

اثر استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه (PGPR) بر فنولوژی دورگ‌های دیررس ذرت (*Zea mays* L.)  
Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) application on phenology  
of late maturity maize (*Zea mays* L.) hybrids

آیدین حمیدی<sup>۱</sup>، رجب چوکان<sup>۲</sup>، احمد اصغرزاده<sup>۳</sup>، مجید دهقان شعار<sup>۴</sup>، امیر قلاوند<sup>۵</sup> و محمد جعفر ملکوتی<sup>۶</sup>

### چکیده

حمیدی<sup>۱</sup>، ر. چوکان<sup>۲</sup>، ا. اصغرزاده<sup>۳</sup>، م. دهقان شعار<sup>۴</sup>، ا. قلاوند و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۸. اثر استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه (PGPR) بر فنولوژی دورگ‌های دیررس ذرت (*Zea mays* L.). مجله علوم زراعی ایران: ۱۱ (۳): ۲۷۰-۲۴۹.

این آزمایش به منظور بررسی تأثیر کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه از توباکتر کروئوکوکوم، آروسپیریلوم لیپوفروم، آروسپیریلوم برازیلنس و سودوموناس فلورسنس بر فنولوژی و عملکرد دانه دورگ‌های ساده دیررس ذرت ۷۰۰، ۷۰۴ و یک دورگ امیدبخش (B73×K18) به مدت دو سال به اجرا گذاشته شد. تیمارهای آزمایش شامل تلقیح بذرهای این دورگ‌ها با تک تک باکتری‌ها و تلقیح توأم با مایه تلقیح تلفیق دو به دو و سه جنس باکتری و عدم تلقیح باکتریایی به عنوان تیمار شاهد بودند. ویژگی‌های گیاهی مورد ارزیابی شامل تاریخ ظهور گیاهچه، برگ چهارم، هشتم، دوازدهم، گل تاجی، دانه‌های گرده، کاکل، اتمام گرده افشانی، خشک شدن کاکل‌ها و رسیدگی فیزیولوژیک دانه و همچنین طول دوره‌های رشد رویشی، گرده افشانی، کاکل دهی، تطابق گل دهی و پر شدن دانه محاسبه شده بر پایه روز-درجه‌های رشد و عملکرد دانه در هکتار بودند. نتایج بدست آمده نشان داد که استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه مورد بررسی، فنولوژی دورگ‌های ذرت را تحت تأثیر قرار داد، به طوری که ظهور برگ‌ها، گل تاجی، دانه‌های گرده و کاکل تسریع شده و طول دوره گرده افشانی، کاکل دهی، تطابق گل دهی و پر شدن دانه، افزایش یافتند. محاسبه ضرایب همبستگی نشان داد که واحدهای گرمایی مورد نیاز دوره‌های نموی با رویدادهای فنولوژیک بررسی شده همبستگی مثبت داشتند. همچنین مشخص گردید که تلقیح بذر دورگ‌ها با تلفیقی از هر سه باکتری، بیشترین تأثیر مثبت را بر فنولوژی دورگ‌های ذرت داشته و تلقیح بذر با دو باکتری از توباکتر کروئوکوکوم و سودوموناس فلورسنس و تک تک این باکتری‌ها در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند. ترتیب دورگ‌های ذرت بررسی شده نیز از نظر پاسخ فنولوژیک به استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه به صورت ۷۰۴، B73×K18 و ۷۰۰ بود. بیشترین عملکرد دانه از دورگ ۷۰۰ که بذرهای آن با مایه تلقیح باکتری‌های هر سه جنس تلقیح شده بود، بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه، روز-درجه رشد، ذرت و فنولوژی.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۲/۲

۱- استاد یار مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال (مکاتبه کننده)

۲- استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

۳- استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب

۴- دانشیار مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال

۵- دانشیار دانشگاه تربیت مدرس

۶- استاد دانشگاه تربیت مدرس

## مقدمه

ذرت یکی از مهم ترین گیاهان زراعی است که در سال ۲۰۰۴ مقدار تولید دانه آن در جهان ۷۰۵ میلیون تن بود و محصول آن به عنوان غذا، علوفه و تولیدات صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد (Anonymus, 2005). در ایران نیز در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ از سطح کشت ۲۹۱۸۴۸ هکتار، میزان ۲۱۶۶۱۳۰ تن دانه ذرت با عملکرد ۷۴۲۳/۴۲ کیلو گرم در هکتار تولید گردید (Anonymus, 2008).

در نظام های کشاورزی پایدار، کودهای زیستی اهمیت ویژه ای در افزایش تولید و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک دارند (Sharma, 2003). کودهای زیستی شامل مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، همچنین ریز جانداران باکتریایی و قارچی مفید و مواد حاصل از فعالیت آن ها بوده و باکتری های افزایش دنده رشد گیاه (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) از مهم ترین این کودهای می باشند (Manaffe and Kloepper, 1994). این باکتری ها علاوه بر افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک با تثبیت زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم و مهار عوامل بیماریزا، با تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می دهند (Sturz and Christie, 2003). با توجه به تأثیر افزایش دگی بر رشد و نمو گیاهان زراعی، این باکتری ها اصطلاحاً باکتری های افزایش دنده عملکرد نیز نامیده می شوند (Vessey, 2003). باکتری های جنس ازتوباکتر (*Azotobacter* spp.)، آزوسپیریلوم (*Azospirillum* spp.) و سودوموناس (*Pseudomonas* spp.) از مهم ترین باکتری های فعال افزایش دنده رشد گیاه محیط اطراف ریشه (رایزوسفر) هستند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر قابل ملاحظه مواد تحریک کننده رشد به ویژه انواع اکسین ها، جیبرلین ها و سیتوکینین ها رشد، نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می دهند (Zahir et al., 2004). همچنین باکتری های جنس ازتوباکتر و سودوموناس آزادزی

و باکتری های جنس آزوسپیریلوم دارای رابطه همیاری با گیاه میزبان می باشند (Vessey, 2003).

آزمایش های اخیر مشخص کرده اند که تولید ایندول استیک اسید و سیتوکینین با استفاده از اسید آمینه های تریپتوفان و آذین ترشح شده از ریشه، هیدرولیز پیش ماده اتیلن، ۱- آمینو سیکلو پروپان - ۱- کربوکسیلیک اسید (1-aminocyclopropane-1-carboxylic, ACC) به وسیله آنزیم ACC دی آمیناز (ACC deaminase) و تولید مواد هورمونی و شبه هورمونی در اثر واکنش نیتريت حاصل از تنفس نیتراتی با اسید اسکوربیک، مهم ترین سازوکارهای تأثیر این باکتری ها هستند (Zahir et al., 2004).

بنابه تعریف، فنولوژی یا زیستگردی (Phenology) دانش مطالعه پدیده های زیستی دوره ای مرتبط با اقلیم (به ویژه تغییرات فصلی) موجودات زنده از جمله گیاهان زراعی است (Parker, 1989) که تحت تأثیر عوامل مختلف مانند شرایط اقلیمی به ویژه دما قرار می گیرد (Stewart et al., 1998).

تحول پیوسته شکل و فعالیت گیاه نمو (Development) نامیده می شود. تحلیل نمو گیاه زراعی بر اساس بررسی رخدادهای نمو متمایز، یعنی مراحل نمو (Phenostage)، نظیر ظهور گیاهچه، گل آغازی و ظهور گل ساده ترمی گردد (Hodges and Evans, 1992). میزان توسعه و نمو گیاه در هر یک از مراحل فنولوژیک یا فنوفازها (Phenophases) میزان نمو را مشخص ساخته و بررسی میزان نمو گیاه زراعی در ارتباط با شرایط محیطی فنولوژی گیاه زراعی نامیده می شود (Grant, 1989). تاریخ ظهور گیاهچه ها، ظهور گل تاجی، دانه گرده، کاکل و رسیدگی فیزیولوژیک دانه از مهم ترین مراحل فنولوژیک نمو ذرت محسوب شده و اهمیت ویژه ای در رشد و نمو آن دارند. عملکرد دانه ذرت به طور قابل توجهی تحت تأثیر فنولوژی دورگ های ذرت قرار می گیرد (Stevenson et al., 1986). بررسی وقوع مراحل

عملکرد دانه دورگ های دیررس ذرت در منطقه کرج بود.

