویه *A.sp*.Strain5 (۲۷/۵۰ گرم در بوته) حاصل شد. سویه*A.sp*.Strain21 در مقایسه با سایر سطوح آزوسپیریلوم بیشترین تاثیر را بر وزن خشک برگ داشت (جدول۳). کاپولنیک و همکاران (۱۰) اظهار داشتند که تلقیح آزوسپیریلوم موجب افزایش وزن خشک برگ ذرت شد.

نتایج جدول۲ نشان دهنده آن است که وزن کل بوته‌های ذرت در مقایسه با شاهد بطور معنی داری تحت تاثیر تلقیح با باکتری‌های ازتوباکتر و همچنین آزوسپیریلوم قرار گرفتند ($P<۰/۰۱$). دو سویه *A.sp*.Strain 5 و *A. chroococcum* بترتیب موجب ۳۳و ۲۱درصد افزایش وزن خشک کل بوته در مقایسه با شاهد شدند (جدول۳). زهیر و همکاران (۲۶) نیز افزایش ۱۸درصدی وزن خشک بوته‌های ذرت تلقیح یافته با ازتوباکتر و سودوموناس را گزارش کردند.

در این مطالعه در نتیجه استفاده از سویه‌های آزوسپیریلوم *A. sp*.Strain21، *A. lipoferum* و *A. brasilense* وزن خشک کل بوته بترتیب به میزان۲۴، ۱۲و۱۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت (جدول۳). آزوسپیریلوم بعنوان یک تحریک کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی سبب تولید اکسین‌ها میشودکه موجب افزایش تولید تارهای کشنده ریشه می‌شود و لذا جذب عناصر غذایی از خاک و رشد گیاه بهبود می‌یابد (۹، ۱۶و ۲۳).

مطابق نتایج نشان داده شده در جدول۲، کاربرد ماده تلقیح ازتوباکتر بر ارتفاع بوته و سطح برگ تاثیر معنی داری داشت

(P<۰/۰۵). بیشترین و کمترین میزان ارتفاع بوته ذرت به ترتیب از تلقیح با سویه *A.sp*.Strain 5 و شاهد بدست آمد (به ترتیب۱۷۴/۳۳ و۱۶۷/۲۵سانتی متر). همچنین بیشترین میزان سطح برگ از تلقیح با سویه *A.sp*.Strain 5 (۵درصد افزایش در مقایسه با شاهد) بدست آمد (جدول۳).

اثر سویه‌های مورد استفاده آزوسپیریلوم بر میزان ارتفاع بوته و سطح برگ ذرت معنی دار بود (P<۰/۰۵). بیشترین و کمترین میزان ارتفاع بوته بترتیب از سویه *A.sp*.Strain21 و شاهد حاصل شد (بترتیب به میزان ۱۷۷/۱۶و۱۶۶/۹۴ سانتی متر). همچنین حداکثر مقدار سطح برگ از سویه های *A. lipoferum* و *A. sp*.Strain21 (بترتیب ۷و۶ درصد افزایش درمقایسه با شاهد) و کمترین میزان از شاهد بدست آمد (جدول۳). جاکود و همکاران (۸) نیز افزایش ارتفاع ذرت را در گیاهان تلقیح یافته با باکتری *A. lipoferum* مشاهده نمودند. در مطالعه دیگری مشخص شد که وزن خشک ساقه، سطح برگ و ارتفاع بوته‌های چغندر قند تلقیح یافته با سویه‌های آزوسپیریلوم افزایش یافت (۲۸).

همانگونه که از نتایج جدول۲ مشخص می‌شود، تلقیح با ازتوباکتر تأثیر معنی داری بر مقدار نیتروژن دانه در مقایسه با شاهد داشت (P<۰/۰۱). میزان نیتروژن دانه در بذور تلقیح یافته با سویه های *A.chroococcum* و*A.sp*.Strain 5 بترتیب به میزان ۲۷ و۲۳ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول۳). حسین و همکاران (۷) در تحقیقی بر روی بذور ذرت تلقیح یافته با سویه‌های مختلف *A.chroococcum* در دو شرایط کوددهی و بدون کوددهی گزارش کردند که مقدار نیتروژن دانه به ترتیب به میزان ۸/۳ و ۵۳ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت.

بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که آزوسپیریلوم سبب افزایش مقدار نیتروژن جذب شده در دانه ذرت شد(P<۰/۱). سویه *sp*.Strain *A*. 21 سبب شد تا مقدار نیتروژن در دانه بطور معنی داری نسبت به شاهد (۲۶ درصد) افزایش یابد (جدول۳). میرزا و همکاران (۱۳) گزارش کردند که باکتری *A. lipoferum* در شرایط گلخانه ای قادر به تثبیت ۵۸/۹ درصد نیتروژن است و عملکرد دانه گیاه برنج را ۸۱ درصد درمقایسه با شاهد افزایش می دهد. در یک مطالعه بر روی ارقام مختلف ذرت تلقیح یافته با سویه‌های *Azospirillum* مشخص شد که این باکتری قادر به تثبیت ۶۰ درصد از نیتروژن مورد نیاز گیاه است (۶).

مقایسات میانگین تاثیر کاربرد همزمان سویه‌های این دو باکتری بر خصوصیات مورد بررسی در این تحقیق در جدول۴ ارائه شده است. اثرات متقابل این دو باکتری افزایش معنی داری در عملکرد دانه ذرت داشتند (P<۰/۰۱). بیشترین میزان افزایش عملکرد دانه از تیمار *A*.sp.Strain21(A_0Z_1) بدست آمد (۱۳۲ درصد افزایش نسبت به شاهد). رای و گاور (۱۸) در یک آزمایش گلدانی اثرات توام و انفرادی این دو باکتری را روی رشد و عملکرد گندم مورد مطالعه قرار داده و مشاهده کردند که اثرات توام دو باکتری بیشتر از تاثیر منفرد هر باکتری است که می‌تواند نشان دهنده اثرات تشدید کنندگی بین باکتری‌ها باشد.

تلقیح توام این دو باکتری سبب شد که وزن صد دانه به طور معنی داری افزایش یابد (P<۰/۰۱). بیشترین وزن صد دانه از تیمار A_1Z_1 (۴۰ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) و کمترین میزان از شاهد بدست آمد.

تلقیح همزمان این دو باکتری سبب شد که تعداد دانه و قطر بلال بطور معنی داری تحت تأثیر قرار گیرد. کلیه تیمارهای تلقیح یافته توام سبب افزایش معنی دار تعداد دانه در بلال (۷۸-۴۵ درصد افزایش) در مقایسه با شاهد شدند (جدول۴). شاران و ال-سامی (۲۰) در تحقیقی گزارش کردند که کاربرد توام باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم همراه با کود نیتروژن، در شرایط زراعی سبب افزایش تعداد خوشه، طول خوشه، تعداد و وزن دانه در هر خوشه و عملکرد دانه بوته‌های گندم شد.

در این بررسی تلقیح توأم با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم سبب ۱۱-۸ درصد افزایش قطر بلال در مقایسه با شاهد شد. بین تیمارهای مختلف تلقیح یافته از نظر تأثیر بر قطر بلال اختلاف معنی داری مشاهده نشد، ولی تفاوت آنها با شاهد معنی دار بود.

