



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

آتنا بیاری^{۱*} - احمد غلامی^۲ - هادی اسدی رحمانی^۳

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. در این آزمایش اثر تلقیح دو گونه باکتری آزوسپیریولوم 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. lipoferum*، A_3 : *A. brasilense* DSM1690 و A_4 : *A. chroococcum* DSM2286 با چهار سطح Z_0 : بدون تلقیح، Z_1 : *A. sp. Strain21*، Z_2 : *A. lipoferum*، Z_3 : *A. brasilense* DSM1690 و Z_4 : *A. chroococcum* DSM2286 در نظر گرفته شدند. نتایج این بررسی نشان داد که تلقیح ذرت با ازتوباکتر یا آزوسپیریولوم 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 بالال، قطر بالال، وزن خشک ساقه، برگ، کل بوته، ارتفاع بوته و مقدار عنصر نیتروژن دانه نشان داد.

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

مقدمه

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^۴ 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، آزوسپیریولوم 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

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. در این راستا، تلاشهای گسترده ای به منظور یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها آغاز شده است.

۲۰۱- 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

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 در نظر 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 ۱۲ روز یکبار و پس از گلدهی هر ۱۰ روز یکبار انجام شد. میزان آب ورودی به تمام کرتها بطور یکسان در نظر 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°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 جدول ۲ و مقایسات میانگین نتایج تلقیح باکتریهای ازتوباکتر و آزوسپیریوم 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 جدول ۳ آورده شده اند. نتایج این تحقیق نشان داد که تأثیر تلقیح با ازتوباکتر و آزوسپیریوم 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. پانندی و همکاران (۱۵) نیز افزایش عملکرد حاصل از تأثیر ازتوباکتر را در گیاه ذرت گزارش نمودند.

(۱۴، ۱۸، ۱۹ و ۲۷). ازتوباکتر قادر است با استفاده از مکانیسم‌های مختلفی همچون تثبیت نیتروژن اتمسفری، تولید هورمون‌هایی نظیر اکسین‌ها، جبریلین‌ها و ویتامین‌های B، ترشح سیدروفور و اسیدهای آلی در ریزوسفرا، عملکرد را در گیاهانی نظیر گندم را افزایش دهد (۲۱). آزوسپیریوم 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، تأثیر 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 روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر تلقیح ازتوباکتر و آزوسپیریوم 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 جدول ۱ 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 ترتیب ۳۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و فسفات دی آمونیوم) ۲- کوددهی براساس روش تغذیه متعادل (تغذیه متعادل گیاه به ترتیب ۱۵۰، ۳۰۰ و 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 آزوسپیریوم بصورت فاکتوریل بودند که عامل ازتوباکتر شامل سه سطح A_0 : بدون تلقیح، A_1 : *Azotobacter sp. Strain 5*، A_2 : *Azotobacter DSM2286 chroococcum* و عامل آزوسپیریوم متشکل از چهار سطح Z_0 : بدون تلقیح، Z_1 : *Azospirillum sp. Strain 21*، Z_2 : *Azospirillum brasilense DSM 1691*، Z_3 : *Azospirillum lipoferum DSM 1690* 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 ۲ درصد انجام

جدول ۱- 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 آروسپیریلوم *A.sp.Strain 21* (۲۳ درصد افزایش) داشتند (جدول ۳). میشرا و همکاران (۱۴)، همچنین پاندی و همکاران (۱۵) گزارش کردند که تلقیح با آروسپیریلوم عملکرد و وزن خشک دانه را در گیاه ذرت افزایش داد. زمروانی 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 جدول ۲ بیانگر آن است که تلقیح با ازتوباکتر و آروسپیریلوم 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* (۱۰ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) تولید شد (جدول ۳).