### مواد و روش ها

این آزمایش به منظور بررسی اثر باکتری های افزاینده رشد گیاه بر فنولوژی و عملکرد دانه دورگ های دیررس ذرت، در سال های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ در مزرعه ۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج (طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۲۶۱ متر از سطح دریا) اجرا شد.

بذرهای ضد عفونی نشده سه دورگ ساده دیررس ذرت شامل سینگل کراس ۷۰۴ (Mo17 × B73)، سینگل کراس ۷۰۰ (K74/1 × K18) و یک دورگ ساده امیدبخش (B73 × K18) از بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه ای مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شدند. با مساعد شدن شرایط آب و هوایی و فرا رسیدن تاریخ کاشت توصیه شده، بذرها بلافاصله قبل از کاشت با مایه تلقیح پودری خالص سویه ۵ باکتری از تو باکتر کروئوکوکوم (*Azotobacter chroococcum*, Az)، مایه تلقیح مخلوط سویه ۲۱ آزوسپیریوم براریلنس (*Azospirillum brasilense*) و سویه OF آزوسپیریوم لیوفروم (*Azospirillum lipoferum*, As) و سویه P21 سودوموناس فلورسنس (*Pseudomonas fluorescens*, Ps) که همگی بومی خاک های کشور و توسط بخش تحقیقات یولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب جدا و خالص سازی شده و مایه تلقیح آن ها تهیه شده بود، تلقیح شدند. بدین منظور بذرهای هر کرت درون ظرف با افزودن هفت گرم از هر مایه تلقیح (۱۴ گرم مایه تلقیح دو جنس باکتری و ۲۱ گرم مایه تلقیح سه جنس باکتری) که هر گرم آن دارای  $10^8$  عدد باکتری زنده و فعال بود، به ازای هر ۱۰۰ گرم وزن بذر مورد استفاده و افزودن محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها، تلقیح شدند. بدین ترتیب تیمارهای آزمایش شامل سه دو رگ

نموی مختلف بر مبنای تقویم زمانی و واحدهای حرارتی (Thermal unites)، امکان تجزیه و تحلیل ساده تر فنولوژی گیاه را فراهم می سازد (Dwyer et al., 1999a) و شاخص دمایی روز-درجه رشد جمعی (GDD) یکی از مهم ترین شاخص های مورد استفاده برای بررسی و توصیف کمی فنولوژی رشد و نمو ذرت محسوب می شود (Dwyer et al., 1999b). عوامل مختلف درونی و بیرونی فنولوژی گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می دهند. دما و دوره نوری محیط رشد و نمو گیاه (Cutforth and Shaykewich, 1989) حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه و تراکم بوته از مهم ترین عوامل محیطی تاثیر گذار بر زیستگردی گیاهان زراعی بوده و فیزیولوژی گیاه به ویژه وضعیت هورمونی از عوامل درونی تاثیر گذار محسوب می شوند (Grant, 1989). همچنین عوامل زیستی بویژه موجودات زنده ای که با گیاهان رابطه متقابل دارند رشد و نمو گیاهان را تحت تاثیر قرار می دهند (Vessy, 2003). ریز جانداران محیط اطراف ریشه به ویژه باکتری های افزاینده رشد گیاهان نیز از طریق سازوکارهای مختلف فعالیت شان رشد و نمو گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می دهند (Zahir et al., 2004). رویداد های نموی و فنولوژی گیاهان زراعی نیز از پدیده های زیستی هستند که تحت تاثیر فعالیت باکتری های افزاینده رشد گیاه واقع می شوند. لین و همکاران (Lin et al., 1989) ظهور زودتر کاکل ذرت در اثر تلقیح بذر با این باکتری ها را گزارش کرده اند.

هدف از این آزمایش، بررسی تاثیر باکتری های افزاینده رشد گیاه به عنوان کودهای زیستی شامل سویه های خالص از تو باکتر کروئوکوکوم (*Azotobacter chroococcum*) آزوسپیریوم لیوفروم (*Azospirillum lipoferum*) آزوسپیریوم براریلنس (*Azospirillum brasilense*) و سودوموناس فلورسنس (*Pseudomonas fluorescens*) به صورت تلقیح بذر بر فنولوژی رشد و نمو

ساده و تلقیح بذر با تک تک باکتری ها، مایه تلقیح تلفیق دوتایی باکتری ها، مایه تلقیح تلفیق سه جنس باکتری و عدم تلقیح بذر (شاهد)، جمعاً هشت تیمار: Az، As، Ps، Az+Ps، As+Ps، Az+As+Ps و عدم تلقیح (شاهد)، بودند.

بذرهای تلقیح شده در مزرعه ای که سال قبل آیش بوده در شیارهایی با فاصله ۷۵ سانتی متر و فاصله روی خطوط کشت ۱۸ سانتی متر (تراکم بوته ۷۵ هزار بوته در هکتار) به صورت یک آزمایش دو فاکتوره با ۲۴ تیمار (۳ دو رگ ساده  $8 \times$  تیمار تلقیح بذر) بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار کشت شدند.

بر اساس نتایج تجزیه خاک، مقادیر ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره، ۱۳۵ کیلوگرم  $P_2O_5$  در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار  $K_2O$  از منبع سولفات پتاسیم و ۱۷ کیلوگرم روی در هکتار از منبع سولفات روی به خاک افزوده شدند. نیمی از کود اوره و تمامی مقادیر سایر کودها قبل از کاشت در مرحله آماده سازی بستر کشت، در زمین پخش و با خاک مخلوط شدند. نیمه باقی مانده کود اوره در مرحله ۹-۷ برگی به صورت سرک مصرف شد. نخستین آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام و سپس به طور مرتب و بر حسب نیاز گیاه به طور متوسط هر ۵-۷ روز یک بار صورت گرفت. آبیاری بلوک ها برای جلوگیری از اختلاط باکتری ها به صورت جداگانه انجام شد. تنک کردن و واکاری مزرعه بر حسب نیاز در مرحله ۷-۴ برگی گیاهچه ها و با حفظ یک بوته سالم در هر کپه، پس از رفع خطر احتمالی آفات طوقه بر و پرندگان اجرا شدند. مدیریت علف های هرز با مصرف علف کش های توصیه شده، کولتیواتور زنی در مرحله ۶-۴ برگی بوته ها که هم زمان موجب سله شکنی و خاک دهی پای بوته ها شد و وجین دستی در مراحل بعدی رشد، انجام گردید.

برای بررسی مراحل نموی، تاریخ بروز برخی از مهم ترین مراحل نموی تا مرحله رسیدگی

فیزیولوژیک، بر اساس سیستم مرحله بندی رشد و نمو ذرت (Hanway, 1963) با واحد تعداد روز پس از کاشت به شرح زیر یادداشت شد: ظهور گیاهچه ها (دوبرگی شدن ۵۰ درصد گیاهچه ها، آغاز دوره نمو رویشی)، ظهور برگ های چهارم، هشتم، دوازدهم، گل تاجی (گل های تاجی ۵۰ درصد بوته ها به اندازه ۱۵-۱۰ سانتی متر از میان بالاترین برگ ها بیرون آمده باشند، پایان دوره نمو رویشی)، ظهور دانه گرده (در ۵۰ درصد بوته ها گرده روی محور اصلی گل تاجی ظاهر شده باشد، آغاز دوره نمو زایشی)، کاکل دهی (در ۵۰ درصد بوته ها طول کاکل به ۵ سانتی متر رسیده باشد، آغاز دوره پر شدن دانه)، اتمام گرده افشانی (در تمامی بوته ها دانه های گرده تمام شده و گل تاجی خشک شده باشد)، خشک شدن کاکل (در تمام بوته ها کاکل ها خشک شده باشند، پایان تلقیح)، رسیدگی فیزیولوژیک (حداکثر ۷۵ درصد دانه های مرکزی بلال دارای لایه سیاه باشند، پایان دوره پر شدن دانه).