نتایج بدست آمده در این مطالعه نشان داد که تلقیح توام دو باکتری فوق سبب افزایش وزن خشک ساقه شد (جدول۲). اثرات متقابل ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر وزن خشک برگ، کل بوته، ارتفاع ساقه و سطح برگ نیز معنی دار بود. با بررسی نتایج مشخص گردید که تلقیح همزمان دو باکتری *A. sp*.Strain 5 و*A. sp*.Strain21 (A_1Z_1) حداکثر میزان وزن خشک برگ را در بوته تولید کرد (۳۰/۶۰ گرم در بوته) که سبب افزایش ۷۲درصد در مقایسه با شاهد شد. مطابق نتایج نشان داده شده در جدول۴، تیمارهای A_0Z_1 ،A_1Z_0 ، A_1Z_1 و A_1Z_2 بترتیب با میزان تولید۳۵۶/۲۳، ۳۵۳/۹۳، ۳۵۹/۸، ۳۴۵/۷۲ گرم در بوته بیشترین تأثیر را بر وزن خشک کل بوته داشتند. یاسری و پتواردهن (۲۵) نیز افزایش معنی دار وزن خشک کل بوته کلزا را در مراحل مختلف رشد (از مرحله روزت تا مرحله رسیدگی) در تیمارهای تلقیح یافته با سویه‌های باکتریهای Azospirillum و Azotobacter در مقایسه با عدم تلقیح گزارش کردند. افزایش در وزن کل گیاه بوسیله ریزوباکترها می‌تواند به واسطه افزایش در جذب عناصر غذایی و در نتیجه رشد بهتر گیاه باشد (۲۷).

نتایج مقایسات میانگین بدست آمده از ارتفاع ساقه نشان داد که کاربرد توام باکتری‌های *A. sp*.Strain 5 و *A. sp*.Strain21 (A_1Z_1) حداکثر میزان (۱۵درصد افزایش در مقایسه با شاهد) و شاهد حداقل میزان تاثیر را در ارتفاع ساقه داشت. همچنین مقایسات میانگین نشان داد تیمارهای مختلف تلقیح با سویه‌ها از نظر میزان

تأثیر بر سطح برگ با هم تفاوتی نداشتند ولی با شاهد اخـتلاف معنـی دار داشتند.

جدول۲- میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در گیاه ذرت تیمار شده با باکتریهای محرک رشد

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن صد دانه	تعداد دانه در بلال	قطر بلال	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک کل بوته	ارتفاع ساقه	سطح برگ	نیتروژن
تکرار(R)	۲	۱۰۸۴^{ns}	۶/۷۲ ^{ns}	۱۶۹۶۸ ^{ns}	۱۴/۰۱ ^{ns}	۱۶۳/۹۴^{ns}	۳/۴۱ ^{ns}	۱۷۹۵ ^{ns}	۶۶۵/۱۹^{ns}	۳۴۷۷۱۹^{ns}	۰/۲۳^{ns}
مدیریت تغذیه(N)	۱	۲۱۰۷^{ns}	۵/۹۹ ^{ns}	۲۸۴۲ ^{ns}	۶/۷۵ ^{ns}	۱۹۸/۱۷ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۲۳۶۳ ^{ns}	۱۱۴۸ ^{ns}	۶۴۵۲۶۹^{ns}	۱/۵۰ ^{ns}
خطای اصلی (E_a)	۲	۲۲۴/۳	۱۳/۸۸	۱۹۶۴	۳/۹۰	۲۹/۷۸	۲۴/۵۹	۳۰۴/۵۲	۲۶۸/۲۹	۵۰۱۰۶۲	۴/۴۴
ازتوباکتر (A)	۲	۶۶۷۴**	۴۸/۸۴**	۲۸۸۴۷ ^{ns}	۱۰/۸۰ ^{ns}	۱۰۲۱/۵۶**	۷۹/۷۱*	۲۱۷۸۴**	۳۴۵/۳۷*	۶۰۱۳۷۰*	۷/۷۶**
آزوسپیریلوم (Z)	۳	۴۳۴۶*	۲۴/۰۴*	۳۱۵۴۱ ^{ns}	۷/۷۵ ^{ns}	۶۱۰/۰۵*	۷۵/۲۶*	۱۴۶۲۴**	۳۳۲/۰۱*	۵۶۲۰۷۶*	۳/۴۰†
N×A	۲	۵۲۰/۳^{ns}	۰/۸۳ ^{ns}	۳۶۴۲ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۲۱۵/۰۷ ^{ns}	۱/۲۴ ^{ns}	۱۵۰۸ ^{ns}	۱/۲۱ ^{ns}	۶۳۴۳۱ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}
N×Z	۳	۲۵۲/۱^{ns}	۳/۶۷ ^{ns}	۲۹۳۴ ^{ns}	۰/۴۷ ^{ns}	۷۰/۵۴ ^{ns}	۱۸/۲۱ ^{ns}	۵۷۸/۵۷ ^{ns}	۰/۹۴ ^{ns}	۲۶۳۶۵۶^{ns}	۰/۴۲ ^{ns}
Z×A	۶	۷۷۹۶**	۲۷/۴۳**	۵۷۳۸۰**	۱۶/۳۱*	۳۸۳/۸۵†	۵۵/۷۰*	۱۶۶۱۴**	۲۶۲/۱۳*	۷۳۲۰۷۷**	۴/۷۰**
N×Z×A	۶	۱۰۳۱^{ns}	۸/۷۳ ^{ns}	۸۶۶۱^{ns}	۶/۱۲ ^{ns}	۱۳۲/۳۲ ^{ns}	۳۴/۳۵ ^{ns}	۲۰۰۱ ^{ns}	۲۲/۷۳ ^{ns}	۲۸۹۰۷۲^{ns}	۰/۶۶ ^{ns}
خطای فرعی(E_b)	۴۴	۱۳۰۱	۷/۵۲	۱۳۱۷۸	۵/۴۲	۱۹۱/۸۳	۲۰/۶۸	۱۸۴۵/۹۶	۱۰۶/۴۲	۱۸۲۴۶۳	۱/۲۷