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 (جدول ۳). ماستیهولی و ایتنال (۱۲) افزایش در وزن صد دانه سورگوم تلقیح یافته با سویه‌های آروسپیریلوم را گزارش کردند. تاثیر سویه‌های ازتوباکتر و آروسپیریلوم بر تعداد دانه در بلال و قطر بلال معنی دار نبود (جدول ۲). پیائو و همکاران (۱۷) در تحقیقی گزارش کردند که تلقیح گیاه برنج با دو سویه مورد استفاده ازتوباکتر، تاثیر معنی داری بر تعداد خوشه و تعداد دانه در هر خوشه نداشت. زاید و همکاران (۲۷) اظهار داشتند که تلقیح ذرت با سویه‌های آروسپیریلوم بر صفاتی نظیر تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در بلال و قطر بلال تاثیر 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 آروسپیریلوم 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) (جدول ۳). 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 (۲۳ درصد افزایش نسبت به عدم تلقیح) (جدول ۳). کوهن و همکاران (۵) نیز افزایش وزن خشک ذرت در اثر تلقیح با آروسپیریلوم 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 آروسپیریلوم بیشترین تاثیر را بر وزن خشک برگ داشت (جدول ۳). کاپولنیک و همکاران (۱۰) اظهار داشتند که تلقیح آروسپیریلوم موجب افزایش وزن خشک برگ ذرت شد.

نتایج جدول ۲ نشان دهنده آن است که وزن کل بوته‌های ذرت در مقایسه با شاهد بطور معنی داری تحت تاثیر تلقیح با باکتری‌های ازتوباکتر و همچنین آروسپیریلوم قرار گرفتند ($P < 0.01$). دو سویه *A.sp.Strain 5* و *A.chroococcum* بترتیب موجب ۳۳ و ۲۱ درصد افزایش وزن خشک کل بوته در مقایسه با شاهد شدند (جدول ۳). زهیر و همکاران (۲۶) نیز افزایش ۱۸ درصدی وزن خشک بوته‌های ذرت تلقیح یافته با ازتوباکتر و سودوموناس را گزارش کردند.

در این مطالعه در نتیجه استفاده از سویه‌های آروسپیریلوم *A.sp.Strain21*، *A.lipoferum* و *A. brasilense* وزن خشک کل بوته بترتیب به میزان ۲۴، ۱۲ و ۱۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت (جدول ۳). آروسپیریلوم بعنوان یک تحریک کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی سبب تولید اکسین‌ها میشود که موجب افزایش تولید تارهای کشنده ریشه می‌شود و لذا جذب عناصر غذایی از خاک و رشد گیاه بهبود می‌یابد (۹، ۱۶ و ۲۳).

مطابق نتایج نشان داده شده در جدول ۲، کاربرد ماده تلقیح ازتوباکتر بر ارتفاع بوته و سطح برگ تاثیر معنی داری داشت

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 ($P < 0.01$). 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 تاثیر قرار گیرد. کلیه تیمارهای تلقیح یافته توام سبب افزایش معنی دار تعداد دانه در بلال (۷۸-۴۵ درصد افزایش) در مقایسه با شاهد شدند (جدول ۴). شاران و ال-سامی (۲۰) در تحقیقی گزارش کردند که کاربرد توام باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریوم 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 آزوسپیریوم سبب ۱۱-۸ درصد افزایش قطر بلال در مقایسه با شاهد شد. بین تیمارهای مختلف تلقیح یافته از نظر تاثیر 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 (جدول ۲). اثرات متقابل ازتوباکتر و آزوسپیریوم 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 $A. sp. Strain 21$ (A_1Z_1) حداکثر میزان وزن خشک برگ را در بوته تولید کرد ($30/60$ گرم در بوته) که سبب افزایش ۷۲ درصد در مقایسه با شاهد شد. مطابق نتایج نشان داده شده در جدول ۴، تیمارهای A_1Z_0 ، A_0Z_1 ، A_1Z_1 و A_1Z_2 بترتیب با میزان تولید ۳۵۳/۹۳، ۳۵۶/۲۳، ۳۵۹/۸، ۳۴۵/۷۲ گرم در بوته بیشترین تاثیر را بر وزن خشک کل بوته داشتند. یاسری و پتوآردهن (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 $A. sp. Strain 21$ (A_1Z_1) حداکثر میزان (۱۵ درصد 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

($P < 0.05$). بیشترین و کمترین میزان ارتفاع بوته ذرت به ترتیب از تلقیح با سویه $A. sp. Strain 5$ و شاهد بدست آمد (به ترتیب ۱۷۴/۳۳ و ۱۶۷/۲۵ سانتی متر). همچنین بیشترین میزان سطح برگ از تلقیح با سویه $A. sp. Strain 5$ (۵ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) بدست آمد (جدول ۳).