سپس طول برخی از مهم ترین دوره های فنولوژیک بر اساس تعداد روزها پس از کاشت شامل: رشد رویشی (از ظهور گیاهچه ها تا ظهور گل تاجی)، گرده افشانی (از ظهور گل تاجی تا اتمام گرده افشانی)، کاکل دهی (از ظهور کاکل تا خشک شدن کاکل)، تطابق گل دهی (از ظهور کاکل تا اتمام گرده افشانی) و پر شدن دانه (از ظهور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک) و شاخص گرمایی روز-درجه رشد جمععی (GDD) آن ها با داده های دمای کمینه و بیشینه روزانه طول دوره رشد و نمو، ثبت شده در ایستگاه هواشناسی کشاورزی کرج تعیین شد.

داده ها به صورت فاکتوریل بر پایه بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار با تصادفی در نظر گرفتن اثر سال، تجزیه مرکب شده و مقایسه میانگین ها به روش دانکن و محاسبه ضرایب همبستگی ساده بین صفات با استفاده از نرم افزار MSTAT\_C (Ver. 2.1) انجام شدند.

## نتایج و بحث

تجزیه واریانس روز-درجه‌های مراحل و دوره‌های نمودی نشان داد که به جز روز-درجه‌های ظهور برگ هشتم، روز-درجه‌های سایر مراحل و دوره‌ها تحت تأثیر تیمارها قرار گرفته و اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR برای روز-درجه‌های ظهور گیاهچه، برگ دوازدهم، کاکل دهی، اتمام گرده افشانی، خشک شدن کاکل و دوره پر شدن دانه و عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR برای روز-درجه‌های ظهور گیاهچه مشخص کرد که در هر دو سال واحدهای گرمایی کمتری برای ظهور گیاهچه دورگ SC704 که بذره‌های آن با تلفیقی از باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند، مورد نیاز بوده است (جدول ۲). همچنین، در هر دو سال دورگ‌های B73×K18 و SC700 که بذره‌های آن‌ها با تلفیقی از باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند و سپس تیمارهای تلقیح با تلفیقی از ازتوباکتر و سودوموناس و با تک تک آن‌ها از لحاظ روز-درجه‌های مورد نیاز برای ظهور گیاهچه در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۲). بر این اساس دورگ‌ها در سال‌های آزمایش تاریخ ظهور گیاهچه متفاوتی داشتند و واحدهای گرمایی مورد نیاز ظهور گیاهچه دورگ‌ها در تیمار تلقیح باکتریایی مختلف در سال‌های آزمایش متفاوت بود. حافظ و همکاران (Hafeez *et al.*, 2004) نیز ظهور گیاهچه سریعتر گیاهچه‌های ارقام پنبه در اثر تلقیح بذر با PGPR از جمله ازتوباکتر را گزارش کردند و ترشح اسید ایندول ۳-استیک این باکتری را در بروز این پاسخ مؤثر دانستند. ظهور گیاهچه در ارتباط با دستیابی به تراکم بوته مطلوب و عملکرد ذرت مرحله مهمی محسوب شده (TeKrony *et al.*, 1989) و ظهور سریعتر گیاهچه امکان‌هایی از خطر بیماری‌های گیاهچه و بهره‌برداری بیشتر از فصل رشد را فراهم می‌سازد (Kloepfer *et al.*, 1986). مقایسه میانگین روز-درجه‌ها

.....  
برای ظهور برگ چهارم نشان داد که در سال دوم برای ظهور برگ چهارم به روز-درجه‌های کمتری نیاز بوده است (شکل ۱). همچنین دورگ SC704 برای ظهور برگ چهارم به روز-درجه‌های کمتری نیاز داشت (شکل ۲). این نتایج نشان می‌دهند که شرایط سال‌های آزمایش بر ظهور برگ چهارم مؤثر بوده و دورگ‌ها نیز از نظر نیاز گرمایی برای ظهور برگ چهارم با یکدیگر متفاوت بودند. ظهور برگ نشانه تداوم نمو در مرحله رشد رویشی است و بررسی فاصله زمانی ظهور دو برگ متوالی (فیلوکرون) مبنای بررسی فنولوژی دوره رشد رویشی گیاه ذرت است (Hodge and Evans, 1992).

مقایسه میانگین روز-درجه‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR برای ظهور برگ دوازدهم نشان داد که دورگ SC704 در تیمار تلقیح بذر با باکتری‌های هر سه جنس، به کمترین واحدهای گرمایی برای ظهور برگ دوازدهم نیاز داشت و دورگ SC700 در تیمار بدون تلقیح، بیشترین نیاز گرمایی را داشت (جدول ۲). زمان ظهور برگ دوازدهم مرحله نمودی است که آغاز به بلال در محل گره برگ هفتم یا هشتم شکل می‌گیرد (Sheridan and Clark, 1994). به نظر می‌رسد که کاربرد PGPR، از طریق تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه باعث ظهور سریع‌تر برگ دوازدهم شده باشد.

مقایسه میانگین‌های اثر سال، بیشتر بودن نیاز به واحدهای گرمایی در سال دوم (شکل ۳) و مقایسه میانگین‌های دورگ‌ها نیاز به واحدهای گرمایی کمتر برای ظهور گل تاجی دورگ SC704 را نشان داد (شکل ۴). همچنین، مقایسه میانگین‌های PGPR حاکی از نیاز به واحدهای گرمایی کمتر برای ظهور گل تاجی در تیمار تلقیح بذر با تلفیقی از باکتری‌های سه جنس بود. از این نظر به ترتیب تلقیح بذر با تلفیقی از ازتوباکتر و سودوموناس و با تک تک آن‌ها در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند (شکل ۵). تفاوت پاسخ روز-درجه‌های مورد نیاز برای ظهور گل تاجی به

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب روز-درجه‌های رویدادها و دوره‌های نمودی سه دورگ ذرت

Table 1. Combine analysis of variance for developmental events and durations GDDs in three maize hybrids

میانگین مربعات (MS)												
S.O.V.	منابع تغییر	df	روز-درجه‌های ظهور گیاهچه (SEGDDs)	روز-درجه‌های ظهور برگ چهارم (4 <sup>th</sup> .LEGDDs)	روز-درجه‌های ظهور برگ هشتم (8 <sup>th</sup> .L EGDDs)	روز-درجه‌های ظهور برگ دوازدهم (12 <sup>th</sup> .L EGDDs)	روز-درجه‌های ظهور گل تاجی (TEGDDs)	روز-درجه‌های ظهور دانه گرده (PEGDDs)	روز-درجه‌های ظهور کاکل (Si.EGDDs)	روز-درجه‌های تمام شدن دانه گرده (PSFGDDs)	روز-درجه‌های خشک شدن کاکل (SDGDDs)	روز-درجه‌های رسیدگی فیزیولوژیک (PMGDDs)
Year	سال	1	114.253**	13958.832**	5217.714 <sup>ns</sup>	108333.204**	399656.668**	481761.568 <sup>ns</sup>	491670.102**	108333.204**	539656.576**	75065.892**
Hybrids	دورگ ها	2	8975.712**	11.768.81**	19304.557 <sup>ns</sup>	8185.376**	8601.256**	19673.874 <sup>ns</sup>	11415.134**	8185.367**	23867.675**	6346.400**
Hybrids×Year	سال× دورگ ها	2	81.746 <sup>ns</sup>	229.464 <sup>ns</sup>	25606.738 <sup>ns</sup>	653.921 <sup>ns</sup>	443.883 <sup>ns</sup>	1723.729 <sup>ns</sup>	1587.626**	653.921 <sup>ns</sup>	275.290 <sup>ns</sup>	1297.986**
PGPR		7	3896.307**	31801.968 <sup>ns</sup>	80740.765 <sup>ns</sup>	37142.648**	37444.030**	35934.669**	37746.147**	37142.648**	41865.007**	23751.656**
PGPR×Year	سال× PGPR	7	151.519*	76.638 <sup>ns</sup>	42023.175 <sup>ns</sup>	955.863**	339.692 <sup>ns</sup>	6450968 <sup>ns</sup>	658.792**	955.863**	687.498**	525.433 <sup>ns</sup>
PGPR×Hybrids	دورگ ها× PGPR	14	162.949*	68.420 <sup>ns</sup>	39721.067 <sup>ns</sup>	800.504**	766.098 <sup>ns</sup>	734.016 <sup>ns</sup>	606.247**	800.504**	676.653**	566.796*
PGPR×Hybrids×Year	سال× دورگ ها× PGPR	14	62.748*	136.549 <sup>ns</sup>	42728.035 <sup>ns</sup>	827.266**	556.807 <sup>ns</sup>	681.554 <sup>ns</sup>	738.363**	827.266**	1404.046**	401.627 <sup>ns</sup>
Error	اشتباه آزمایشی	144	66.431	116.552	38250.841	321.101	419.558	416.057	303.677	321.101	906.025	252.834
Total	کل	191										
C.V (%)	ضریب تغییرات (درصد)		8.13	5.00	5.31	2.41	2.24	2.16	1.75	2.41	2.59	2.88