**، * و † و ns – به ترتیب معنی دار در سطح یک، پنج و ده درصد و غیر معنی دار

جدول۳- تاثیر سویه های مختلف ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت

سویه باکتری	عملکرد دانه (تن در هکتار)	وزن صد دانه (گرم)	تعداد دانه در بلال	قطر بلال (سانتی متر)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	وزن خشک برگ (گرم در بوته)	وزن خشک کل بوته (گرم در بوته)	ارتفاع ساقه (سانتی متر)	سطح برگ (سانتی متر مربع)	نیتروژن (g/kg)
ازتوباکتر										
بدون تلقیح	۱۱/۵۱b*	۲۵/۹۶b	۶۰۷	۴/۴	۵۵/۸۹b	۲۳/۸۶b	۲۸۳/۳b	۱۶۷/۲۵b	۵۳۳۲b	۳/۸۹ b
*A.*sp.Strain5	۱۳/۸۹a	۲۸/۸۱a	۶۷۴	۴/۵	۶۸/۸۹a	۲۷/۵۰a	۳۴۳/۵a	۱۷۴/۳۳a	۵۶۴۱a	۴/۷۹ a
A.chroococcum	۱۲/۸۳ab	۲۷/۳۱ab	۶۵۷	۴/۶	۶۲/۳۲ab	۲۵/۵۱ab	۳۱۵/۹a	۱۷۳/۱۴ab	۵۵۴۸ab	۴/۹۵ a
آزوسپیریلوم										
بدون تلقیح	۱۱/۳۲b	۲۵/۸۱b	۵۸۶	۴/۴	۵۷/۰۵b	۲۳/۱۲b	۲۷۸/۵b	۱۶۶/۹۴b	۵۲۷۶b	۴/۰۲ b
A. sp.Strain 21	۱۳/۸۹a	۲۸/۵۲a	۶۸۳	۴/۵	۷۰/۵۹a	۲۸/۱۲a	۳۴۸/۲a	۱۷۷/۱۶a	۵۶۱۲a	۵/۰۸ a
A. lipoferum	۱۲/۹۰ab	۲۷/۲۵ab	۶۶۱	۴/۵	۶۰/۱۲b	۲۵/۷۶ab	۳۱۲/۸ab	۱۷۰/۰۵ab	۵۶۷۴a	۴/۵۰ ab
A. brasilense	۱۲/۹۷ab	۲۷/۸۵a	۶۵۳	۴/۶	۶۱/۵۰ab	۲۵/۴۸ab	۳۱۷/۴a	۱۷۲/۱۲ab	۵۴۶۲ab	۴/۵۷ ab

* – حروف یکسان در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵٪ با آزمون دانکن می باشد.