اثر سویه‌های مورد استفاده آزوسپیریوم بر میزان ارتفاع بوته و سطح برگ ذرت معنی دار بود ($P < 0.05$). بیشترین و کمترین میزان ارتفاع بوته بترتیب از سویه $A. sp. Strain 21$ و شاهد حاصل شد (بترتیب به میزان ۱۶۶/۹۴ و ۱۷۷/۱۶ سانتی متر). همچنین حداکثر مقدار سطح برگ از سویه‌های $A. lipoferum$ و $A. sp. Strain 21$ (بترتیب ۶ و ۷ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) و کمترین میزان از شاهد بدست آمد (جدول ۳). 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 آزوسپیریوم افزایش یافت (۲۸).

همانگونه که از نتایج جدول ۲ مشخص می‌شود، تلقیح با ازتوباکتر تاثیر معنی داری بر مقدار نیتروژن دانه در مقایسه با شاهد داشت ($P < 0.01$). میزان نیتروژن دانه در بذور تلقیح یافته با سویه‌های $A. sp. Strain 5$ و $A. chroococcum$ بترتیب به میزان ۲۷ و ۲۳ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول ۳). 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 آزوسپیریوم سبب افزایش مقدار نیتروژن جذب شده در دانه ذرت شد ($P < 0.01$). سویه $A. sp. Strain 21$ سبب شد تا مقدار نیتروژن در دانه بطور معنی داری نسبت به شاهد (۲۶ درصد) افزایش یابد (جدول ۳). 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 در مقایسه با شاهد افزایش می‌دهد. 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 جدول ۴ ارائه شده است. اثرات متقابل این دو باکتری افزایش معنی داری در عملکرد دانه ذرت داشتند ($P < 0.01$). بیشترین میزان افزایش عملکرد دانه از تیمار $A. sp. Strain 21$ (A_0Z_1) بدست آمد (۱۳۲ درصد افزایش نسبت به شاهد). رای و گاور (۱۸) در یک آزمایش گلدانی اثرات توام و انفرادی

تأثیر بر سطح برگ با هم تفاوتی نداشتند ولی با شاهد اختلاف معنی دار داشتند.

جدول ۲- میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در گیاه ذرت تیمار شده با باکتریهای محرک رشد