ns: Non- significant

\*and\*\*: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ns: غیر معنی دار

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

SEGDDs: Seedling emergence GDDs

4<sup>th</sup> LEGDDs: 4<sup>th</sup> leaf emergence GDDs

8<sup>th</sup> LEGDDs: 8<sup>th</sup> leaf emergence GDDs

12<sup>th</sup> LEGDDs: 12<sup>th</sup> leaf emergence GDDs

TEGDDs: Tassel emergence GDDs

PEGDDs: Pollen emergence GDDs

Si.EGDDs: Silk emergence GDDs

PSFGDDs: Pollen shedding finishing GDDs

SDGDDs: Silk drying GDDs

PMGDDs: Physiological maturity GDDs

## ادامه جدول ۱

Table 1. Continue

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)					عملکرد دانه (Grain yield)
			روز-درجه‌های دوره رشد رویشی (VGGDDs)	روز-درجه‌های دوره گرده افشانی (PGDDs)	روز-درجه‌های دوره کاکل دهی (SGDDs)	روز-درجه‌های دوره تطابق گلدهی (FCGDDs)	روز-درجه‌های دوره پر شدن دانه (GFPGDDs)	
Year	سال	1	277476.014**	7324.802**	441.954 <sup>ns</sup>	531.004**	182508.692**	932960.520*
Hybrids	دورگ‌ها	2	1623.209*	370.829 <sup>ns</sup>	2825.876*	34.090 <sup>ns</sup>	738.649**	29114651.319**
Hybrids×Year	سال × دورگ‌ها	2	735.554 <sup>ns</sup>	465.385 <sup>ns</sup>	2261.650**	8.172 <sup>ns</sup>	37.644 <sup>ns</sup>	722645.913*
PGPR		7	17470.518**	96.961*	293.117 <sup>ns</sup>	85.854*	1924.994**	15748589.789*
PGPR×Year	سال × PGPR	7	295.380 <sup>ns</sup>	781.001**	55.445 <sup>ns</sup>	56.760 <sup>ns</sup>	40.457 <sup>ns</sup>	584998.900**
PGPR×Hybrids	دورگ‌ها × PGPR	14	904.294*	290.562 <sup>ns</sup>	111.892 <sup>ns</sup>	31.119 <sup>ns</sup>	35.411 <sup>ns</sup>	717818.800*
Year×Hybrids×PGPR	سال × دورگ‌ها × PGPR	14	779.613 <sup>ns</sup>	274.438 <sup>ns</sup>	163.795 <sup>ns</sup>	44.453 <sup>ns</sup>	156.076*	8997887.831**
Error	خطای آزمایشی	144	485.875	262.040	295.518	32.547	78.281	10692919.850
Total	کل	191						
C.V (%)	ضریب تغییرات (درصد)		2.71	9.75	10.27	6.76	1.08	9.44

ns: Non- significant

\*and\*\*: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ns: غیر معنی دار

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

VGGDDs: Vegetative growth GDDs

PGDDs :Pollination GDDs

SGDDs: Silking GDDs

FCGDDs: Flowering coincidence GDDs

GFPGDDs: Grain filling period GDDs

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR بر روز-درجه‌های رویدادها و دوره‌های نمودی سه هیبرید ذرت

Table 2. Mean comparisons of years, hybrids and PGPR interactions on developmental events and duration GDDs in three maize hybrids

Treatments	تیمار	صفات (Traits)					
		روز-درجه‌های ظهور گیاهچه (SEGDDs)	روز-درجه‌های ظهور برگ دوازدهم (12 <sup>th</sup> .L EGDDs)	روز-درجه‌های ظهور کاکل (Si.EGDDs)	روز-درجه‌های تمام شدن دانه گرده (PSFGDDs)	روز-درجه‌های خشک شدن کاکل (SDGDDs)	روز-درجه‌های دوره پر شدن دانه (GFPGDDs)
SC704 (2004) ۱۳۸۳	Control (no inoculation) شاهد (عدم تلقیح)	119.450e	773.600h	1005.525mn	1092.675k	1178.225k	777.000k
	Az	89.500m	702.525pq	927.025t	1009.950r	1096.975rs	852.475cd
	As	99.925i	762.200i	980.600op	1066.500m	1152.475n	787.150hi
	Ps	92.050lm	717.650op	939.550s	1022.900q	1109.600r	842.450e
	Az+As	97.225jk	733.525m	960.575q	1044.525o	1130.550p	801.15gh
	Az+Ps	92.050lm	687.750qr	911.700u	993.050s	1079.550t	55.650c
	As+Ps	99.850i	749.450k	981.075op	1066.500m	1152.200n	794.000h
	Az+As+Ps	77.500r	658.125s	876.975w	956.550t	1032.700v	868.875bc
SC704 (2005) ۱۳۸۴	Control (no inoculation) شاهد (عدم تلقیح)	103.600h	781.775fg	1022.700kl	1109.725j	1194.925jk	772.250jk
	Az	75.900s	717.650op	948.050rs	1031.550pq	1117.925qr	851.150cd
	As	88.100n	773.600h	1009.950m	1069.975jk	1139.375op	783.900i
	Ps	77.700r	730.025mn	956.550qr	1040.200op	1126.250pq	840.850ef
	Az+As	81.650q	749.450k	976.975p	1062.075mn	1148.025no	800.900gh
	Az+Ps	75.900s	706.400p	933.525st	1014.375qr	1096.475s	855.425c
	As+Ps	83.800p	758.300j	989.100o	1079.450l	1164.900l	793.800h
	Az+As+Ps	70.250t	671.850rs	892.950v	973.050st	1057.850u	857.125c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار آماری ندارند