جدول ٤- اثرات متقابل ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر عملکرد و اجزاء عملکرد و شاخصهای رشد ذرت

سویه باکتری	عملکرد دانه (تن در هکتار)	وزن صد دانه (گرم)	تعداد دانه در بلال	قطر بلال (سانتی متر)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	وزن خشک برگ (گرم در بوته)	وزن خشک کل بوته (گرم در بوته)	ارتفاع ساقه (سانتی متر)	سطح برگ (سانتی مترمربع)	نیتروژن (g/kg)
A_0Z_0	۶/۲۸c*	۲۱/۲۰c	۴۰۵/۰۲b	۴/۱۳b	۳۹/۸۷d	۱۷/۷۷c	۱۶۶/۴۹c	۱۵۷/۸۲d	۴۵۶۵b	۲/۴۶c
A_0Z_1	۱۴/۶۲a	۲۹/۰۷ab	۷۱۱/۷۴a	۴/۶۱a	۶۷/۶۴abc	۲۶/۴۶ab	۳۵۶/۲۳a	۱۷۵/۰۸abc	۵۵۴۹a	۵/۱۹a
A_0Z_2	۱۰/۹۴b	۲۶/۰۲b	۵۹۰/۳۱a	۴/۵۰a	۵۲/۹۲cd	۲۳/۷۷b	۲۷۱/۴۶b	۱۶۳/۸۳cd	۵۷۴۷a	۳/۳۸bc
A_0Z_3	۱۴/۲۲ab	۲۷/۵۳ab	۷۲۳/۵۰a	۴/۶۸a	۶۲/۹۴abc	۲۷/۴۱ab	۳۳۹/۱۲ab	۱۷۲/۲۵abc	۵۴۷۰a	۴/۷۳ab
A_1Z_0	۱۳/۸۵ab	۲۷/۶۵ab	۶۹۴/۲۵a	۴/۵۹a	۷۴/۵۶a	۲۸/۷۴ab	۳۵۳/۹۳a	۱۷۷/۷۵abc	۵۵۳۹a	۵/۰۳a
A_2Z_0	۱۳/۵۵ab	۲۸/۵۷ab	۶۶۰/۷۲a	۴/۶۹a	۵۶/۷۳bc	۲۲/۸۶bc	۳۱۵/۳۰ab	۱۶۵/۲۵bcd	۵۷۲۶a	۴/۷۶ab
A_1Z_1	۱۴/۴۵ab	۲۹/۸۳a	۶۸۴/۳۶a	۴/۶۱a	۷۳/۳۶a	۳۰/۶۰a	۳۵۹/۷۸a	۱۸۲/۵۸a	۵۶۳۰a	۵/۱۷a
A_1Z_2	۱۴/۷۷ab	۲۸/۹۱ab	۶۸۷/۲۵a	۴/۵۹a	۶۷/۲۴abc	۲۶/۰۲ab	۳۴۵/۷۲a	۱۶۸/۰۸bcd	۵۹۰۳a	۵/۰۲a
A_1Z_3	۱۳/۰۰ab	۲۸/۸۴ab	۶۳۱/۳۹a	۴/۵۵a	۶۰/۳۹abc	۲۴/۶۱ab	۳۱۴/۶۰ab	۱۷۳/۸۳abc	۵۴۹۵a	۳/۹۲ab
A_2Z_1	۱۲/۶۰ab	۲۶/۶۶ab	۶۵۵/۵۷a	۴/۵۲a	۷۰/۷۷ab	۲۷/۳۲ab	۳۲۸/۵۸ab	۱۷۳/۸۳abc	۵۶۵۸a	۴/۸۷a
A_2Z_2	۱۳/۵۰ab	۲۶/۸۳ab	۷۰۶/۸۸a	۴/۵۵a	۶۰/۲۲abc	۲۷/۴۶ab	۳۲۱/۳۳ab	۱۷۸/۲۵ab	۵۳۷۲a	۵/۱۱a
A_2Z_3	۱۱/۶۸ab	۲۷/۱۸ab	۶۰۶/۷۵a	۴/۶۴a	۶۱/۱۷abc	۲۴/۴۲ab	۲۹۸/۵۸ab	۱۷۵/۲۵abc	۵۴۳۶a	۵/۰۴a

