

بررسی اثر کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه بر ظهور و استقرار گیاهچه و عملکرد دانه دورگ‌های
دیررس ذرت در مزرعه

Effect of Application of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Seedling Emergence and Establishment and Grain Yield of Late Maturity Maiz (*Zea mays* L.) Hybrids in Field Conditions

آیدین حمیدی^۱، رجب چوکان^۲، احمد اصغرزاده^۳، مجید دهقان شعار^۴، امیر قلاوند^۵ و
محمدجعفر ملکوتی^۶

- ۱- استادیار موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج
- ۲- دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج
- ۳- استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج
- ۴- دانشیار موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج
- ۵- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران
- ۶- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۴/۱۱

چکیده

حمیدی، آ.، چوکان، ر.، اصغرزاده، ا.، دهقان شعار، م.، قهاوند، ا.، و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۸. بررسی اثر کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه بر ظهور و استقرار گیاهچه و عملکرد دانه دورگ‌های دیررس ذرت در مزرعه. *مجله به‌زراعی نهال و بذر* ۲-۲۵ (۲): ۲۰۶-۱۸۳.

باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه نقش مهمی در مدیریت پایدار حاصلخیزی و تولید بوم نظام‌های زراعی دارند. به منظور بررسی اثر باکتری‌های ازوتوباکتر کروکوکوم، آروسپیریوم برازیلنس، آروسپیریوم لیپوفروم و سودوموناس فلورسنس بر ظهور و استقرار گیاهچه و عملکرد دانه دورگ‌های ساده دیررس ذرت ۷۰۴، ۷۰۰ و دورگ امیدبخش B73×K18، پژوهشی در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ در مزرعه ۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. تیمارهای تلقیح جداگانه بذر دورگ‌ها با هر باکتری، مخلوطی از دو و سه جنس باکتری و عدم تلقیح (شاهد) و صفات بررسی شده، درصد اولیه و نهایی ظهور، زمان ظهور ۵۰ درصد، زمان نهایی و میانگین زمان ظهور گیاهچه، سرعت ظهور و سرعت تجمع ظهور گیاهچه، شاخص ظهور گیاهچه، ارتفاع و سطح برگ، وزن خشک بوته و شاخص بنیه گیاهچه در مزرعه (۳۰ روز پس از کاشت) و عملکرد دانه در هکتار بودند. نتایج نشان داد که کلیه صفات تحت تأثیر دورگ‌های ذرت و باکتری‌ها قرار گرفتند. نتایج نشان داد که مایه تلقیح مخلوط سه جنس باکتری سبب بیشترین افزایش درصد و سرعت ظهور گیاهچه و صفات مرتبط و عملکرد دانه دورگ‌ها شد به طوری که موجب ۸ درصد ظهور نهایی و سرعت ظهور گیاهچه و ۶ درصد شاخص ظهور گیاهچه را افزایش داده و تلقیح بذر دورگ ۷۰۰ با باکتری‌های سه جنس در سال دوم با عملکرد دانه ۱۸۷۱۱ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد ۳۲ درصد افزایش یافت و به ترتیب مایه تلقیح دارای دو باکتری ازوتوباکتر کروکوکوم و سودوموناس فلورسنس و تلقیح جداگانه بذر با هر یک از آن‌ها تأثیر بیشتری داشت. همچنین دورگ ۷۰۴ بیش از دیگر دورگ‌ها تحت تأثیر مثبت این باکتری‌ها قرار گرفت و دورگ‌های B73×K18 و ۷۰۰ در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند. بررسی رابطه صفات نیز همبستگی بالای آن‌ها را مشخص ساخت. بنابراین، بر اساس نتایج این پژوهش این باکتری‌ها تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای در افزایش میزان و سرعت ظهور و بنیه گیاهچه و عملکرد دانه دورگ‌های ذرت دیررس مورد مطالعه در شرایط مزرعه داشتند.

واژه‌های کلیدی: دورگ‌های دیررس ذرت، باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه، ظهور و استقرار گیاهچه، عملکرد دانه.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: hamidi-aidin@yahoo.com

مقدمه

ذرت از مهمترین گیاهان زراعی است و در ایران نیز در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ از سطح کشت ۲۹۱۸۴۸ هکتار، میزان ۲۱۶۶۱۳۰ تن دانه ذرت با عملکرد ۷۴۲۳/۴۲ کیلوگرم در هکتار تولید گردید (Anon., 2008).

در نظام‌های کشاورزی پایدار کاربرد کودهای زیستی (Biofertilizers) اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک دارند (Sharma, 2004). کودهای زیستی انبوهی از یک یا چند ریزسازواره (Microorganism) مفید به همراه مواد نگهدارنده و یا فرآورده‌های متابولیک آن‌ها هستند که برای تأمین عناصر غذایی گیاهان استفاده می‌شوند. باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه (Plant Growth Promoting Rhizobacteria=PGPR) که کلوپر و شروث (Kloepper and Schroth, 1978) برای نخستین بار این اصطلاح را برای نامیدن باکتری‌های مفید محیط اطراف ریشه که در کنترل زیستی عوامل بیماری‌زای گیاهی مؤثر بودند به کار بردند، از مهمترین این کودها می‌باشند (Manaffee and Kloepper, 1994). باکتری‌های جنس ازوتوباکتر (*Azotobacter* spp.) آزوسپیریولوم (*Azospirillum* spp.) و سودوموناس (*Pseudomonas* spp.) نیز از مهمترین این باکتری‌ها هستند که علاوه بر افزایش فراهمی

زیستی عناصر معدنی خاک با تثبیت زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم و کنترل عوامل بیماری‌زا، با تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه، به ویژه انواع اکسین، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Sturz and Christie, 2003; Zahir et al., 2004). اخیراً پژوهش‌ها مشخص کرده‌اند که تولید ایندول استیک اسید و سیتوکینین با اسید آمینه‌های تریتوفان و آدنین ترشح شده از ریشه، هیدرولیز پیش ماده اتیلن، ۱-آمینو سیکلو پروپان - ۱ - کریبوکسیلیک اسید (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, ACC) با آنزیم ACC دی آمیناز (ACC deaminase) و تولید مواد هورمونی و شبه هورمونی در اثر واکنش نیتريت حاصل از تنفس نیتراتی با اسید اسکوریک مهم‌ترین ساز و کارهای تأثیر آن‌ها هستند (Zahir et al., 2004). این باکتری علاوه بر تأثیر مستقیم با ساز و کار تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه و به طور غیر مستقیم با کنترل زیستی آفات و بیماری‌های گیاهی بر رشد و نمو گیاهان تأثیر مفید دارند (Zahir et al., 2004). به طوری که بونگ و سیکوروسکی (Bong and Sikorowski, 1991) کنترل کنندگی گونه‌ای سودوموناس *Ps. cepacia* بر کرم بلال ذرت (*Helicoverpa zea*) و هبار و همکاران (Hebbar et al., 1992) تأثیر دو سویه گونه

که با توسعه قابل ملاحظه سطح برگ گیاهچه‌ها همراه بود. این باکتری‌ها چنین اثری را در سایر محصولات زراعی از قبیل گوجه‌فرنگی، هویج، گندم، ذرت، لوبیا سفید و یونجه نیز نشان دادند (Kloepper *et al.*, 1986).

دو فریتاس و ژرمید (de Freitas and Germid, 1989) دریافته‌اند سوبیه‌هایی از این باکتری توانستند در خاک حاصلخیز به طور معنی‌داری ظهور گیاهچه‌های گندم را افزایش دهند. همچنین ترنر و بکمن (Turner and Backman, 1989) با بررسی تأثیر باکتری باسیلوس سوبتیلیس (*Bacillus subtilis*) بر ظهور گیاهچه‌های بادام‌زمینی در تاریخ‌های کاشت مختلف، افزایش میزان و سرعت ظهور گیاهچه‌ها در تاریخ کاشت زود را در اثر این باکتری معنی‌دار اعلام کردند. پوئنته و باشان (Puente and Bashan, 1993) نیز تأثیر تلقیح بذره‌های گونه‌های کاکتوس (*Pachycereus pringlei*) با آزوسپیریلوم برازیلنس بر افزایش ظهور و بقای گیاهچه را نشان دادند. بر اساس پژوهش‌های انجام یافته این باکتری‌ها به طور مستقیم با ساز و کار تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه و به طور غیر مستقیم با کنترل زیستی آفات و بیماری‌های گیاهی تأثیر مفید بر رشد و نمو گیاهان دارند (Zahir *et al.*, 2004). تأثیر غیر مستقیم این باکتری‌ها از مهمترین ساز و کارهایی است که سبب افزایش ظهور گیاهچه می‌گردد (Kloepper *et al.*, 1986). به طوری که کالان و

(*Ps. maltophilia*) این باکتری بر کنترل قارچ بیماری‌زای بذرزاد فوزاریوم (*Fusarium moniliforme*) را مشخص ساختند. همچنین این باکتری‌ها با ساز و کارهایی مانند تولید پادزی‌ها (Handlesman and Staab, 1996)، تولید ترشح سیدروفورها (Siderphores) (Nielsands and Leong, 1986) و القای مقاومت سیستمیک (Tuzun and Kloepper, 1994) کنترل زیستی عوامل بیماری‌زای گیاهی را موجب می‌شوند.