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

SEGDDs: Seedling emergence GDDs

Si.EGDDs Silk emergence GDDs

SDGDDs: Silk drying GDDs

12<sup>th</sup> LEGDDs: 12<sup>th</sup> leaf emergence GDDs

PSFGDDs: Pollen shedding finishing GDDs

GFPGDDs Grain filling period GDDs



## ادامه جدول ۲

Table 2. Continue

		(Traits) صفات					
Treatments	تیما	روز-درجه‌های ظهور گیاهچه (SEGDDs)	روز-درجه‌های ظهور برگ دوازدهم (12 <sup>th</sup> .L EGDDs)	روز-درجه‌های ظهور کاکل (Si.EGDDs)	روز-درجه‌های تمام شدن دانه گرده (PSFGDDs)	روز-درجه‌های خشک شدن کاکل (SDGDDs)	روز-درجه‌های دوره پر شدن دانه (GFPGDDs)
(2004) ۱۳۸۳	Control (no inoculation) شاهد (عدم تلقیح)	139.600a	868.050a	1142.550a	1232.450a	1332.150a	780.275ij
	Az	113.950f	774.675gh	1055.350h	1142.550f	1232.450fg	853.350cd
	As	129.175b	811.050de	1103.775d	1191.725bc	1287.725bc	788.800hi
	Ps	119.450e	781.650fg	1064.250g	1151.525e	1242.075e	847.850de
	Az+As	124.950d	817.425d	1103.750d	1191.850bc	1287.425bc	809.400g
	Az+Ps	109.475g	756.375jk	1043.125i	1129.675gh	1218.825h	855.800c
	As+Ps	124.950d	831.300c	1106.000cd	1196.350b	1293.300b	795.250h
	Az+As+Ps	94.625kl	718.650o	1004.900mn	1090.750kl	1178.250k	935.025a
(2005) ۱۳۸۴	Control (no inoculation) شاهد (عدم تلقیح)	127.950bc	849.300b	1112.525c	1200.775ab	1273.825cd	779.85ij
	Az	103.600h	756.075jk	1030.65jk	1116.775i	1205.325i	852.875cg
	As	115.600ef	820.525cd	1095.225e	118.875cd	1235.950ef	788.675hi
	Ps	95.675k	761.525ij	1039.550ij	1125.300h	1205.325i	842.875e
	Az+As	103.600h	796.500e	1063.750g	1151.350e	1219.250gh	801.650gh
	Az+Ps	98.550j	734.800lm	1004.150mn	1090.750kl	1156.450mn	855.650c
	As+Ps	106.300gh	812.350de	1076.975fg	1164.575de	1233.025f	795.25h
	Az+As+Ps	85.950o	700.450q	1061.475gh	1145.475ef	1219.525gh	871.750b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار آماری ندارند  
Means in each column followed by similar letter(s), are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test

SEGDDs: Seedling emergence GDDs  
12<sup>th</sup> L EGDDs: 12<sup>th</sup> leaf emergence GDDs

Si.EGDDs: Silk emergence GDDs  
PSFGDDs: Pollen shedding finishing GDDs

SDGDDs: Silk drying GDDs  
GFPGDDs: Grain filling period GDDs

## ادامه جدول ۲

Table 3- Continue

Treatments		صفات ها Traits					
		روز-درجه های ظهور گیاهچه (SEGDDs)	روز-درجه های ظهور برگ دوازدهم (12 <sup>th</sup> .L EGDDs)	روز-درجه های ظهور کاکل (Si.EGDDs)	روز-درجه های تمام شدن دانه گرده (PSFGDDs)	روز-درجه های خشک شدن کاکل (SDGDDs)	روز-درجه های دوره پر شدن دانه (GFPGDDs) <sup>5</sup>
B73×K18 (۱۳۸۳) (2004)	Control (no inoculation) شاهد(عدم تلقیح)	133.650ab	835.700bc	1125.300b	1122.350hi	1207.450hi	774.250jk
	Az	102.475hi	738.800l	1048.200hi	1044.625o	1130.550p	850.875d
	As	124.950d	817.425d	1098.950de	1113.500ij	1199.100ij	781.450ij
	Ps	119.950e	756.075jk	1042.875i	1057.650n	1144.125o	832.675f
	Az+As	125.175cd	774.375gh	1081.450f	1079.550l	1165.375l	795.350h
	Az+Ps	99.850i	772.725n	1021.750l	1035.975p	1121.825q	855.175c
	As+Ps	124.950d	796.500e	1090.750ef	1092.550k	1169.875kl	792.100h
	Az+As+Ps	92.050lm	779.225g	991.900no	1001.900rs	1088.150st	856.725c
B73×K18 (۱۳۸۴) (2005)	Control (no inoculation) شاهد(عدم تلقیح)	112.300fg	794.725ef	1035.775j	1191.900bc	1313.100ab	770.850k
	Az	88.475mn	733.525m	960.575q	1133.800g	1223.400fg	849.675d
	As	126.750c	75.050f	1027.325k	1187.300c	1282.900c	780.430ij
	Ps	93.150l	745.575kl	972.400pq	1134.025fg	1218.950h	828.775fg
	Az+As	98.200j	762.200i	993.050n	1164.825de	1261.550de	797.350h
	Az+Ps	81.650q	721.900no	952.625r	1178.250d	1196.350j	854.400cd
	As+Ps	103.600h	771.300hi	1005.850mn	1178.250d	1271.950d	791.175h
	Az+As+Ps	75.900s	685.500r	919.750tu	1072.150lm	1160.150m	855.925c

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار آماری ندارند

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

SEGDDs: Seedling emergence GDDs

12<sup>th</sup>.L EGDDs: 12<sup>th</sup>. leaf emergence GDDs

Si.EGDDs: Silk emergence GDDs

PSFGDDs: Pollen shedding finishing GDDs

SDGDDs: Silk drying GDDs

GFPGDDs: Grain filling period GDDs

سودوموناس و با تک تک آن‌ها در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۲). این نتایج مشخص می‌سازند که دورگ‌های بررسی شده از نظر زمان و واحدهای گرمایی مورد نیاز برای ظهور کاکل در سال‌های آزمایش با یکدیگر متفاوت بوده و نسبت به تیمارهای تلقیح باکتریایی مختلف پاسخ متفاوتی بروز داده‌اند.

ظهور کاکل از مهم‌ترین و حساس‌ترین مراحل نموی دوره رشد زایشی ذرت، به ویژه در ارتباط با عملکرد دانه است (Kiesselbach, 1999). با توجه به سازوکارهای تأثیرگذاری PGPR بر فرآیندهای حیاتی گیاهان، به نظر می‌رسد که مواد تحریک‌کننده رشد حاصل از این باکتری‌ها، وقایع مرتبط با ظهور کاکل را تحت تأثیر قرار داده‌اند.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR برای روز-درجه‌های اتمام گرده افشانی نشان داد که در هر دو سال اتمام گرده افشانی بوت‌های دورگ SC704 که بذرها آن‌ها با تلفیقی از باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند، به واحدهای گرمایی بیشتری نیاز داشتند و از این نظر دورگ‌های B73×K18 و SC700 در همین تیمار تلقیح و تلفیح بذرها با تلفیقی از ازتوباکتر و سودوموناس و با تک تک آن‌ها، در مرتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۲). بدین ترتیب مشخص می‌شود که در سال‌های اجرای آزمایش، این دورگ‌ها از لحاظ زمان و واحدهای گرمایی لازم برای پایان ریزش دانه‌های گرده و تأثیرپذیری از PGPR با یکدیگر متفاوت بوده‌اند. تداوم بیشتر ریزش دانه‌های گرده تأثیر بسزایی در تکمیل تلقیح و در نتیجه عملکرد دانه ذرت دارد (Stevenson *et al.*, 1986). چنین به نظر می‌رسد که PGPR‌های مورد مطالعه با سازوکارهای فعالیت خود به ویژه تولید مواد تحریک‌کننده رشد در پایان دیر هنگام ریزش دانه‌های گرده مؤثر واقع شده‌اند. با مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR برای روز-درجه‌های خشک شدن کاکل نیز مشخص شد که در هر دو سال، خشک شدن کاکل

اثر سال، همچنین دورگ‌ها و نیز PGPR، نشان دهنده تفاوت نیاز به واحدهای گرمایی فرآیندهای فیزیولوژیک مرتبط با این مرحله نموی است. ظهور گل تاجی آغاز رشد زایشی ذرت و نشان دهنده گذر از مرحله رویشی به زایشی است (Sheridan and Clark, 1994). با توجه به سازوکارهای تأثیر PGPR بر ویژگی‌های گیاهی، چنین به نظر می‌رسد که احتمالاً این باکتری‌ها با تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه محرک و نیز سایر سازوکارها فرآیندهای ریخت زایی و هستی زایی (Ontogeny) ذرت را تحت تأثیر قرار داده و ظهور گل تاجی تسریع شده است.