A_0: بدون تلقیح، A_1: *Azotobacter chroococcum* DSM2286، A_2 *Azotobacter* sp.Strain 5 :Z_0 بدون تلقیح، Z_1: *Azospirillum brasilense* DSM1690 :Z_2 *Azospirillum lipoferum* DSM 1691 :Z_3 *Azospirillum* sp.Strain21

*- حروف یکسان در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵٪ با آزمون دانکن می باشد.

در این مطالعه مشخص گردید که کاربرد توأم دو باکتری بر مقدار نیتروژن تأثیر معنی داری داشت (جدول۴). بیشترین میزان نیتروژن از تیمار A_0Z_1 (۱۲۹ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) و کمترین میزان از شاهد حاصل گردید. تیمار A_0Z_1 با سایر تیمارهای تلقیحی (بجز A_0Z_2) از نظر آماری اختلاف معنی داری نداشت. آمارا و داهدو (۳) گزارش کردند که اثرات متقابل باکتریهای ازتوباکتر و آزوسپیریلوم موجب افزایش جذب عناصر N، P، K ، Fe، Zn، Mn و Cu شد.

در مجموع، نتایج این پژوهش نشان دادکه باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم قادر به تحریک رشد و افزایش عملکرد در گیاه ذرت می‌باشند. برخی سویه‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم مورد استفاده در این تحقیق موجب افزایش معنی داری در عملکرد ذرت شدند. کاربرد توام این دو باکتری میزان تاثیر سویه‌ها را تشدید نمود. با تلقیح توام این دو باکتری، ۱۳۵- ۷۹ درصد افزایش در عملکرد ذرت مشاهده شد. به نظر می‌رسد که با انتخاب سویه مناسب برای هر گیاه زراعی می‌توان به نتایج بهتری دست یافت. بنابراین، پیش از هر نوع بهره برداری وسیع ازباکتری‌های محرک رشد انجام آزمایش‌های عملی برای تعیین سویه‌های مناسب ضروری می‌باشد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت موسسه تحقیقات آب و خاک انجام گرفته است. بدین وسیله از مساعدت‌های این موسسه و دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود سپاسگزاری می‌شود.

منابع

۱- خاوازی ک.، اسدی رحمانی ه.،ملکوتی م.ج. ۱۳۸۰. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک درکشور(مجموعه مقالات). انتشارات سنا.

۲- صالح راستین ن. ۱۳۸۰. کودهای بیولوژیک و نقش آنها در راستای نیل به کشاورزی پایدار . مجله علوم خاک وآ ب، ویژه نامه کودهای بیولوژیک.

3- Amara M.A.T., and Dahdoh M.S.A. 1997. Effect of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and uptake of nutrients by wheat grown on sandy soils. Egypt. J. Soil Sci. 37: 467–484.

4- Basavarajappa R., Prabhakar A.S., and Halikatti S.I. 2003. Performance of horsegram and castor crops on residual soil fertility of kharif foxtail millet under shallow alfisols. Karnataka J. Agric. Sci. 16: 116–120.