ظهور سریع و یکنواخت گیاهچه‌ها در مزرعه عاملی مهم در استقرار تراکم بوته مطلوب و دستیابی به عملکرد کمی و کیفی بالقوه گیاهان زراعی است. باکتری‌های افزایش‌دهنده ظهور (Emergence Promoting Rhizobacteria, EPR) گیاهچه گروهی از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه هستند که در افزایش سرعت و میزان ظهور گیاهچه و استقرار بوته در مزرعه مؤثر بوده و برای نخستین بار کلوپر و همکاران (Kloepper *et al.*, 1986) سوبیه‌هایی از این باکتری‌ها را یافتند که درون گلدان‌های حاوی خاک در گلخانه و نیز در مزرعه موجب افزایش ظهور گیاهچه‌های سویا و کلزا شده و آن‌ها را با این اصطلاح نامیدند (Kloepper *et al.*, 1991). بررسی‌ها روی کلزا مشخص کرد که در مزرعه نیز این باکتری‌ها مؤثر بوده و سرعت ظهور گیاهچه را افزایش داده

رشد و عملکرد محصولات مختلف ناشی از تلقیح بذر آن‌ها با باکتری‌های افزاینده رشد گیاه این پژوهش برای بررسی تأثیر کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد گیاه به عنوان کودهای زیستی باکتریایی شامل سویه‌های خالص باکتری‌های ازوتوباکتر کرووکوکوم، آزوسپیریلوم لیوفروم، آزوسپیریلوم برازیلنس و سودوموناس فلورسنس به صورت تلقیح بذر بر ظهور و بنیه گیاهچه برخی صفات مرتبط و عملکرد دانه دورگ‌های دیررس ذرت در شرایط مزرعه در منطقه کرج انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش برای بررسی تأثیر باکتری‌های افزاینده رشد گیاه سویه (5) باکتری ازوتوباکتر کرووکوکوم (*Azotobacter chroococcum*, Az)، مایه تلقیح مخلوط سویه (21) آزوسپیریلوم برازیلنس (*Azospirillum brasilense*) و سویه (OF) آزوسپیریلوم لیوفروم (*Azospirillum lipoferum*) و سویه (P21) سودوموناس فلورسنس (*Pseudomonas fluorescens*, Ps) بر ظهور و استقرار گیاهچه در مزرعه و عملکرد ذرت دانه‌ای انجام گرفت. دورگ‌های مورد مطالعه شامل، سینگل کراس ۷۰۴ (B73×Mo17)، سینگل کراس ۷۰۰ (K74/1×K18) و یک دورگ ساده امیدبخش (B73×K18) بودند که بذر آن‌ها از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تأمین گردید. این بررسی در سال‌های ۱۳۸۳ و

همکاران (Callan *et al.*, 1991) بالاترین میزان ظهور نهایی گیاهچه ژنوتیپ‌های مختلف ذرت شیرین که بذرهای آن‌ها با سویه‌ای از سودوموناس فلورسنس تلقیح یا پوشش دار شده بودند را گزارش کردند. آنان این اثر را عمدتاً ناشی از کنترل‌کنندگی این باکتری بر قارچ پیتوم (*Pythum sp.*)، عامل بیماری بوته‌میری ذرت، دانستند. همچنین ال میلیجی (El-Meleigi, 1989) نیز علت تأثیر برخی از جدایه‌های سودوموناس فلورسنس که برای پوشش دار کردن بذر ارقام مختلف ذرت استفاده شده بودند، بر بهبود میزان ظهور گیاهچه‌ها در مزرعه در طی دو سال آزمایش را علاوه بر ترشح اکسین، تأثیر کنترل‌کنندگی آن‌ها بر عوامل بیماریزای گیاهچه دانست.

با توجه به اثر افزایش عملکرد گیاهان زراعی، آن‌ها را باکتری‌های افزاینده عملکرد نیز می‌نامند (Vessey, 2003). به طوری که زهیرو همکاران (Zahir *et al.*, 1998) افزایش ۱۹/۸ درصدی عملکرد دانه ذرت در اثر تلقیح توأم بذر با ازوتوباکتر و سودوموناس، تیلاک و همکاران (Tilak *et al.*, 1982) افزایش عملکرد دانه ذرت با تلقیح توأم بذر با ازوتوباکتر کرووکوکوم و آزوسپیریلوم برازیلنس و فالچیری و فریونی (Fulchieri and Frioni, 1994) افزایش ۵۹ درصدی عملکرد دانه ذرت با افزایش تعداد دانه‌های بلال تا دو برابر با تلقیح بذر با آزوسپیریلوم را گزارش کردند.

بر اساس گزارش‌های موجود مبتنی بر بهبود

طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار کشت گردیدند. هر کرت دارای ۶ خط کاشت به طول ۱۰ متر با فاصله ۷۵ سانتی‌متر و تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار (۱۸ سانتی‌متر فاصله بوته‌ها) بود و کلیه مراحل داشت مزرعه در دوره رشد به طور معمول و آبیاری بلوک‌ها، به منظور جلوگیری از اختلاط باکتری‌ها جداگانه اجرا گردید و تاریخ نخستین آبیاری به عنوان تاریخ کاشت در نظر گرفته شد. به منظور تعیین میزان ظهور گیاهچه در مزرعه و صفات مرتبط از هر کرت دو خط کاشت و از هر خط طول ۴/۵ متر که در برگیرنده جمعاً ۱۰۰ بذر کشت شده بود در نظر گرفته شد و به طور روزانه مورد بازدید قرار گرفت و تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده تا ۱۴ روز پس از کاشت یادداشت گردید. سپس درصد ظهور اولیه گیاهچه‌ها (۷ روز پس از کاشت)، درصد نهایی ظهور گیاهچه‌ها (۱۴ روز پس از کاشت)، زمان لازم برای ظهور ۵۰ درصد گیاهچه‌ها و زمان لازم برای حداکثر ظهور گیاهچه‌ها (بر حسب تعداد روز از زمان کاشت) تعیین شد و میانگین زمان ظهور گیاهچه‌ها با استفاده از رابطه زیر تعیین شد: (رابطه ۱):

$$\text{میانگین زمان ظهور گیاهچه‌ها} = \sum f x_i / F$$

در این رابطه $f x$ تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده در میانه دوره ظهور گیاهچه‌ها x (روز هفتم) و F حداکثر تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده در این دوره می‌باشند (Orchard, 1977).

همچنین سرعت ظهور گیاهچه‌ها در مزرعه

۱۳۸۴ در مزرعه ۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج (طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۳۱ متر از سطح دریا) به اجرا درآمد.

ابتدا قبل از کشت بذرها با مایه تلقیح مایع خالص این باکتری‌ها، به طور جداگانه با یک باکتری و مایه تلقیح مخلوطی از دو جنس و سه جنس باکتری تلقیح شدند. همگی این باکتری‌ها طبیعی و بومی خاک‌های کشور بوده و توسط بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب جدا و خالص‌سازی و مایه تلقیح آن‌ها تهیه شده بود. برای تلقیح بذرها میزان هفت میلی‌لیتر مایه تلقیح که هر میلی‌لیتر آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود، مورد استفاده قرار گرفت. بذرهای هر تیمار درون ظرف‌های پتری با افزودن مایه تلقیح و به خوبی آغشته کردن با آن و سپس به منظور تکمیل تلقیح به مدت ۳۰ دقیقه باقی‌گذارند، تلقیح شدند. بدین ترتیب تیمارها شامل سه دورگ ساده و تلقیح بذر به طور جداگانه با یک باکتری و مایه تلقیح مخلوط دوتایی و سه جنس باکتری و عدم تلقیح باکتریایی بذر، به عنوان شاهد (جمعاً هشت تیمار): ۱. Az، ۲. As، ۳. Ps، ۴. As+Az، ۵. Az+Ps، ۶. As+Ps، ۷. As+Ps+Az و ۸. عدم تلقیح (شاهد) بودند.

کلیه تیمارها به صورت یک آزمایش فاکتوریل دو عاملی با ۲۴ تیمار (سه دورگ ساده ذرت $8 \times$ تیمار تلقیح بذر) در قالب یک

از رابطه زیر تعیین گردید:
(رابطه ۲):

$$\text{سرعت ظهور گیاهچه‌ها در مزرعه} = \frac{\text{درصد نهایی ظهور گیاهچه‌ها}}{\text{تعداد روز از کاشت تا پایان یادداشت‌برداری}}$$

سرعت ظهور تجمعی گیاهچه‌ها در مزرعه نیز از رابطه زیر مشخص شد (Orchard, 1977):
(رابطه ۳):

$$\text{سرعت ظهور تجمعی} = \frac{\text{تعداد گیاهچه‌های شمارش شده}}{\text{تعداد روز تا شمارش نخست}} + \dots + \frac{\text{تعداد گیاهچه‌های شمارش شده}}{\text{تعداد روز تا شمارش نخست}}$$

و شاخص ظهور گیاهچه در مزرعه با رابطه زیر محاسبه گردید (Ram et al., 1989):
(رابطه ۴):

$$\text{شاخص ظهور گیاهچه در مزرعه} = \frac{\text{میانگین ظهور گیاهچه در مزرعه}}{100 \times \text{قابلیت جوانه‌زنی بذر}}$$

در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه و کاهش رطوبت آن به مقدار مناسب برای برداشت، حاشیه کرت‌ها به مقدار نیم متر از دو سر خطوط کشت و دو ردیف حاشیه حذف و بلال‌های بقیه بوته‌ها برداشت گردیدند. پس از برداشت بلال‌ها عملکرد دانه در هکتار و عملکرد دانه هر بوته بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد تعیین شدند.

نتایج و بحث

مقایسه میانگین‌های نشان داد که بذره‌های دورگ SC704 تلقیح شده با باکتری‌های سه جنس، دارای بالاترین میزان درصد ظهور اولیه گیاهچه (۷۹/۸ درصد) بودند (جدول ۱). از این

همچنین برای بررسی تأثیر تیمارها بر بینه گیاهچه در مزرعه و ویژگی‌های مرتبط، ۳۰ روز پس از کاشت به طور تصادفی ارتفاع تعداد ده بوته از دو خط کاشت اندازه‌گیری و بوته‌ها کف بر شده و در آزمایشگاه سطح برگ هر بوته با دستگاه سنجش سطح برگ بر حسب سانتی‌متر مربع تعیین شده و وزن خشک هر بوته با خشک کردن در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و توزین با ترازوی دقیق با دقت ± 0.01 گرم تعیین شدند.