نیترژن	سطح برگ	ارتفاع ساقه	ارزش خشک کل بوته	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک ساقه	قطر بلال	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه	عملکرد دانه	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۲۳ ^{ns}	۳۴۷۷۱۹ ^{ns}	۶۶۵/۱۹ ^{ns}	۱۷۹۵ ^{ns}	۳/۴۱ ^{ns}	۱۶۲/۹۳ ^{ns}	۱۴/۰۱ ^{ns}	۱۶۹۶۸ ^{ns}	۶/۷۳ ^{ns}	۱۰۸۳ ^{ns}	۲	۲	تکرار (R)
۱/۵۰ ^{ns}	۶۴۵۲۶۹ ^{ns}	۱۱۴۸ ^{ns}	۳۳۶۳ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۱۹۸/۱۷ ^{ns}	۶/۷۵ ^{ns}	۲۸۴۲ ^{ns}	۵/۹۹ ^{ns}	۳۱۰/۷ ^{ns}	۱	۱	مدیریت تغذیه (N)
۴/۴۴	۵۰۱۰۶۲	۲۶۸/۲۹	۳۰۴/۵۲	۲۴/۵۹	۲۹/۷۸	۳/۹۰	۱۹۶۴	۱۳/۸۸	۲۲۴/۳	۲	۲	خطای اصلی (E _a)
۷/۷۶ ^{**}	۶۰۱۳۷۰	۳۴۵/۳۷ [*]	۲۱۷/۸۴ ^{**}	۷۹/۷۱ [*]	۱۰۰۲۱/۵۶ ^{**}	۱۰/۸۰ ^{ns}	۲۸۸۴۷ ^{ns}	۴۸/۸۴ ^{**}	۶۶۷۴ ^{**}	۲	۲	از توپاکتر (A)
۳/۴۰ [†]	۵۶۲۰۷۶ [*]	۳۳۲/۰۱	۱۴۶۲۴ ^{**}	۷۵/۲۶ [*]	۶۱۰/۰۵ [*]	۷/۷۵ ^{ns}	۳۱۵۴۱ ^{ns}	۲۴/۰۴ [*]	۴۳۴۶ [*]	۳	۳	آروسپیریلوم (Z)
۰/۰۷ ^{ns}	۶۳۴۳۱ ^{ns}	۱/۲۱ ^{ns}	۱۵۰۸ ^{ns}	۱/۲۴ ^{ns}	۲۱۵/۰۷ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۳۶۴۲ ^{ns}	۰/۸۳ ^{ns}	۵۲۰/۳ ^{ns}	۲	۲	N×A
۰/۴۲ ^{ns}	۲۶۳۶۵۶ ^{ns}	۰/۹۴ ^{ns}	۵۷۸/۵۷ ^{ns}	۱۸/۲۱ ^{ns}	۷۰/۵۴ ^{ns}	۰/۴۷ ^{ns}	۲۹۳۴ ^{ns}	۳/۶۷ ^{ns}	۲۵۲/۱ ^{ns}	۳	۳	N×Z
۴/۷۰ ^{**}	۷۳۲۰۱۷ ^{**}	۲۶۲/۱۳ [*]	۱۶۶۱۴ ^{**}	۵۵/۷۰ [*]	۳۸۲/۸۵ [†]	۱۶/۳۱ [*]	۵۷۳۸۰ ^{**}	۲۷/۴۳ ^{**}	۷۳۹۶ ^{**}	۶	۶	Z×A
۰/۶۶ ^{ns}	۲۸۹۰۷۳ ^{ns}	۲۲/۷۳ ^{ns}	۲۰۰۱ ^{ns}	۳۴/۳۵ ^{ns}	۱۳۲/۳۲ ^{ns}	۶/۱۲ ^{ns}	۸۶۶۱ ^{ns}	۸/۷۳ ^{ns}	۱۰۳۱ ^{ns}	۶	۶	N×Z×A
۱/۲۷	۱۸۱۲۶۳	۱۰۶/۴۲	۱۸۴۵/۹۶	۲۰/۶۸	۱۹۱/۸۳	۵/۴۲	۱۳۱۷۸	۷/۵۲	۱۳۰۱	۴۴	۴۴	خطای فرعی (E _b)

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

ns - به ترتیب معنی دار

جدول ۳- تاثیر سوبه های مختلف از توپاکتر و آروسپیریلوم بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت

نیتروزن (g/kg)	سطح برگ (سانتی متر مربع)	ارتفاع ساقه (سانتی متر)	ارتفاع کل (سانتی متر)	وزن خشک کل بوته (گرم در بوته)	وزن خشک برگ (گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	قطر بلال (سانتی متر)	تعداد دانه در بلال (سانتی متر)	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (تن در هکتار)	سوبه باکتری
۳/۸۹ b	۵۳۳۲b	۱۶۷/۲۵b	۲۸۳/۳b	۲۳/۸۶b	۵۵/۸۴b	۴/۴	۶۰۷	۲۵/۸۶b	۱۱/۵۱b*	۱۱/۵۱b*	۱۲/۸۹a	۱۲/۸۹a	۱۲/۸۹a	از توپاکتر بلون تلقیح A. sp. Strain 5
۴/۷۹ a	۵۶۴۱a	۱۷۴/۳۳a	۳۴۳/۵a	۲۷/۵۰ a	۶۸/۸۹a	۴/۵	۶۷۴	۲۸/۸۱a	۱۲/۸۹a	۴/۵	۶۷۴	۲۸/۸۱a	۱۲/۸۹a	A. sp. Strain 5
۴/۹۵ a	۵۵۲۸ab	۱۷۳/۱۴ab	۳۱۵/۹a	۲۵/۵۱ab	۶۲/۲۲ab	۴/۶	۶۵۷	۲۷/۳۱ab	۱۲/۸۲ab	۴/۶	۶۵۷	۲۷/۳۱ab	۱۲/۸۲ab	A. chroococcum
۴/۰۲ b	۵۲۷۶b	۱۶۶/۹۴b	۲۷۸/۵b	۲۳/۱۲b	۵۷/۰۵b	۴/۴	۵۵۶	۲۵/۸۱b	۱۱/۲۲b	۴/۴	۵۵۶	۲۵/۸۱b	۱۱/۲۲b	آروسپیریلوم بلون تلقیح A. sp. Strain 21
۵/۰۸ a	۵۶۱۲a	۱۷۷/۱۶a	۳۴۸/۲a	۲۸/۱۲a	۷۰/۵۹a	۴/۵	۶۸۳	۲۸/۵۲a	۱۳/۸۹a	۴/۵	۶۸۳	۲۸/۵۲a	۱۳/۸۹a	A. sp. Strain 21
۴/۵۰ ab	۵۶۷۴a	۱۷۰/۰۵ab	۳۱۲/۸ab	۲۵/۸۶ab	۶۰/۱۲b	۴/۵	۶۶۱	۲۷/۲۵ab	۱۲/۹۰ab	۴/۵	۶۶۱	۲۷/۲۵ab	۱۲/۹۰ab	A. lipoferum
۴/۵۷ ab	۵۴۶۶ab	۱۷۲/۱۳ab	۳۱۷/۴a	۲۵/۴۸ab	۶۱/۵۰ab	۴/۶	۶۵۳	۲۷/۸۵a	۱۲/۹۷ab	۴/۶	۶۵۳	۲۷/۸۵a	۱۲/۹۷ab	A. brasilense

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

جدول ۴- اثرات متقابل ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر عملکرد و اجزاء عملکرد و شاخصهای رشد ذرت

نیپروزن (g/kg)	سطح برگ (سانتی مترمربع)	ارتفاع ساقه (سانتی متر)	وزن خشک کل بوته (گرم در بوته)	وزن خشک برگ (گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	قطر بلال (سانتی متر)	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (تن در هکتار)	سویه باکتری
۲/۲۶c	۴۵۶ab	۱۵۷/۸۲d	۱۶۶/۴۹c	۱۷/۷۷c	۳۹/۸۷d	۴۰۰/۲b	۴/۱۲b	۲۱/۲۰c	۶/۲۸c	۶/۲۸c	A ₀ Z ₀
۵/۸۹a	۵۵۴a	۱۷۵/۰۸abc	۲۵۶/۲۲a	۲۶/۴۶ab	۶۷/۴۴abc	۷۱۱/۳۴a	۴/۶۱a	۲۹/۰۷ab	۱۴/۶۲a	۱۴/۶۲a	A ₀ Z ₁
۳/۲۸bc	۵۲۲a	۱۶۲/۸۳cd	۲۷۱/۴۶b	۲۳/۷۷b	۵۲/۹۲cd	۵۹۰/۳۱a	۴/۵۰a	۲۶/۰۲b	۱۰/۹۴b	۱۰/۹۴b	A ₀ Z ₂
۴/۷۳ab	۵۴۷۰a	۱۷۲/۲۵abc	۳۳۹/۱۲ab	۲۷/۴۱ab	۶۲/۹۲abc	۷۲۲/۵۰a	۴/۶۸a	۳۷/۵۳ab	۱۴/۲۲ab	۱۴/۲۲ab	A ₀ Z ₃
۵/۰۲a	۵۵۳a	۱۷۷/۷۵abc	۲۵۲/۹۲a	۲۸/۷۲ab	۷۲/۵۶a	۶۹۴/۲۵a	۴/۵۹a	۲۷/۶۵ab	۱۳/۸۵ab	۱۳/۸۵ab	A ₁ Z ₀
۴/۷۶ab	۵۷۲a	۱۶۵/۲۵bcd	۲۱۵/۳۰ab	۲۲/۸۶bc	۵۶/۷۳bc	۶۶۰/۷۲a	۴/۶۹a	۲۸/۵۷ab	۱۳/۵۵ab	۱۳/۵۵ab	A ₂ Z ₀
۵/۱۷a	۵۶۳۰a	۱۸۲/۵۵a	۲۵۹/۷۸a	۳۰/۶۰a	۷۳/۳۶a	۶۸۴/۳۶a	۴/۶۱a	۲۹/۸۳a	۱۴/۴۵ab	۱۴/۴۵ab	A ₁ Z ₁
۵/۰۲a	۵۹۰۳a	۱۶۸۰۰abcd	۳۴۵/۷۲a	۲۶/۰۲ab	۶۷/۲۲abc	۶۸۷/۲۵a	۴/۵۹a	۲۸/۹۱ab	۱۴/۲۷ab	۱۴/۲۷ab	A ₁ Z ₂
۳/۹۲ab	۵۴۹۵a	۱۶۸/۹۱abcd	۲۱۴/۶۰ab	۲۴/۶۱ab	۶۰/۳۹abc	۶۳۱/۳۹a	۴/۵۵a	۲۸/۸۴ab	۱۳/۰۰ab	۱۳/۰۰ab	A ₁ Z ₃
۴/۸۷a	۵۶۵۸a	۱۳۲/۸۳abc	۳۲۸/۵۵ab	۲۷/۳۲ab	۷۰/۷۷ab	۶۵۵/۵۷a	۴/۵۳a	۲۶/۶۶ab	۱۲/۶۰ab	۱۲/۶۰ab	A ₂ Z ₁
۵/۱۱a	۵۳۳a	۱۷۸/۲۵ab	۳۲۱/۴۳ab	۲۷/۴۶ab	۶۰/۲۲abc	۷۰۶/۸۵a	۴/۵۵a	۲۶/۸۳ab	۱۳/۵۰ab	۱۳/۵۰ab	A ₂ Z ₂
۵/۰۴a	۵۲۲a	۱۷۵/۲۵abc	۳۹۸/۵۵ab	۲۴/۴۳ab	۶۱/۱۷abc	۶۰۶/۷۵a	۴/۶۴a	۳۷/۸۱ab	۱۱/۶۸ab	۱۱/۶۸ab	A ₂ Z ₃