5- Cohen E., Okon Y., Kigel J., Nur I., and Henis Y. 1980. Increase in dry weight and total nitrogen content in Zea mays and *Setaria italica* associated with nitrogen-fixing Azospirillum. Plant Physio. 66: 746-749.

6- Garcia de Salamone I.E., D.bereiner J., Urquiaga S., and Boddey R.M. 1996. Biological nitrogen fixation in *Azospirillum* strain-maize genotype associations as evaluated by the 15N isotope dilution technique. *Biol. Fertil. Soils*. 23: 249–256.

7- Hussain A, Arshad M, Hussain A., and Hussain F. 1987. Response of maize *(Zea mays)* to *Azotobacter* inoculation under fertilized and unfertilized conditions. Biol. Fertil .Soil 4:73- 77.

8- Jacoud C., Faure D., Wadoux P., and Bally R. 1998. Development of a strain-specific probe to follow inoculated *Azospirillum lipoferum* CRT1 under field conditions and enhancement of maize root development by inoculation. FEMS Microbiol. Ecol. 27:43–51.

9- Jain D.K., and Pativquin D.G. 1984. Characterization of a substance produced by Azospirillum which causes branching of wheat root hairs. J. Can. Microbiol., 32:206-210.

10- Kapulnik Y., Sarig S., Nur A., Okon Y., and Henis Y. 1982. The effect of Azospirillum inoculation on growth and yield of corn. Isr. J.Bot. 31:247-255.

11- Martinez-Toledo M.V., Gonzalez-Lopez J., Rubia T. de la, Moreno J., and Ramos-Cormenzana A. 1988. Grain yield response of *Zea mays* (hybrid AE703) to *Azotobacter chroococcum* H23. Biol. Fertil. Soils.6:352-353.

12- Mastiholi A.B., and Itnal C.J. 1997. Response of rabi sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) to application of biofertilizers under dryland conditions. Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 10: 302–306.

13- Mirza M.S., Rasul G., Mehnaz S., Ladha J.K, So RB, Ali S., and Malik K.A. 2000. Beneficial effects of inoculated nitrogen-fixing bacteria on rice. In: Ladha JK, Reddy PM (eds) The quest for nitrogen fixation in rice. International Rice Research Institute, Los Ba_os, Philippines, pp 191–204.

14- Mishra M., Patjoshi A.K., and Jena D. 1998. Effect of biofertilization on production (*Zea mays*) of maize. Indian J. Agron. 43: 307–310.

15- Pandey A., Sharma E., and Palni L.M.S. 1998. Influence of bacterial inoculation on maize in upland farming systems of the Sikkim Himalaya. Soil Biol. Biochem. 30: 379–384.

16- Pacovsky R.S. 1990. Development and growth effects in sorghum-*Azospirillum* association. J. Appl. Bacteriol. 68:555-563.

17- Piao Z., Cui Z., Yin B., Hu J ., Zhou C., Xie G., Su B., and Yin S. 2005. Changes in acetylene reduction activities and effects of inoculated rhizosphere nitrogen-fixing bacteria on rice. Biol Fertil Soils. 41: 371–378.