سپس شاخص بینه گیاهچه نیز از رابطه زیر تعیین گردید (Abdul-Baki and Anderson, 1973):
(رابطه ۵):

$$\text{قابلیت جوانه‌زنی} \times \text{وزن خشک گیاهچه} = \text{شاخص بینه گیاهچه}$$

کافی در واحد سطح محسوب می‌شود (TeKrony *et al.*, 1989). حافظ و همکاران (Hafeez *et al.*, 2004) نیز افزایش ۳ تا ۹ درصدی میزان ظهور گیاهچه در مزرعه ژنوتیپ‌های پنبه بر اثر کاربرد PGPR را گزارش کردند. PGPR به کار برده شده در این آزمایش احتمالاً از طریق تولید مواد تنظیم‌کننده رشد و کنترل زیستی بیماری‌های گیاهچه سبب رشد و نمو و ظهور بیشتر گیاهچه‌ها در مزرعه گردید و بدین ترتیب باعث استقرار بهتر بوته‌ها در مزرعه شد.

مقایسه میانگین‌های زمان ظهور ۵۰ درصد گیاهچه‌ها نشان داد که تلقیح بذرها در دورگ SC 704 با مایه تلقیح مخلوط باکتری‌های سه جنس دارای پایین‌ترین میزان (۷/۴ روز) بود و به عبارت بهتر از ظهور سریعتر در مزرعه برخوردار بود (جدول ۱). همچنین دورگ‌های B73×K18 و SC700 که بذرها با باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند از نظر این صفت در مرتبه‌های بعدی بودند و تلقیح با مایه تلقیح مخلوط دو باکتری ازوتوباکتر و سودوموناس و تلقیح جداگانه بذر با این باکتری‌ها در کاهش زمان لازم برای ظهور نیمی از گیاهچه‌ها در مزرعه از تأثیر بیشتری نسبت به سایر تیمارهای تلقیح باکتریایی برخوردار بودند (جدول ۱). زمان ظهور ۵۰ درصد گیاهچه معیاری برای شتاب ظهور گیاهچه و استقرار بوته در مزرعه است (Orchard, 1977) و ساز و کار کاهش این زمان که نشان‌دهنده ظهور سریعتر گیاهچه می‌باشد، احتمالاً ناشی از مواد

لحاظ دورگ‌های B73×K18 و SC700 نیز به ترتیب در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند و این ویژگی آن‌ها نسبت به شاهد (عدم تلقیح بذر) به ترتیب ۱۲/۷، ۱۰/۱ و ۸/۷ درصد افزایش داشت. از لحاظ میزان تأثیر نوع باکتری بر این صفت در هر سه دورگ به ترتیب مایه تلقیح مخلوط دو باکتری ازوتوباکتر و سودوموناس و تیمار تلقیح جداگانه بذر با ازوتوباکتر و سودوموناس تأثیر بیشتری داشتند (جدول ۱). بررسی کالان و همکاران (Callan *et al.*, 1991) و ال ملئیجی (El-Meleigi, 1989) نیز افزایش ظهور گیاهچه در مزرعه ذرت بر اثر تلقیح بذر با باکتری سودوموناس فلورسنس را نشان داد.

با مقایسه میانگین‌های درصد ظهور نهایی گیاهچه در مزرعه نیز مشخص شد که بذرها در دورگ SC704 که با باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند دارای بیشترین درصد نهایی ظهور گیاهچه بودند و دورگ‌های B73×K18 و SC700 به ترتیب در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند و سپس تلقیح با مایه تلقیح مخلوط دو باکتری ازوتوباکتر و سودوموناس و تلقیح جداگانه بذر با این باکتری‌ها بر افزایش درصد ظهور نهایی گیاهچه تأثیر بیشتری نسبت به سایر تیمارهای تلقیح باکتریایی بذر داشتند (جدول ۱). دستیابی به تراکم بوته مطلوب در مزرعه عامل اساسی برای تولید عملکرد مناسب گیاهان زراعی است و درصد ظهور نهایی گیاهچه در مزرعه شاخصی برای استقرار بوته در مزرعه و ایجاد تراکم بوته

جدول ۱- مقایسه میانگین شاخص های ظهور گیاهچه در مزرعه برای دورگ های ذرت مورد بررسی تحت تأثیر PGPR

Table 2. Mean comparisons of seedling emergence of studied maize hybrids in the field on affected by PGPR.

دورگ ها	PGPR	Characteristics خصوصیات							
		درصد ظهور اولیه	درصد ظهور نهایی	زمان ظهور ۵۰ درصد گیاهچه ها (روز)	زمان ظهور نهایی گیاهچه (روز)	میانگین زمان ظهور (روز)	سرعت ظهور گیاهچه (گیاهچه/روز)	سرعت ظهور تجمعی گیاهچه (گیاهچه/روز)	شاخص ظهور گیاهچه (FEI) ⁸
Hybrids		(PE%) ¹	(FE%) ²	(50%ET) ³ (Day)	(FET) ⁴ (Day)	(MET) ⁵ (Day)	(FER) ⁶ (Plant/Day)	(CER) ⁷ (Plant/Day)	(FEI) ⁸
SC704	Control(no inoculation) شاهد	71.288m	91.165k	11.375c	13.375c	7.980bc	6.434j	16.181o	0.875l
	Az	77.012cd	97.112d	8.500hi	10.500j	7.870g	6.875cd	18.175e	0.913d
	As	74.237ij	94.850gh	9.875e	11.750fg	7.960c	6.683h	17.113m	0.888i
	Ps	77.113c	97.149cd	8.750gh	10.750i	7.880fg	6.860d	17.744fg	0.907e
	Az+As	76.012f	96.194de	9.2502 fg	11.250h	7.910ef	6.798ef	17.531h	0.905ef
	Az+Ps	78.100b	98.247b	8.625h	10.625ij	7.840hi	6.939bc	18.275c	0.925b
	As+Ps	75.164h	95.512ef	9.500f	11.500g	7.940d	6.757fg	17.381k	0.902f
	Az+As+Ps	79.844a	99.144a	7.375i	9.375k	7.780l	7.016a	19.425a	0.932a
SC700	Control(no inoculation) شاهد	70.350n	89.800m	12.875a	15.250a	8.050a	6.082k	15.325q	0.859m
	Az	75.163h	94.912g	10.625d	13.125cd	7.880fg	6.865d	17.838f	0.910de
	As	72.212l	92.581j	12.375ab	14.375ab	7.980bc	6.513ij	16.944no	0.887i
	Ps	75.431g	95.631ef	11.125cd	13.000d	7.890f	6.820e	17.587gh	0.905ef
	Az+As	74.669i	94.744h	11.625bc	13.625bc	7.930e	6.767f	16.456j	0.903f
	Az+Ps	76.632ef	96.106de	9.625ef	12.375ef	7.850h	6.882c	18.206d	0.920bc
	As+Ps	73.587k	93.557ef	11.875b	13.750b	7.950cd	6.708gh	17.256l	0.889h
	Az+As+Ps	77.056d	97.144cd	8.875g	11.375gh	7.820j	6.941b	18.806b	0.926b
B73×K18	Control(no inoculation) شاهد	70.100o	90.071	12.375ab	14.375ab	7.990b	6.415jk	15.569p	0.880k
	Az	76.750e	96.219de	9.750ef	11.875f	7.880fg	6.873cd	17.925ef	0.910de
	As	74.112j	93.913i	11.875b	13.750b	7.960c	6.665i	17.087n	0.888i
	Ps	78.025f	96.050e	10.625d	12.625e	7.890f	6.831de	17.606g	0.907e
	Az+As	76.025b	95.475ef	11.125cd	13.125cd	7.920e	6.794ef	17.481i	0.903f
	Az+Ps	74.387i	97.256cd	9.375fg	11.375gh	7.840hi	6.939bc	18.250cd	0.923c
	As+Ps	74.738i	95.325f	11.625bc	13.625bc	7.950cd	6.733g	17.375k	0.891g
	Az+As+Ps	78.038b	97.705c	8.625h	10.625ij	7.800k	6.978ab	18.813ab	0.931a

بر اساس میانگین هایی، در هر ستون و برای هر تیمار، که حداقل دارای یک حرف مشابه باشند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال (P<0.05) اختلاف معنی داری ندارند.

Means, in each column and treatment, followed by similar letter(s) are not significantly different (P<0.05)-using Duncan's Multiple Range Test.

1. % Primary emergence (PE%) 2. % Final emergence percent (FE%) 3. 50% emergence time (FE%) 4. Final emergence time (FET) 5. Mean emergence time (MET) 6. Field emergence rate (FER) 7. Cumulative emergence rate (CER) 8. Field emergence index (FEI) 9. Seedling height (SH) 10. Leaf area (LA) 11. Plant dry weight (PDW) 12. Seedling vigour index (SVI)

PGPR نیز نشان داد که دورگ SC704 در تیمار تلقیح بذر با باکتری‌های سه جنس دارای کمترین میانگین زمان ظهور گیاهچه (۷/۸ روز) بود و از این لحاظ دورگ‌های B73×K18 و SC700 به ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۳). سپس تلقیح با مایه تلقیح مخلوط دو باکتری ازوتوباکتر و سودوموناس و تلقیح جداگانه بذر دورگ‌ها با سودوموناس و ازوتوباکتر هر یک از این باکتری‌ها به ترتیب دارای کمترین میانگین زمان ظهور گیاهچه (برای مثال به ترتیب ۷/۸، ۷/۹ و ۷/۸ روز در دورگ SC704) بودند (جدول ۱). میانگین زمان ظهور گیاهچه معیاری از مدت زمان مورد نیاز برای ظهور گیاهچه‌ها در مزرعه می‌باشد (Orchard, 1977). به احتمال زیاد تأثیر این باکتری‌ها بر کاهش متوسط زمان ظهور گیاهچه به اثر افزایش رشد با تولید ترکیب‌های افزاینده رشد توسط آن‌ها مربوط می‌شود.