ظهور دانه‌های گرده به روز-درجه‌های کمتری در تیمار تلقیح بذرها با تلفیقی از باکتری‌های سه جنس نیاز داشت (شکل ۶). ظهور و ریزش زودتر دانه گرده در تیمارهای مورد بررسی با توجه به ظهور زودتر گل تاجی در این تیمارها، دور از انتظار نیست. ظهور و ریزش دانه گرده با توجه به ضرورت وجود دانه گرده کافی برای تلقیح، رویداد نموی مهمی در رابطه با عملکرد دانه ذرت محسوب می‌شود (Sheridan and Clark, 1994). با توجه به سازوکارهای تأثیر PGPR‌ها بر فرآیندهای نموی گیاهان به ویژه تولید مواد تحریک‌کننده رشد از جمله نقش اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها در تولید دانه‌های گرده (Evans and Poething, 1995)، به نظر می‌رسد که در آزمایش حاضر نیز PGPR‌ها با ترشح مواد تحریک‌کننده رشد، موجب ظهور زود هنگام و نیاز گرمایی کمتر برای ظهور دانه‌های گرده شده باشند.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR بر روز-درجه‌های ظهور کاکل نشان داد که ظهور کاکل دورگ SC704 که بذرها آن با تلفیقی از باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند، نیاز به واحدهای گرمایی کمتری در هر دو سال داشته و دورگ‌های B73×K18 و SC700 در همین تیمار PGPR و تلقیح بذرها با تلفیقی از ازتوباکتر و

مرحله تجمع حداکثر ماده خشک دانه و نشان دهنده پایان دوره پر شدن دانه است (Daynard *et al.*, 1971). به احتمال زیاد PGPR در این آزمایش با سازوکارهای تولید مواد محرک رشد و تأثیر بر تغذیه گیاه، موجب دیرتر فرا رسیدن رسیدگی فیزیولوژیک و نیاز به واحدهای گرمایی بیشتر برای تکمیل مرحله رسیدگی فیزیولوژیک شده است.

مقایسه میانگین‌های اثر سال بر روز-درجه‌های دوره رشد رویشی مشخص ساخت که رشد رویشی در سال دوم آزمایش به روز-درجه‌های کمتری نسبت به سال اول نیاز داشته و در نتیجه دوره رشد رویشی در سال دوم طولانی‌تر بوده است (شکل ۹). همچنین، مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها و PGPR برای روز-درجه‌های دوره رشد رویشی نشان داد که دورگ SC700 که بذرهاى آن با تلفیقی از باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بود، برای تکمیل دوره رشد رویشی نیاز به واحدهای گرمایی کمتری نسبت به سایر دورگ‌ها و تیمارهای تلقیح باکتریایی داشت و دورگ‌های B73×K18 و SC704 در همین تیمار و تلقیح بذری دورگ‌ها با تلفیقی از ازتوباکتر و سودوموناس و با تک تک آن‌ها در مرتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۱۰). بنابراین، مشخص می‌شود که از نظر طول دوره رشد رویشی در سال‌های اجرای آزمایش، دورگ‌ها تفاوت داشته و نیز PGPR تأثیر متفاوتی بر طول دوره رشد رویشی دورگ‌ها داشته و پاسخ دورگ‌ها به تلقیح باکتریایی متفاوت بوده است.

رشد رویشی ذرت شامل مرحله رشد رویشی اولیه (ظهور گیاهچه تا طویل شدن سریع ساقه) و مرحله رشد رویشی اصلی (طویل شدن سریع ساقه تا ظهور گل‌تاجی) است (Stevens *et al.*, 1986) و این مراحل با تشکیل و ظهور پی در پی برگ‌ها (Orkwizewzky and Poething, 2000) و رشد ساقه و افزایش ارتفاع بوته مشخص می‌شوند (Poething, 1994). در حالت کلی، کوتاه‌تر بودن دوره رشد رویشی به نفع رشد زایشی است

دورگ SC704 که بذرهاى آن با تلفیقی از باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند، به واحدهای گرمایی بیشتری نیاز داشتند و دورگ‌های B73×K18 و SC700 تحت همین تیمار و تلقیح بذری دورگ‌ها با تلفیقی از ازتوباکتر و سودوموناس و با تک تک آن‌ها در مرتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۲). بدین ترتیب مشخص شد که از نظر روز-درجه‌های مورد نیاز برای خشک شدن کاکل، دورگ‌ها در سال‌های آزمایش و پاسخ PGPR با یکدیگر تفاوت داشته‌اند. خشک شدن کاکل، علامت پایان تلقیح ذرت بوده (Kiesselbach, 1999) و خشک شدن دیرتر کاکل امکان پذیرش بیشتر دانه‌های گرده و تلقیح بیشتر و در نتیجه افزایش بالقوه عملکرد دانه ذرت را فراهم می‌سازد (Clark, 1994 Sheridan and). به نظر می‌رسد که PGPR استفاده شده به احتمال زیاد با سازوکارهای تولید ترکیبات محرک رشد و بهبود کیفیت تغذیه گیاه موجب خشک شدن دیرتر کاکل شده‌اند. با مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال و دورگ‌ها برای روز-درجه‌های رسیدگی فیزیولوژیک دانه مشخص شد که در هر دو سال، رسیدگی فیزیولوژیک دانه دورگ SC700 نسبت به سایر دورگ‌ها، به واحدهای گرمایی بیشتری نیاز داشت (شکل ۷). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها و PGPR برای روز-درجه‌های رسیدگی فیزیولوژیک دانه نیز نشان داد که دورگ SC700 که بذرهاى آن با تلفیقی از باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند، نسبت به سایر دورگ‌ها و تیمارهای تلقیح، به واحدهای گرمایی بیشتری برای رسیدگی فیزیولوژیک دانه نیاز داشتند. دورگ‌های B73×K18 و SC704 در همین تیمار و تلقیح بذری دورگ‌ها با تلفیقی از ازتوباکتر و سودوموناس و با تک تک آن‌ها در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند (شکل ۸). این نتایج تفاوت دورگ‌ها با یکدیگر را از لحاظ زمان رسیدگی فیزیولوژیک در سال‌های اجرای آزمایش و تفاوت تأثیر PGPR و پاسخ متفاوت دورگ‌ها به تلقیح باکتریایی را روشن می‌سازد. رسیدگی فیزیولوژیک،

.....

مقایسه میانگین‌های اثر سال بر روز- درجه‌های دوره تطابق گل دهی نشان داد که این دوره در سال دوم به واحدهای گرمایی بیشتری نیاز داشت (شکل ۱۳). مقایسه میانگین‌های اثر PGPR برای روز- درجه‌های دوره تطابق گل دهی نیز نشان داد که تیمار تلقیح بذر با تلفیقی از باکتری‌های سه جنس در مقایسه با دیگر تیمارها، موجب افزایش واحدهای گرمایی مورد نیاز برای طی این دوره شد (شکل ۱۴). بدین ترتیب در شرایط محیطی سال‌های آزمایش و تیمار PGPR استفاده شده برای تکمیل دوره تطابق گل دهی واحدهای گرمایی متفاوتی مورد نیاز بوده است. دوره تطابق گل دهی معیاری برای ارزیابی موفقیت آمیز بودن تلقیح در رابطه با تکمیل نهایی تشکیل اجزای عملکرد دانه ذرت محسوب می‌شود. با توجه به ظهور زودتر دانه‌گرده نسبت به کاکل، طولانی‌تر بودن این دوره در ارتباط با تلقیح و عملکرد دانه اهمیت بیشتری دارد (Cox, 1996).