18- Rai S.N., and Gaur A.C. 1988. Characterization of *Azotobacter SPP*. and effect of Azotobacter and Azospirillum as inoculant on the yield and N-Uptake of wheat crop. Plant and Soil 109:131-134.
19- Sarige S., Okon Y., and Blum A. 1992. Effect of *Azospirillum brasilense* inoculation on growth dynamics and hydraulic conductivity of *Sorghum bicolor* roots. J. Plant Nutr. 15:805-819.
20- Sharaan A.N., and El-Samie F.S.A. 1999. Response of wheat varieties to some environmental influences. 1. Effect of seeding rates and N fertilization levels on growth and yield of two wheat varieties (*Triticum aestivum* L.). Ann. Agric. Sci. 44: 589–601.
21- Sharma A. K. 2002. Biofertilizers : For Sustainable Agriculture, Jodhpur, Agrobios, 407 p.
22- Shende S.T., and Apte R. 1982. Azospirillum inoculation-A highly remunerative input for agriculture, PP. 532-543. In Biological Nitrogen Fixation, Proceedings of the National Symposium held at I.A.R.I., New Delhi.
23- Tien T.M., Gaskins M.H., and Hubel D.H. 1977. Plant growth substances produced by *Azospirillum Brasilense* and their effect on the growth of pearl millet. Appl. Environ. Microbial. 37:1016-1024.
24- Van Loon L.C. 2007. Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. Eur. J. Plant Pathol 119:243–254.
25- Yasari E., Patwardhan A.M. 2007. Effects of Aztobacter and azospirillium inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of Canola.Asi.J.Plant.Sci.6(1):77-82.
26- Zahir A.Z., Arshad M., and Khalid A. 1998. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. Pakistan .J.Soil .Sci. 15:7-11.
27- Zaied .K.A., Abd El-Hady A.H., Afify Aida. H., and Nassef M.A. 2003. Yield and Nitrogen Assimilation of Winter Wheat Inoculated with New Recombinant Inoculants of Rhizobacteria. Pakistan Journal of Biological Sciences 6 (4): 344-358.
28- Zaied K.A., Abd El-Hady A.H., Sharief A.E., Ashour E.H., and Nassef M.A. 2007. Effect of Horizontal DNA Transfer in Azospirillum and Azotobacter Strains on Biological and Biochemical Traits of Non-legume Plants. J. Appl. Sci. Res. 3(1): 73-86.
29- Zemrany H.El., Cortet J., Lutz M.P., Chabert A., Baudoin E.K., Haurat J., Maughan N., Fe ´ Lixf D., De ´ fago G., Bally R., and Moe ¨ Nne-Loccoz Y. 2006. Field survival of the phytostimulator *Azospirillum lipoferum CRT1* and functional impact on maize crop, biodegradation of crop residues, and soil faunal indicators in a context of decreasing nitrogen fertilization. Soil Biol. Biochem.38:1712–1726.

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No. 1, Mar-Apr 2011, p. 1-10

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۰، ص. ۱۰-۱

Effect of Different Plant Growth Promotion Bacteria (Azotobacter, Azospirillum) on Growth Parameters and Yield of Field Maize

A. Biari[1*]- A. Gholami[2]- H.A. Rahmani[3]
Received:20-4-2009
Accepted:7-11-2010

Abstract

Soil beneficial microorganisms such as plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) are able to enhance plant growth. The research was conducted using a randomized complete block design as split plot factorial with three factors (nutrient management, Azospirillum and Azotobacter strains). In this experiment the effect of Azospirillum and Azotobacter inoculation on yield and yield components of maize was evaluated in a field trial. Azotobacter levels were A_0: no inoculation, A_1: *Azotobacter sp*.Strain5 ، A_2 :*Azotobacter chroococcum* DSM2286 and *Azospirillum* levels were Z_0: no inoculation, Z_1 :*Azospirillum sp*.Strain21, Z_2: *Azospirillum lipoferum* DSM 1691, Z_3:*Azospirillum brasilense* DSM1690 . Results of this study showed inoculation with Azotobacter had significant effect on grain yield, stem and total dry weight, plant height and leaf area as well as 100 seed weight. The same results were obtained with *Azospirillum* inoculation. The interaction between two bacteria on grain yield, 100 seed weight, number of seed per ear, ear diameter, stem, leaf and total dry weight, plant height, leaf area and nitrogen uptake in seed were significant.

Keywords: Maize, PGPR, Azotobacter, Azospirillum, Yield

1,2- Former MSc Student and Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural, Shahrood University of Technology
(*-Corresponding Author Email: biari_atena@yahoo.com)
3- Assistant Professor, Soil and Water Research Institute