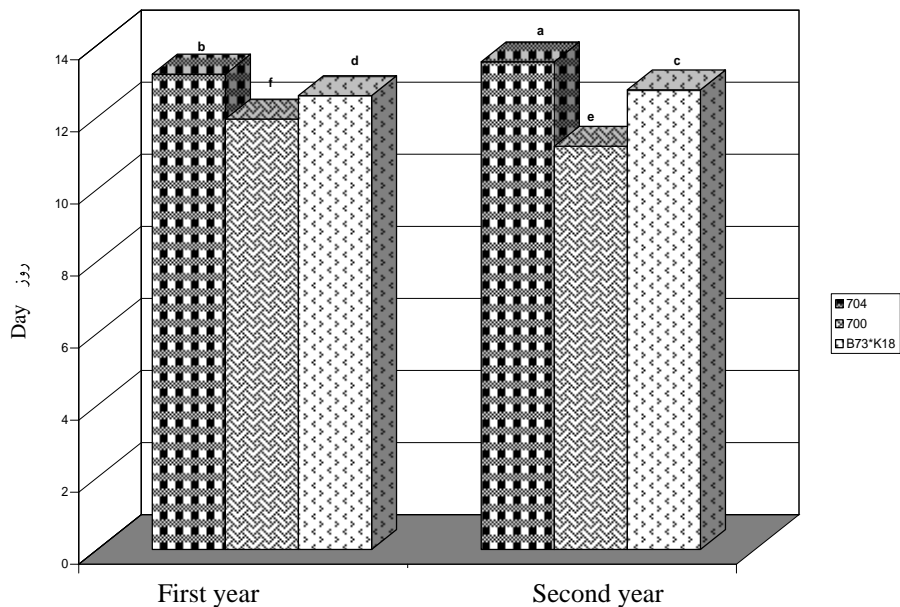
سرعت ظهور گیاهچه در مزرعه از مهمترین شاخص‌های بنیه گیاهچه است و نشان‌دهنده کارایی گیاهچه برای استقرار محسوب می‌شود (Steiner, 1990). با مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها × PGPR بر سرعت ظهور گیاهچه مشخص شد که بیشترین سرعت ظهور گیاهچه به ترتیب به کاربرد مایه تلقیح مخلوط باکتری‌های سه جنس و مخلوط دو باکتری ازوتوباکتر و سودوموناس برای تلقیح بذرهای دورگ SC704 مربوط می‌شود و در مرتبه بعدی بذرهای دورگ B73×K18 و SC700

تحریک‌کننده رشد تولید شده به وسیله PGPR مورد بررسی در این پژوهش باشد.

زمان ظهور نهایی گیاهچه در مزرعه شاخصی برای ارزیابی زمان لازم برای استقرار بوته در مزرعه است (Orchard, 1977). بررسی مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال × دورگ‌ها نشان داد که دورگ SC704 در سال دوم اجرای آزمایش دارای زمان نهایی ظهور گیاهچه کوتاهتری بودند (شکل ۱). میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها × PGPR مشخص ساختند که کاربرد مایه تلقیح مخلوط باکتری‌های سه جنس در هر سه دورگ دارای زمان ظهور نهایی پایین‌تری بود و دورگ SC704 دارای کمترین زمان ظهور نهایی گیاهچه نسبت به دیگر دورگ‌ها بود (جدول ۱). استفاده از مایه تلقیح مخلوط دو باکتری ازوتوباکتر و سودوموناس و تلقیح جداگانه بذر دورگ‌ها به ترتیب با هر یک از این باکتری‌ها تأثیر بیشتری بر کاهش زمان ظهور نهایی گیاهچه داشتند (جدول ۱).

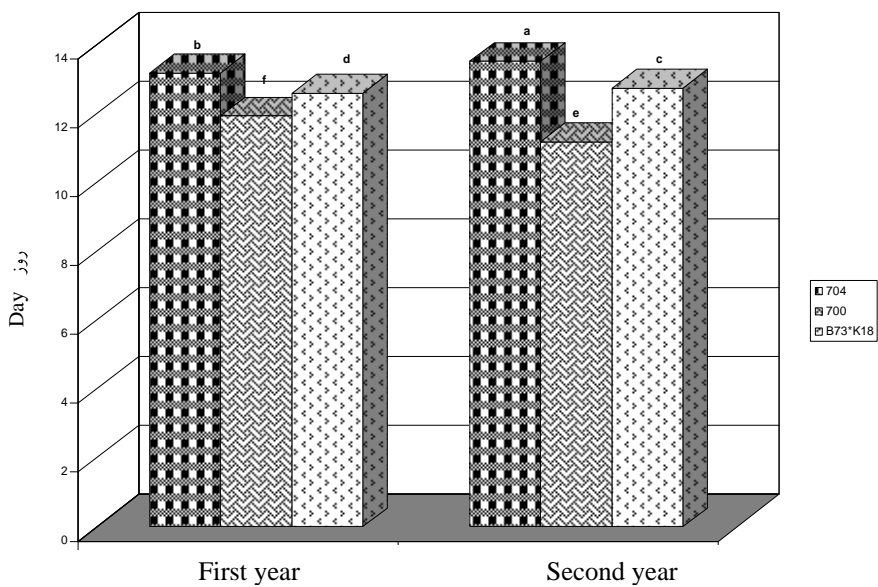
با بررسی اثر متقابل سال × دورگ‌ها مشخص شد که دورگ SC704 در سال دوم اجرای آزمایش دارای کمترین میانگین زمان ظهور گیاهچه بود و نیز مخلوط باکتری‌های سه جنس برای تلقیح بذر پایین‌ترین میزان میانگین زمان جوانه‌زنی را داشت (شکل ۲). چنین نتیجه‌ای می‌تواند بیانگر تأثیر عوامل محیطی بر میانگین زمان ظهور گیاهچه این دورگ‌ها نیز باشد.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها ×



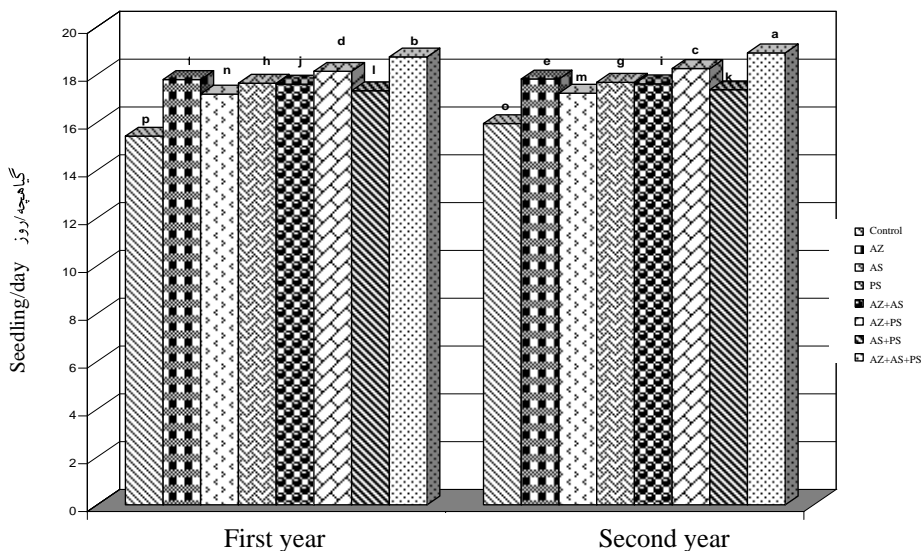
شکل ۱- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال × دورگ‌ها بر زمان ظهور نهایی گیاهچه

Fig. 1. Mean comparisons of year×hybrid interaction on the final seedling emergence time.



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال × دورگ‌ها بر متوسط زمان ظهور گیاهچه

Fig. 2. Mean comparisons of year×hybrid interaction on the mean seedling emergence time.



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال \times PGPR بر متوسط زمان ظهور گیاهچه

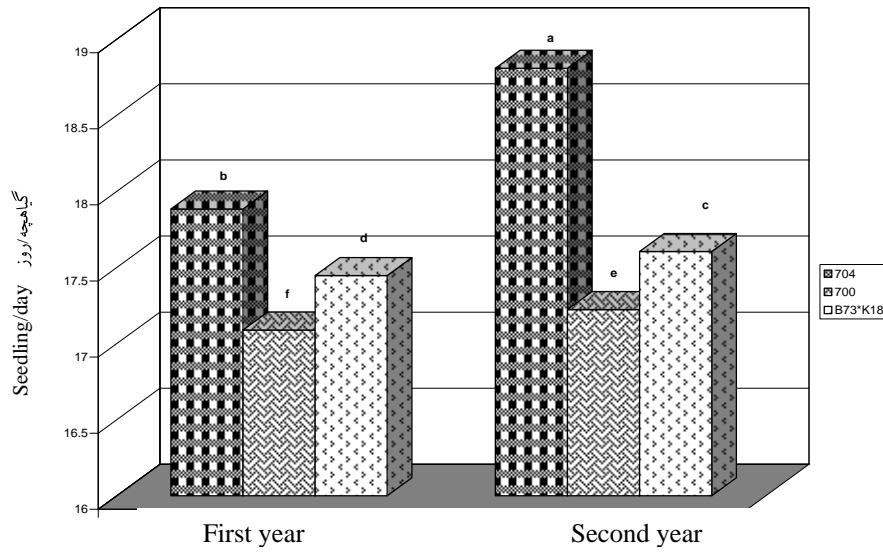
Fig. 3. Mean comparisons of year \times PGPR interaction on the mean seedling emergence time.

گیاهچه‌های دورگ SC704 در سال اول و دوم از سرعت ظهور تجمعی بالاتری (به ترتیب ۱۷/۹ و ۱۸/۸ گیاهچه/روز) نسبت به دیگر دورگ‌های مورد بررسی (به ترتیب ۱۸/۱ و ۱۷/۲ گیاهچه/روز در دورگ SC700 و ۱۷/۴ و ۱۷/۶ گیاهچه/روز در دورگ B73 \times K18) برخوردار بودند. به علاوه، گیاهچه‌های دورگ SC704 در سال دوم اجرای آزمایش دارای سرعت ظهور تجمعی بالاتری بودند (شکل ۴).