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR بر روز- درجه‌های دوره پر شدن دانه نشان داد که در هر دو سال دورگ SC700 که بذرها آن با تلفیقی از باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند، برای تکمیل این دوره به واحدهای گرمایی بیشتری نسبت به دیگر دورگ‌ها و تیمارهای تلقیح نیاز داشته و دورگ‌های SC704 و B73×K18 در همین تیمار و تلقیح بذر دورگ‌ها با تلفیقی از ازتوباکتر و سودوموناس و با تک تک آن‌ها در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۲). بر این مبناء، دورگ‌ها در سال‌های آزمایش در اثر PGPR برای تکمیل دوره پر شدن دانه به واحدهای گرمایی متفاوتی نیاز داشتند. دوره پر شدن دانه مرحله اصلی تشکیل عملکرد دانه ذرت بوده و طولانی‌تر بودن آن امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از مبداء به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (Grant, 1989). داینارد و همکاران (Daynard *et al.*, 1971) وجود تفاوت ۴ روزه در طول دوره پر شدن دانه بین دورگ‌های ذرت را گزارش

(Daynard *et al.*, 1971). احتمال دارد که PGPR استفاده شده در این آزمایش با سازوکار تولید مواد تحریک کننده رشد موجب کاهش دوره رشد رویشی دورگ‌های مورد بررسی در سال‌های آزمایش شده باشد. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال و PGPR برای روز- درجه‌های دوره‌گرده افشانی مشخص کرد که تلقیح بذرها با تلفیقی از باکتری‌های سه جنس در سال دوم به واحدهای گرمایی بیشتری برای دوره‌گرده افشانی نیاز داشت و تیمارهای تلقیح با تلفیقی از ازتوباکتر و سودوموناس و با تک تک آن‌ها، در مرتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۱۱). بر این اساس روشن می‌شود که PGPR‌ها از نظر نیاز به واحدهای گرمایی برای تکمیل دوره‌گرده افشانی در سال‌های آزمایش، تأثیر متفاوتی داشته‌اند. طول دوره‌گرده افشانی در رابطه با تلقیح و تکمیل اجزای عملکرد دانه ذرت دارای اهمیت ویژه‌ای است. طولانی‌تر بودن این دوره نیز در تلقیح کافی بسیار مهم است (Berzy *et al.*, 1996). با توجه به تأثیر PGPR با تولید مواد تحریک کننده رشد چنین به نظر می‌رسد که به احتمال زیاد در این آزمایش نیز تلقیح باکتریایی به همین ترتیب موجب افزایش نیاز به واحدهای گرمایی برای پایان دوره‌گرده افشانی شده است. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال و دورگ‌ها بر روز- درجه‌های دوره کاکل دهی نیز نشان داد که در هر دو سال، دورگ SC704 نسبت به دورگ‌های دیگر به واحدهای گرمایی بیشتری برای تکمیل این دوره نیاز داشت (شکل ۱۲). این نتایج نشان دهنده تأثیر شرایط محیطی سال‌های آزمایش بر طول این دوره، همچنین پاسخ متفاوت دورگ‌ها به تأثیر این شرایط بر واحدهای گرمایی مورد نیاز دورگ‌ها جهت تکمیل این دوره را مشخص می‌سازد. طول دوره کاکل دهی توان بالقوه تلقیح را که در ارتباط با عملکرد دانه ذرت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، تعیین می‌کند و طولانی‌تر بودن این دوره امکان افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (Iremiren and Milbourn, 1980).

جدول ۳-ضرایب همبستگی ساده بین رویدادها و دوره‌های نموی دورگ‌های ذرت بر اساس روز-درجه‌های رشد

Table 3-Simple correlation coefficient among developmental events and periods of maize hybrids based on GDDs.

صفات Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
روز-درجه‌های ظهور گیاهچه (SEGDDs)	1														
درجه روزهای ظهور برگ چهارم (4 <sup>th</sup> LEGDDs)	0.747**	1													
درجه روزهای ظهور گل تاخیم (TEGDDs)	0.737**	0.862**	1												
روز-درجه‌های ظهور گل تاخیم (TEGDDs)	0.702**	0.760**	0.930**	1											
روز-درجه‌های ظهور دانه گروه (PEGDDs)	0.709**	0.732**	0.913**	0.965**	1										
روز-درجه‌های ظهور کامل (Si.EGDDs)	0.720**	0.742**	0.924**	0.976**	0.987**	1									
روز-درجه‌های تمام شدن دانه گروه (PSFGDDs)	0.717**	0.733**	0.914**	0.968**	0.980*	0.992**	1								
روز-درجه‌های خشک شدن کامل (SDGDDs)	0.719**	0.704**	0.886**	0.930**	0.943**	0.953**	0.945**	1							
درجه روزهای رسیدگی فیزیولوژیک (PMGDDs)	0.729**	0.845**	0.959**	0.909**	0.908**	0.924**	0.918**	0.887**	1						
درجه روزهای رویش (VGGDDs)	0.890**	0.855**	0.866**	0.965**	0.920**	0.929**	0.920**	0.873**	0.884**	1					
روز-درجه‌های دوره گرده افشانی (PGDDs)	0.871**	0.826**	0.822**	0.177 <sup>ns</sup>	0.550*	0.158 <sup>ns</sup>	0.520*	0.542*	0.311*	0.117 <sup>ns</sup>	1				
روز-درجه‌های دوره کاکل دهی (SGDDs)	0.888**	0.885**	0.732**	0.704*	0.214 <sup>ns</sup>	0.280 <sup>ns</sup>	0.209 <sup>ns</sup>	0.449*	0.239 <sup>ns</sup>	0.543*	0.081 <sup>ns</sup>	1			
روز-درجه‌های تطابق گل دهی (FCGDDs)	0.995**	0.872**	0.835**	0.850**	0.764*	0.662*	0.639*	0.659*	0.552*	0.520**	0.851**	0.135 <sup>ns</sup>	1		
دوره پرشدن دانه (GFPGDDs)	-0.854**	-0.854**	-0.781**	-0.851**	-0.874**	-0.880**	-0.871**	-0.829**	-0.631*	-0.836**	-0.540*	-0.525*	-0.597*	1	
عملکرد دانه (Grain yield)	0.714*	0.738**	0.726**	0.742**	0.739**	0.895**	0.986**	-0.530*	0.965**	-0.641*	0.929**	0.979**	0.949**	0.919**	1

ns: Non- significant

\*and\*\*: significant at 5% and 1% probability, levels respectively

ns: غیر معنی دار

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

SEGDDs: Seedling emergence GDDs  
FCGDDs: Flowering coincidence GDDs  
PGDDs: Pollination GDDs  
PMGDDs: Physiological maturity GDDs

TEGDDs: Tassel emergence GDDs  
4<sup>th</sup> LEGDDs: 4<sup>th</sup> leaf emergence GDDs  
GFPGDDs: Grain filling period GDDs  
SGDDs: Silking GDDs

PSFGDDs: Pollen shedding finishing GDDs  
PEGDDs: Pollen emergence GDDs  
12<sup>th</sup> L EGDDs: 12<sup>th</sup> leaf emergence GDDs

VGGDDs: Vegetative growth GDDs  
SDGDDs: Silk drying GDDs  
Si.EGDDs: Silk emergence GDDs

.....  
با توجه به این نتایج و این واقعیت که باکتری های مورد استفاده دارای قابلیت تولید مواد تحریک کننده رشد گیاه هستند، به نظر می رسد که احتمالاً همین سازوکار در افزایش عملکرد دانه دورگ های مورد بررسی مؤثر بوده است.

محاسبه ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی، وجود همبستگی بین صفات بررسی شده را نشان داد، به طوری که رابطه همبستگی قوی بین روز-درجه های دوره تطابق گل دهی با تاریخ ظهور کاکل و تاریخ تمام شدن دانه گرده نیز افزایش مدت تطابق گل دهی را مشخص ساخت (جدول ۳). همچنین مشخص گردید که به جز روز-درجه های خشک شدن کاکل، سایر صفات مورد بررسی، همبستگی قوی مثبت با عملکرد دانه داشتند (جدول ۳).