brasilense DSM1690 :Z₃ Azospirillum lipoferum DSM 1691 :Z₂ Azospirillum sp. Strain21 :Z₁ بدون تلقیح، Z₀ : Azotobacter chroococcum DSM2286:A₂ Azotobacter sp. Strain 5 :A₁ بدون تلقیح، A₀ Azospirillum

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

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 از باکتری‌های 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.

در این مطالعه مشخص گردید که کاربرد توأم دو باکتری بر مقدار نیتروژن تأثیر معنی داری داشت (جدول ۴). 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 آزوسپیریوم موجب افزایش جذب عناصر N, P, K, Fe, Zn, Mn و Cu شد. در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریوم قادر به تحریک رشد و افزایش عملکرد در گیاه ذرت می‌باشند. برخی سویه‌های ازتوباکتر و آزوسپیریوم مورد استفاده در این تحقیق موجب افزایش معنی داری در عملکرد ذرت شدند. کاربرد توأم این دو باکتری میزان تأثیر سویه‌ها را تشدید نمود. با تلقیح توأم

منابع

- ۱- خاوازی ک، اسدی رحمانی ه، ملکوتی م.ج. ۱۳۸۰. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (مجموعه مقالات). انتشارات سنا.
- ۲- صالح راستین ن. ۱۳۸۰. کودهای بیولوژیک و نقش آنها در راستای نیل به کشاورزی پایدار. مجله علوم خاک و آب، 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 ^{15}N 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 *Azotobacter* and *azospirillum* 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.



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

A. Biari^{1*} - A. Gholami² - H.A. Rahmani³

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 A₀: no inoculation, A₁: *Azotobacter sp.* Strain5, A₂: *Azotobacter chroococcum* DSM2286 and Azospirillum levels were Z₀: no inoculation, Z₁: *Azospirillum sp.* Strain21, Z₂: *Azospirillum lipoferum* DSM 1691, Z₃: *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