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال \times PGPR برای این ویژگی نیز مشخص ساخت که تلقیح بذر با مایه تلقیح باکتری‌های سه جنس در سال دوم بیشترین تأثیر را بر افزایش سرعت ظهور تجمعی گیاهچه داشت (شکل ۵). تأثیر سال بر این ویژگی برای

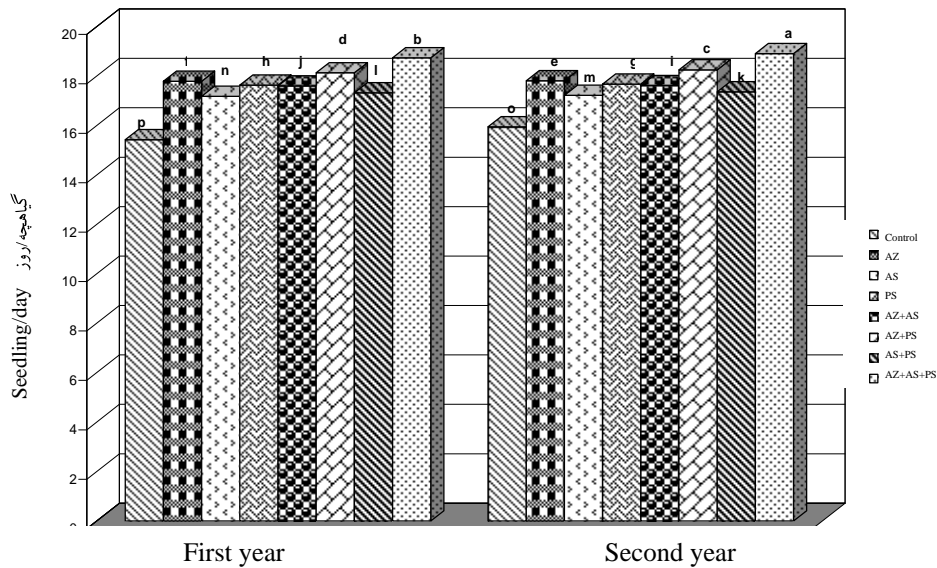
تلقیح شده با مایه تلقیح مخلوط باکتری‌های سه جنس قرار گرفتند (جدول ۱). سرعت ظهور گیاهچه نشانگر توانایی استقرار سریع بوته و دستیابی به تراکم بوته مطلوب گیاه زراعی است (Maiti and Carrillo Gutierrez, 1989) و اسودوان و همکاران (Vasudevan et al., 2002) نیز ظهور گیاهچه و استقرار بوته سریعتر برنج در اثر کاربرد PGPR را مشاهده کردند. PGPR مورد بررسی در این پژوهش احتمالاً از طریق تولید مواد افزایش دهنده رشد و مهارکننده عوامل بیماری‌زای گیاهی باعث افزایش سرعت ظهور گیاهچه‌ها در مزرعه شده‌اند.

با بررسی میانگین‌های اثر متقابل سال \times دورگ‌ها برای سرعت ظهور تجمعی گیاهچه مشخص شد که



شکل ۴- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال × دورگ‌ها بر سرعت ظهور تجمعی گیاهچه

Fig. 4. Mean comparisons of year x hybrid interaction on the cumulative emergence rate.



شکل ۵- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال × PGPR بر سرعت ظهور تجمعی گیاهچه

Fig. 5. Mean comparisons of year x PGPR interaction on the cumulative emergence rate

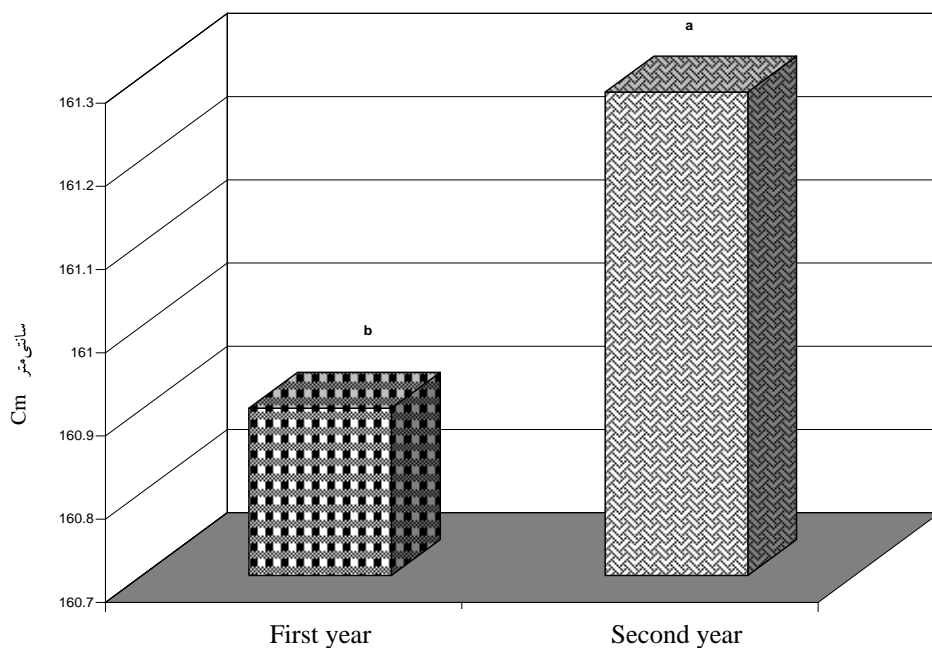
تلقیح باکتری‌های ازوتوباکتر و سودوموناس و تلقیح بذر با این باکتری‌ها به تنهایی از این نظر در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۱). این باکتری‌ها احتمالاً با ایجاد مواد تحریک کننده رشد و مهارکننده عوامل بیماری‌زای گیاهی یا سایر سازوکارها شاخص ظهور گیاهچه در مزرعه دورگ‌های مورد بررسی را بهبود بخشیده است.

میانگین ارتفاع و سطح برگ بوته در سال دوم اجرای آزمایش از میزان بالاتری نسبت به سال اول برخوردار بود (شکل‌های ۶ و ۷). این نتیجه می‌تواند نشان‌دهنده تأثیرگذار بودن شرایط محیطی از قبیل آب و هوا و خاک بر این دو صفت نیز باشد. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها \times PGPR بر ارتفاع بوته و سطح برگ بوته حاکی از برتری این ویژگی‌ها در تیمار تلقیح بذر دورگ SC704 با مایه تلقیح مخلوط باکتری‌های سه جنس بوده که نسبت به شاهد (بدون تلقیح) ارتفاع بوته و سطح برگ بوته به ترتیب افزایش ۱۳/۶ و ۲۰/۶ درصدی داشتند (جدول ۲). کاپولنیک و همکاران (Kapulnik et al., 1982) نیز افزایش ارتفاع بوته ذرت با تلقیح بذر با آزوسپیریلوم و زهیر و همکاران (Zahir et al., 1998) افزایش ۸/۵ درصدی ارتفاع بوته ذرت را که بذرهای آن با باکتری‌های ازوتوباکتر و سودوموناس تلقیح شده بودند، گزارش کردند. همچنین کاپولنیک و همکاران (Kapulnik et al., 1982) افزایش وزن خشک برگ ذرت بر اثر تلقیح بذر با

دورگ‌ها و باکتری‌های مورد بررسی در این پژوهش گویای امکان تأثیرپذیری این ویژگی از شرایط محیطی مانند شرایط آب و هوایی به ویژه دمای محل اجرای آزمایش نیز می‌باشد و به احتمال زیاد این شرایط در سال دوم اجرای آزمایش برای افزایش آن در تیمارهای مورد بررسی مناسب‌تر بود.

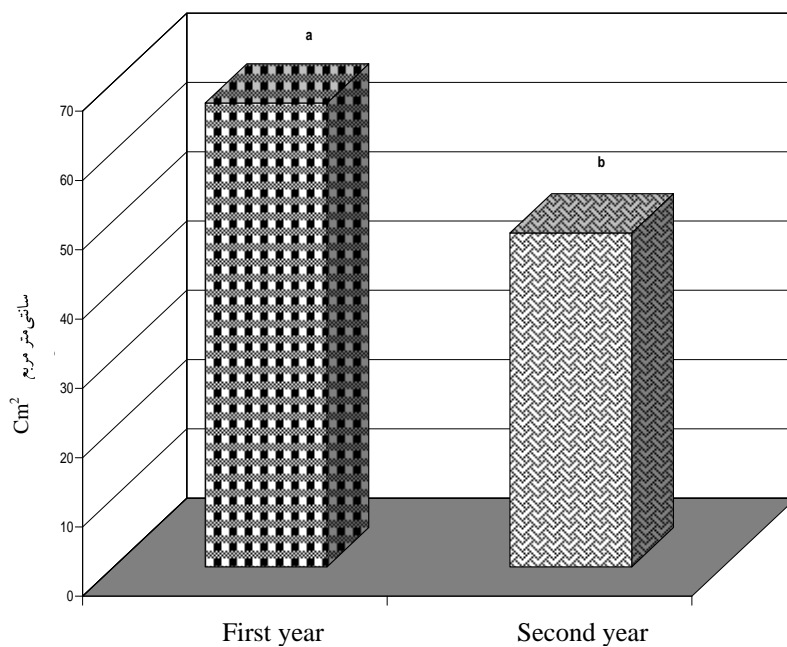
با مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها \times PGPR نیز روشن گردید که بذرهای دورگ SC704 تلقیح شده با مایه تلقیح مخلوط باکتری‌های سه جنس دارای سرعت ظهور جمععی گیاهچه بالاتری بودند و دورگ‌های B73 \times K18 و SC700 از لحاظ این صفت در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند. همچنین تلقیح بذر با مایه تلقیح مخلوط دو باکتری ازوتوباکتر و سودوموناس و تلقیح جداگانه بذر ازوتوباکتر و سودوموناس و تلقیح جداگانه بذر با این باکتری‌ها از نظر تأثیر بر افزایش سرعت ظهور جمععی گیاهچه در هر سه دورگ در مرتبه بعدی قرار داشتند (جدول ۱) که می‌تواند ناشی از توانایی متفاوت PGPR مورد بررسی از لحاظ ترکیبات تحریک کننده رشد تولید شده باشد.

شاخص ظهور گیاهچه معیاری برای استقرار بوته در مزرعه است (Ram et al., 1989). با مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها \times PGPR بر شاخص ظهور گیاهچه معلوم شد که بیشترین میزان این شاخص مربوط به بذرهای دورگ SC704 تلقیح شده با مایه تلقیح مخلوط باکتری‌های سه جنس بوده و تلقیح بذر با مایه



شکل ۶- مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته در دو فصل زراعی

Fig. 6. Mean comparisons of plant height in two cropping cycles.



شکل ۷- مقایسه میانگین‌های سطح برگ بوته در دو فصل زراعی

Fig. 7. Mean comparisons of leaf area in two cropping cycles.

جدول ۲- مقایسه میانگین برخی خصوصیات مرتبط با بنیه گیاهیچه دورگ‌های ذرت مورد بررسی تحت تأثیر PGPR.

Table 2. Mean comparisons of some seedling vigour related traits of studied maize hybrids as affected by PGPR.

دورگ ها Hybrids	PGPR	Characteristics خصوصیات			
		ارتفاع بوته (سانتیمتر) (PH) ¹ (cm)	سطح برگ بوته (سانتی متر مربع) (LA) ² (cm ²)	وزن خشک بوته (گرم) (PDW) ³ (g)	شاخص بنیه گیاهیچه در مزرعه (SVI) ⁴
SC704	Control(no inoculation) شاهد	150.56lm	61.629n	111jk	6.560rs
	Az	155.301jk	71.300e	152ij	16.948g
	As	151.047kl	63.001m	150m	11.548p
	Ps	151.874i	69.009g	164i	16.312i
	Az+As	164.777j	67.063i	174g	14.998jk
	Az+Ps	171.490ab	73.655c	227ab	20.881d
	As+Ps	166.622e	65.078k	193e	9.579m
	Az+As+Ps	174.314a	77.664a	242a	24.188a
SC700	Control(no inoculation) شاهد	141.350o	59.512p	162i	5.975t
	Az	154.275k	69.212fg	125l	16.312i
	As	150.498m	60.875o	93o	9.579r
	Ps	161.845j	66.925ij	162hi	15.524j
	Az+As	165.415ef	45.025k	172h	14.409l
	Az+Ps	168.246d	72.000cd	204d	18.541f
	As+Ps	165.778ef	62.925mn	183f	9.519o
	Az+As+Ps	170.988c	75.606b	205d	22.645c
B73×K18	Control(no inoculation) شاهد	147.106n	60.862o	104k	8.312s
	Az	154.419jk	70.198f	151i	16.479h
	As	151.263l	61.847mn	143n	10.282q
	Ps	163.378h	68.959f	164i	15.653ij
	Az+As	165.217ef	66.075j	173gh	14.850k
	Az+Ps	171.189b	72.737d	216c	19.374e
	As+Ps	165.948f	64.013l	183f	10.292n
	Az+As+Ps	173.315ab	76.725ab	238b	23.200b

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر تیمار، که حداقل دارای یک حرف مشابه باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال (P<0.05) اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column and treatment, followed by similar letter(s) are not significantly different (P<0.05)-using Duncan's Multiple Range Test.

1. Plant height (PH) 2. Leaf area (LA) 3. Plant dry weight (PDW) 4. Seedling vigour index (SVI)

با باکتری آروسپیریوم و بیسواس و همکاران (Biswas et al., 2000) افزایش سطح برگ گیاهیچه برنج که بذره‌های آن با آروسپیریوم لیپوفروم تلقیح شده بود را گزارش کردند. به احتمال زیاد، PGPRهای به کار برده شده در این پژوهش نیز از طریق سازوکار تولید مواد

آروسپیریوم و رویتاشاو-سینگ و همکاران (Rohitashav-Singh et al., 1993) افزایش تعداد برگ‌های ذرت با تلقیح بذره‌های آن با سودوموناس فلورسنس را مشاهده کردند. پانوار و سینگ (Panwar and Singh, 2000) نیز افزایش سطح برگ بوته گندم بر اثر تلقیح بذر

دورگ‌های SC704، B73×K18 و SC700 دارای میزان بالاتر این شاخص بودند و به همین ترتیب تلقیح بذرها با مایه تلقیح تلفیق دو باکتری ازوتوباکتر و سودوموناس در مرتبه بعدی قرار داشتند (جدول ۲). شاخص بنیه گیاهچه معیاری برای ارزیابی بنیه و توانمندی بالقوه تولید محصول بوته محسوب می‌شود (Hampton and TeKrony, 1995). با توجه به سازوکارهای مختلف تأثیر PGPR بر تقویت جوانه‌زنی بذر، ظهور گیاهچه و استقرار بوته در مزرعه به نظر می‌رسد که PGPRهای مورد مطالعه در این پژوهش نیز به احتمال زیاد از طریق چنین سازوکارهایی سبب افزایش بنیه گیاهچه در مزرعه شده‌اند.

بررسی میانگین عملکرد دانه در هکتار مشخص ساخت که دورگ SC700 در تیمار تلقیح بذر با باکتری‌های سه جنس بالاترین مقدار (۱۸۷۱۱/۳ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد که ۳۷/۲ درصد بالاتر از پایین‌ترین عملکرد دانه در هکتار (بدون تلقیح بذر) بود (شکل ۸). عملکرد دانه در هکتار دورگ‌های SC700 در سال اول و SC704 در سال دوم نیز به ترتیب با تولید ۱۸۱۳۷ و ۱۷۷۵۵ کیلوگرم در هکتار در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند (شکل ۸). همچنین مشخص گردید که در هر سه دورگ عملکرد دانه در تیمار تلقیح بذر با دو باکتری ازوتوباکتر و سودوموناس پس از تیمار تلقیح بذر با باکتری‌های سه جنس در مرتبه بعدی قرار

تنظیم‌کننده رشد از قبیل اکسین، اسید جیبرلیک و سیتوکینین که سبب افزایش تقسیم و رشد و طولیل شدن سلول‌های برگ و ساقه می‌شوند، ارتفاع بوته و سطح برگ را افزایش دادند.

مقایسه میانگین‌های وزن خشک بوته نیز مشخص کرد که بیشترین وزن خشک بوته بر اثر تلقیح بذرها دورگ SC704 با مایه تلقیح مخلوط باکتری‌های سه جنس بدست آمد و به ترتیب وزن خشک بوته دورگ B73×K18 و دورگ SC700 در همین تیمار تلقیح باکتریایی بذر و تیمار تلقیح بذر با مایه تلقیح مخلوط دو باکتری ازوتوباکتر و سودوموناس نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود (جدول ۲). وزن خشک بوته معیاری اساسی برای ارزیابی استقرار بوته‌های دارای بنیه قوی در مزرعه بوده (Martin *et al.*, 1988) و زهیر و همکاران (Zahir, *et al.*, 1998) افزایش ۱۸ درصدی وزن خشک بوته ذرت در اثر تلقیح بذر با ازوتوباکتر و سودوموناس را مشاهده کردند. PGPRهای مورد مطالعه در این پژوهش نیز احتمالاً از طریق سازوکارهای تولید مواد تنظیم‌کننده رشد، مهار عوامل بیماری‌زای گیاهی و بهبود تغذیه گیاه در افزایش وزن خشک بوته مؤثر بودند.

مقایسه میانگین‌های شاخص بنیه گیاهچه در مزرعه مشخص ساخت که بوته‌های استقرار یافته در مزرعه تیمار تلقیح بذر با مایه تلقیح تلفیق باکتری‌های سه جنس در هر سه دورگ دارای بالاترین شاخص بوده و به ترتیب

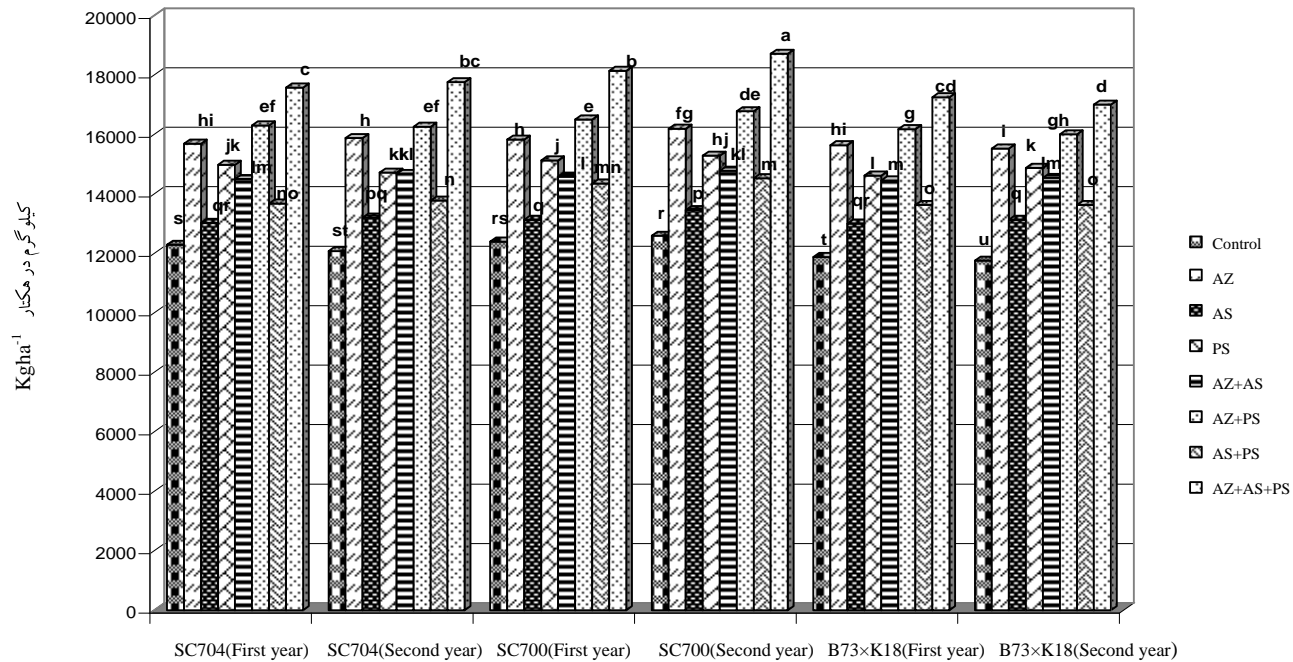
دورگ‌های مورد بررسی در این پژوهش نیز موثر بود.

با بررسی ضرایب همبستگی ساده تعیین شده بین ویژگی‌های بررسی شده مشخص گردید که اکثر این ویژگی‌ها دارای رابطه همبستگی قوی با یکدیگر بودند (جدول ۳). به طوری که درصد ظهور اولیه و نهایی گیاهچه با سرعت ظهور و سرعت ظهور تجمعی گیاهچه در مزرعه از همبستگی منفی برخوردار بوده و شاخص ظهور گیاهچه در مزرعه با زمان ۵۰ درصد ظهور و زمان ظهور نهایی گیاهچه، همچنین سرعت ظهور گیاهچه‌ها دارای همبستگی مثبت بودند (جدول ۳). این نتایج از اهمیت قابل توجهی جهت ارزیابی اثر افزایش دهنده گیاهچه PGPR از طریق صفات مورد بررسی و نیز غربال PGPR می‌تواند برخوردار باشند. به طوری که با توجه به ضریب همبستگی بالای سرعت تجمعی ظهور گیاهچه در مزرعه با وزن خشک بوته ($r=0.896^{**}$) به نظر می‌رسد این صفت از قابلیت ارزیابی مناسبی به این منظور برخوردار باشد.

با توجه به نتایج بدست آمده مشخص شد که تلقیح بذر دورگ‌های مورد بررسی با PGPR تأثیر قابل ملاحظه‌ای در افزایش درصد و سرعت ظهور گیاهچه‌ها و استقرار بوته‌ها در مزرعه داشته است. PGPR مورد مطالعه در این پژوهش به احتمال زیاد با سازوکارهای تولید مواد تنظیم‌کننده رشد تحریک‌کننده، مهار عوامل بیماری‌زای گیاهی و بهبود تغذیه گیاه بر این

داشت. کمترین عملکرد دانه در هکتار برای هر سه دورگ نیز در تیمار شاهد (بدون تلقیح بذر) مشاهده گردید (شکل ۸).

زهی‌ر و همکاران (Zahir et al., 1998) افزایش ۱۹/۸ درصدی عملکرد دانه ذرت بر اثر تلقیح توأم بذر با ازوتوباکتر و سودوموناس را گزارش کردند. همچنین، تیلاک و همکاران (Tilak et al., 1982) افزایش عملکرد دانه ذرت بر اثر تلقیح توأم بذر با ازوتوباکتر کروکوکوم و آزوسپیریوم برازیلنس را مشاهده کردند. فالچیری و فریونی (Fulchieri and Frioni, 1994) نیز افزایش تعداد دانه‌های بلال با تلقیح بذر با آزوسپیریوم را گزارش نمودند. ترشح مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه تحریک‌کننده رشد مانند اکسین‌ها (Fallik et al., 1989)، جیبرلین‌ها (Lucangeli and Bottini, 1997) توسط آزوسپیریوم برازیلنس، همچنین ترشح اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها به وسیله ازوتوباکتر کروکوکوم (Martinez-Toledo et al., 1988) به دلیل همیاری این باکتری‌ها با ریشه ذرت مهمترین سازوکار افزایش رشد و عملکرد دانه ذرت گزارش شده است. با توجه به این نتایج و این واقعیت که باکتری‌های مورد استفاده دارای قابلیت تولید مواد تحریک‌کننده رشد گیاه هستند، بنابراین به نظر می‌رسد که احتمالاً همین سازوکار در افزایش عملکرد دانه



شکل ۸- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه در هکتار دورگ‌های ذرت مورد بررسی متأثر از PGPR در دو فصل زراعی.

Fig. 8. Mean comparisons of grain yield (Kgha⁻¹) in maize hybrids as affected by PGPR in two cropping cycles.

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده بین شاخص های ظهور و استقرار گیاهچه، برخی صفات مرتبط و عملکرد دانه.

Table 4. Simple correlation coefficients between seedling emergence indices, some related traits and grain yield.

Characteristics	خصوصیات	درصد ظهور اولیه (PE%) ¹	درصد ظهور نهایی (FE%) ²	زمان ظهور ۵۰ درصد (50%ET) ³ (روز)	زمان ظهور نهایی گیاهچه (FET) ⁴ (روز)	متوسط زمان ظهور (MET) ⁵ (روز)	سرعت ظهور گیاهچه (FER) ⁶ (Plant/Day)	سرعت ظهور تجمعی گیاهچه (CER) ⁷ (Plant/Day)	شاخص ظهور گیاهچه (FEI) ⁸	ارتفاع بوته (SH) ⁹ (سانتی متر)	سطح برگ بوته (LA) ¹⁰ (مترمربع) (cm ²)	وزن خشک بوته (PDW) ¹¹ (گرم)	سطح برگ بوته (LA) ¹² (مترمربع) (cm ²)
(FE%)	درصد ظهور نهایی گیاهچه	0.830**											
(50% et)	زمان ظهور ۵۰٪ گیاهچه ها (روز)	0.742**	0.094**										
(FET)	زمان ظهور نهایی گیاهچه (روز)	-0.691**	-0.825**	0.792**									
(MET)	میانگین زمان ظهور (روز)	-0.678**	0.811**	0.781**	0.971**								
(FER)	سرعت ظهور گیاهچه (روز/گیاهچه)	0.684**	0.648**	0.617**	-0.595**	-0.570**							
(CER)	سرعت ظهور تجمعی گیاهچه (گیاهچه/روز)	0.743**	0.845**	0.798**	-0.731**	-0.716**	0.594**						
(FEI)	شاخص ظهور گیاهچه	0.096 ^{ns}	0.792**	0.012 ^{ns}	0.816**	0.875**	0.055 ^{ns}	0.050 ^{ns}					
(LA)	سطح برگ بوته (سانتی متر مربع)	0.676**	0.848**	0.742**	0.610**	-0.601**	0.519**	0.683**	0.147*				
(PDW)	وزن خشک بوته (گرم)	0.733**	0.861**	0.798**	0.547**	-0.755**	0.686**	0.755**	0.070 ^{ns}	0.722**			
(PDW)	وزن خشک بوته (گرم)	0.312*	0.846**	0.300*	0.446*	-0.319**	0.869**	0.896**	0.076 ^{ns}	0.408*	0.395*		
(LA)	سطح برگ بوته (سانتی متر مربع)	0.723**	0.065 ^{ns}	0.804**	0.056 ^{ns}	-0.706**	0.600**	0.711**	0.065 ^{ns}	-0.932**	0.798**	0.492**	
Grain yield (Kgh ⁻¹)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	0.765**	0.802**	0.697**	0.820**	0.758**	0.892**	0.659**	0.723**	0.846**	0.635**	0.687**	0.869**

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

^{ns}: غیر معنی دار

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

^{ns}: Non-significant

1. % Primary emergence (PE%) 2. % Final emergence (FE%) 3. 50% emergence time (FE%) 4. Final emergence time (FET) 5. Mean emergence time (MET)

6. Field emergence rate (FER) 7. Cumulative emergence rate (CER) 8. Field emergence index (FEI) 9. Plant height (PH) 10. Leaf area (LA)

11. Plant dry weight (PDW) 12. Seedling vigour index (SVI).

ترشح مواد و ترکیب‌های افزاینده فعالیت این باکتری‌ها از قبیل اسید آمینه تریتوفان و آدنین که به ترتیب پیش ماده تولید اکسین و سیتوکینین هستند، سبب تفاوت دورگ‌های مورد بررسی با یکدیگر از نظر پاسخ به کاربرد PGPR شده باشد. همچنین احتمالاً تفاوت PGPR مورد استفاده از لحاظ تولید اکسین، اسید جیبرلیک و سیتوکینین و آنزیم ACC دی آمیناز که در کاهش تولید اتیلن مؤثر است، یا سیدروفورها و پادزی‌ها (آنتی‌بیوتیک‌ها) که نقش مهمی در کنترل زیستی عوامل بیماری‌زای گیاهی دارند و تفاوت این باکتری‌ها در برقراری رابطه همیاری با میزبان سبب اختلاف تأثیر گذاری آن‌ها با یکدیگر گردید. بنابراین می‌توان بهبود رشد ریشه و افزایش خصوصیات ریشه و ارتقای قابلیت جوانه‌زنی بذر، بنیه گیاهچه و صفات مرتبط به ویژه سرعت جوانه‌زنی بذر بیشتر و متوسط زمان جوانه‌زنی کمتر در اثر کاربرد PGPR را به عنوان سازوکار تأثیر بر ظهور گیاهچه در مزرعه و تغییرات مشاهده شده محسوب داشت.

با وجود معنی دار بودن اثر سال یا اثر متقابل سال × دورگ‌ها و اثر متقابل سال × PGPR برای برخی از صفات بررسی شده و اثر متقابل سال، دورگ‌ها × PGPR که می‌تواند بیانگر تأثیر شرایط محیطی دوره اجرای آزمایش از جمله شرایط آب و هوایی و خاک بر نتایج به دست آمده باشد، تأثیر قابل ملاحظه PGPR بر ویژگی‌های بررسی شده انکارناپذیر است.

خصوصیات مؤثر واقع شده‌اند. این اثر در درجه اول می‌تواند به تولید مواد تنظیم‌کننده رشد تحریک‌کننده از قبیل اکسین، اسید جیبرلیک و سیتوکینین به وسیله PGPR مربوط باشد. فالیک و همکاران (Fallik *et al.*, 1989) وجود اکسین‌های IAA و IBA را در گیاهچه‌های دو هفته‌ای ذرت که بذرهای آن‌ها با آزو اسپریلوم برازیلنس تلقیح شده بود گزارش کردند و زهیر و همکاران (Zahir *et al.*, 2000) نیز تلقیح بذرهای ذرت با باکتری‌های جنس ازوتوباکتر را که دارای توانایی تولید اکسین بالا بودند در بروز اثرات افزاینده رشد گیاهچه‌ها مؤثر دانستند. همچنین از نظر تأثیر بر اغلب صفات مورد مطالعه تلقیح بذر با باکتری‌های سه جنس ازوتوباکتر، آزو اسپریلوم و سودوموناس، تلقیح با دو باکتری ازوتوباکتر کروو کوکوم و سودوموناس فلورسنس و تلقیح جداگانه با این باکتری‌ها بیشترین اثر مثبت را داشته‌اند. این تفاوت در درجه اول به توانایی PGPR برای اعمال سازوکارهای تأثیرگذار بر صفات بررسی شده مربوط می‌شود. سه دورگ مورد مطالعه نیز از لحاظ پاسخ به تلقیح بذر با PGPR با یکدیگر متفاوت بوده‌اند، به طوری که دورگ‌های SC704، B73×K18 و SC700 به ترتیب بیشتر تحت تأثیر تلقیح بذر با این باکتری‌ها قرار گرفتند. با توجه به سازوکارهای تأثیر این باکتری‌ها بر صفات بررسی شده به نظر می‌رسد که ممکن است تفاوت‌های این دورگ‌ها از نظر

بوته در واحد سطح و بهبود کمی و کیفی محصول ناشی از آن، کاربرد این باکتری‌ها به عنوان کودهای زیستی به صورت راهکاری عملی برای توسعه نظام مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهی از طریق تلفیق روش‌های تغذیه معدنی و آلی گیاهان زراعی نقش قابل ملاحظه‌ای در راستای توسعه کشاورزی پایدار با اجرای نظام کشاورزی پایدار با نهاده کافی دارد.

به طور کلی با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان اظهار داشت که کاربرد PGPR با تأثیر هم‌افزایی بر گیاه ذرت و تأثیر آنتاگونیستی (ناهمسازی) بر ریزسازواره‌های غیر مفید موجب بهبود ظهور و بنیه گیاهچه و استقرار بوته در مزرعه و در نهایت عملکرد دانه دورگ‌های ذرت مورد بررسی در شرایط منطقه و سال‌های اجرای آزمایش شدند. بنابراین، با توجه به تأثیر مثبت استقرار بوته در مزرعه و دستیابی به تراکم

References

- Anonymus, 2008.** Agriculture statistics, first volume-horticultural and field crops, 2005-6 Cropping cusle. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Programing and Economic Deputy, Statistics and Information Technology Office, No. 87/09 (Farsi text).
- Abdul-Baki ,A. A., and Anderson, J. D. 1973.** Vigor determination in soybean by multiple criteria. *Crop Sciences* 13: 630-633.
- Biswas, J. C., Ladha, J. K., Dazzo, F. B., Yanni, Y. G., and Rolfe B. G. 2000.** Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. *Agronomy Journal* 92: 880-886.
- Bong, C. F. J., and Sikorowski, P. P. 1991.** Effects of cytoplasmic polyhedrosis, virus and bacterial contamination on growth and development of the corn earworm, *Helioverpa zea*. *Journal of Invertebrate Pathology* 57: 406-412.
- Callan, N. W., Mathre, D. E., and Miller, J. B. 1991.** Field performance of sweet corn seed bio-primed and coated with *Pseudomonas fluorescence* AB254. *HortScience* 26: 1163-1165.
- de Freitas, J. R. and Germid, J.J . 1990.** Plant growth promoting rhizobacteria for winter wheat. *Applied Environmental Microbiology* 36: 265-272.
- El-Meleigi, M. A. 1989.** Effect of *Pseudomonas* isolates applied to corn, sorghum and wheat seeds on seedling growth and corn yield. *Canadian Journal of Plant Sciences* 69: 101-108.

- Fallik, E., Okon, Y., Epstin, E., Goldman, A., and Fischer, M. 1989.** Identification and quantification of IAA and IBA in *Azospirillum braziliens* inoculated maize roots. *Soil Biology and Biochemistry* 21: 147-153.
- Fulchieri, M., and Frioni, L. 1994.** *Azospirillum* inoculation on maize (*Zea mays* L.): effect on yield in a field experiment in central Argentina. *Soil Biology and Biochemistry* 26: 921-923.
- Hafeez, F. Y., Safdar, M. E., Chaudry, A. U., and Malik, K. A. 2004.** Rhizobial inoculation improves seedling emergence, nutrient uptake and growth of cotton. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44: 617-622.
- Hampton, J. G., and TeKrony, D. M. 1995.** Handbook of Vigour Test Methods (3rd Ed.) International Seed Testing Association (ISTA). Zurich, Switzerland. 214 pp.
- Handlesman, J., and Staab, E. 1996.** Biocontrol of soilborne pathogens. *Plant Cell* 8: 1855-1860.
- Hebbar, K. P., Davey, A. G., Merrin, J. and Dart, P. J. 1992.** Rhizobacteria of maize antagonistic to *Fusarium moniliforme*, a soil-borne fungal pathogen: colonization of rhizosphere and roots. *Soil Biology and Biochemistry* 24: 989-997.
- Kapulnik, Y., Sarig, S., Nur, A., Okon, Y., and Henis, Y. 1982.** The effect of *Azospirillum* inoculation on growth and yield of corn. *Israel Journal of Botany* 31: 247-255.
- Kloepper, J. W., and Schroth, M. N. 1978.** Plant growth promoting rhizobacteria on radish. Proceeding of 4th International Conference of Plant Pathological Bacteriology 879-882. Angeres.
- Kloepper, J. W., Scher, F. M., Labiret, E. M., and Tipping, B. 1986.** Emergence promoting rhizobacteria: descriptions and implications for agriculture. Pp. 155-164. In: Iron, siderophores and plant disease, Swinburne, T. R. (ed.) Plenum, New York.
- Kloepper, J. W., Zablutowicz, R. M., Tipping, E. M., and Lifshitz, R. 1991.** Plant growth promoting Mediated by bacterial rhizosphere colonizers. Pp. 315-326. In: The rhizosphere and plant growth, Keister, D. L. and Cregan, P. B. (eds.) Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Lucangeli, C., and Bottini, R. 1997.** Effects of *Azospirillum* spp. on endogenous gibberellin content and growth of maize (*Zea mays* L.) treated with uniconazol. *Symbiosis* 23: 63-71.

- Maiti, R. K., and Carrillo Gutierrez, M., De, J. 1989.** Effect of planting depth on seedling emergence and vigour in Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Seed Science and Technology 17: 83-90.
- Manaffee, W. F., and Kloepper, J. W. 1994.** Applications of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. Pp. 23-31. In: Soil biota management in sustainable farming systems, Pankhurst, C. E., Doube, B. M., Gupta, V. V. S. R., and Grace, P. R., (eds.) CSIRO, Pub. East Melbourne, Australia.
- Martin, B. A., Smith, O. S., and O'Neil, M. 1988.** Relationships between laboratory germination tests and field emergence of maize inbreds. Crop Science 28: 801-805.
- Martinez-Toledo, M. V., de la Rubia, T., Moreno, J., and Gonzalez-Lopez, J. 1988.** Root exudates of *Zea mays* and production of auxins, gibberellins and cytokinins by *Azotobacter chroococcum*. Plant and Soil 110: 149-152.
- Nielands, J. B., and Leong, S. A. 1986.** Sidrophores in relating to plant growth and disease. Annual Review of Plant Physiology 37: 187-208.
- Orchard, T. 1977.** Estimating the parameters of plant seedling emergence. Seed Science and Technology 5: 61-69.
- Panwar, J. D. S., and Singh, O. 2000.** Response of *Azospirillum* and *Bacillus* on growth and yield of wheat under field conditions. Indian Journal of Plant Physiology 5: 108-110.
- Puente, M. E., and Bashan, Y. 1993.** Effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* strains on germination and seedling growth of the giant columnar cardon cactus (*Pachycereus pringlei*). Symbiosis 15: 49-60.
- Ram, C., Kumari, P., Singh, O., and Sardana, R. K. 1989.** Relationship between seed vigour tests and field emergence chickpea. Seed Science and Technology 17: 169-177.
- Rohitashav-Singh, Sood, B. K. Sharma, V. K., and Singh, R. 1993.** Response of forage maize (*Zea mays* L.) to *Azotobacter* inoculation and nitrogen. Indian Journal of Agronomy 38: 555-558.
- Sharma, A. K. 2004.** Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India. 351 pp.
- Steiner, J. J. 1990.** Seedling rate of development: indicator of vigor and seedling growth response. Crop Science 30: 1264-1271.
- Sturz, A. V., and Christie, B. R. 2003.** Beneficial microbial allelopathies in the root

- zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. Soil and Tillage Research 72: 107-123.
- TeKrony, D. M., Egli, D. B., and Wickham, D. A. 1989.** Corn seed vigour effect on no-tillage field performance. I. field emergence. Crop Science 29: 1523- 1528.
- Tilak, K. V. B. R., Singh, C. S., Roy, V. K., and Rao, N. S.S . 1982.** *Azospirillum brasilense* and *Azotobacter chroococcum* inoculum: effect on yield of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor*). Soil Biology and Biochemistry 14 : 417-418.
- Turner, J. T., and Backman, P. A. 1989.** Factors relating to peanut yield increases following *Bacillus subtilis* seed treatment. Plant Disease 73: 464-468.
- Tuzun, S. and Kloepper, J. W. 1994.** Induced systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria. Pp.104-109. In: Improving plant productivity with rhizosphere bacteria: Ryder, M. H., Stephene, P. M. and Bowen, G. D. (eds.). CSIRO: Adeliede, Australia.
- Vasudevan, P., Reddy, M.S., Kavitha, S., Velusamy, P., David PaulRaj, R. S., Purushothaman, S.M., Brindha Priyadarisini, V., Bharathkumar, S., Kloepper, J. W., and Gnanamanickam, S. S. 2002.** Role of biological preparations in enhancement of rice seedling growth and grain yield. Current Science 83: 1140-1143.
- Vessey, J. K. 2003.** Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil 255: 271- 286.
- 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., Abbas, S. A., Khalid, A., and Arshad, M. 2000.** Substrate dependnd microbially derived plant hormones for improving growth of maize seedlings. Pakistan Journal of Biological Science 3: 289-291.
- Zahir, A. Z., Arshad, M. and Frankenberger (Jr.), W. F. 2004.** Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy 81: 97-168.