با بررسی نتایج بدست آمده مشخص می گردد که PGPR باعث تأثیر بر فنولوژی دورگ های مورد بررسی شده و ظهور گیاهچه، برگ های چهارم، هشتم، دوازدهم، گل تاجی، دانه گرده و کاکل تسریع و اتمام گرده افشانی، خشک شدن کاکل و رسیدگی فیزیولوژیک به تعویق افتاده اند. به طوری که کاهش ۷۸ درصدی روز-درجه های ظهور گیاهچه و افزایش ۱۷ درصدی روز-درجه های دوره پر شدن دانه در تیمار تلقیح بذر با مایه تلقیح تلفیقی از باکتری های سه جنس نسبت به شاهد (عدم تلقیح)، مشاهده شد. این تأثیر کاهش طول دوره رشد رویشی کاهش و افزایش طول دوره گرده افشانی، کاکل دهی، تطابق گل دهی و پر شدن دانه می شود. با توجه به ظهور زودتر و سریعتر گیاهچه ها، چنین نتایجی دور از انتظار نمی باشد. نظر به تأثیر اکسین بر رشد کلنوپتیل ذرت (Haga and Iino, 1998)، جیرلین ها بر تسریع ظهور و رشد و نمو برگ (de Souza and Mac Adam, 2001)، تغییر مرحله رشد و نمو رویشی به زایشی و رسیدگی (Evans and Poething, 1995) و

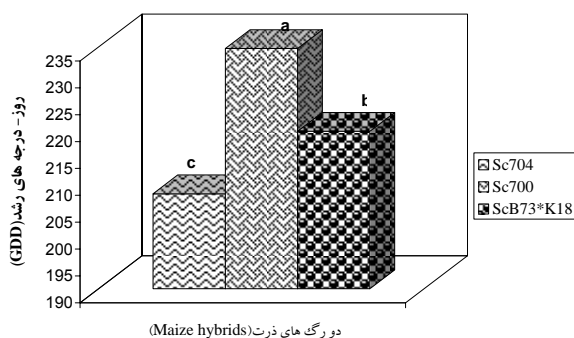
کردند. بنابراین تفاوت طول دوره پر شدن دانه دورگ های مورد بررسی دور از انتظار نبوده و احتمال دارد که PGPR با تولید مواد تحریک کننده رشد و تأمین عناصر غذایی امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه را فراهم ساخته اند.

مقایسه میانگین های عملکرد دانه نشان داد که دورگ SC700 در تیمار تلقیح بذر با باکتری های سه جنس بالاترین مقدار (۱۸۷۱۱/۲۵ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد که ۳۷/۱۸ درصد بالاتر از پایین ترین عملکرد دانه (بدون تلقیح بذر) بود (شکل ۱۵). عملکرد دانه دورگ های SC700 در سال اول و SC704 در سال دوم نیز به ترتیب با ۱۸۱۳۷ و ۱۷۷۵۵ کیلوگرم در هکتار، در مرتبه های بعدی قرار داشتند (شکل ۱۵). همچنین مشخص گردید که در هر سه دورگ، عملکرد دانه در تیمار تلقیح بذر با دو باکتری از تو باکتر و سودوموناس پس از تیمار تلقیح بذر با تلفیقی از باکتری های سه جنس در مرتبه بعدی قرار داشت. کمترین عملکرد دانه برای هر سه دورگ نیز در تیمار شاهد (بدون تلقیح بذر) مشاهده شد (شکل ۱۵).

زهیر و همکاران (Zahir et al., 1998) افزایش ۱۹/۸ درصدی عملکرد دانه ذرت بر اثر تلقیح توأم بذر با از تو باکتر و سودوموناس را گزارش کردند. همچنین تیلاک و همکاران (Tilak et al., 1982) افزایش عملکرد دانه ذرت بر اثر تلقیح توأم بذر با از تو باکتر کروئوکوکوم و آروسپیریوم برازیلنس را گزارش کردند. فالچیری و فریونی (Fulchieri and Frioni, 1994) نیز افزایش تعداد دانه های بلال با تلقیح بذر با آروسپیریوم را گزارش نمودند. ترشح مواد تنظیم کننده رشد مانند اکسین ها (Fallik et al., 1989)، جیرلین ها (Lucangeli and Bottini, 1997) توسط آروسپیریوم برازیلنس، همچنین ترشح اکسین ها، جیرلین ها و سیتوکینین ها به وسیله از تو باکتر کروئوکوکوم (Martinez-Toledo et al., 1988) به دلیل همیاری باکتری نخست با ریشه ذرت، مهم ترین سازوکار افزایش رشد و عملکرد دانه ذرت گزارش شده است.

محلول کردن فسفات نباید تأثیر گذاری از این طریق بر رشد و نمو و فنولوژی ذرت را نادیده گرفت.

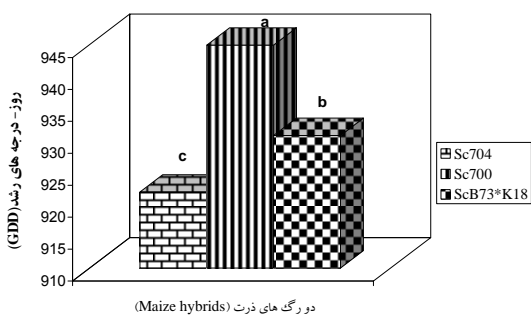
به طور کلی، با توجه به نتایج این آزمایش می توان بیان داشت که تلقیح بذر با PGPR باعث تغییر فنولوژی و بهبود عملکرد دانه دورگ های ذرت مورد بررسی در شرایط منطقه و سال های آزمایش شده است. تأثیر مثبت چنین تغییراتی در جهت بهبود رشد و نمو و عملکرد دانه دورگ ها از مصرف PGPR به عنوان کودهای زیستی ناشی می شود که در خود کفایی گیاه و خود پایداری سیستم در راستای توسعه تولید ذرت در سیستم کشاورزی پایدار با نهاده کافی نقش قابل ملاحظه ای دارد.



شکل ۲- مقایسه میانگین های روز- درجه های رشد ظهور برگ چهارم برای

دو رنگ های ذرت

Fig 2. Mean comparisons of 4<sup>th</sup> leaf emergence GDDs in maize hybrids

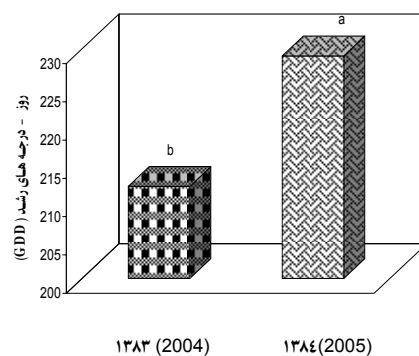


شکل ۴- مقایسه میانگین های روز- درجه های رشد ظهور گل تاجی برای

دو رنگ های ذرت

Fig 4. Mean comparisons of tassel emergence GDDs in maize hybrids

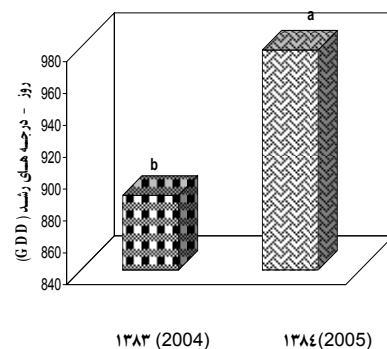
سیتوکینین ها بر رشد و نمو ذرت (He et al., 2005) و تولید مواد تحریک کننده رشد به وسیله PGPR (Zahir et al., 2004)، چنین به نظر می رسد که تلقیح باکتریایی بذر استفاده شده در این آزمایش نیز با همین سازوکارها و متوقف کردن فعالیت اتیلن، با تأثیر بر تعادل هورمونی گیاه، موجب تغییر فنولوژی دورگ های مورد بررسی در سال های آزمایش به نفع بهبود عملکرد دانه شده اند. البته نظر به تأثیر عناصر غذایی به ویژه نیتروژن بر فنولوژی ذرت (Hamidi and Dabbagh Mohammadi Nasab, 2001) و قابلیت این باکتری ها در تثبیت زیستی نیتروژن و



شکل ۱- مقایسه میانگین های اثر سال برای

روز- درجه های رشد ظهور برگ چهارم دو رنگ های ذرت

Fig 1. Mean comparisons of 4<sup>th</sup> leaf emergence GDDs in maize hybrids in 2 years

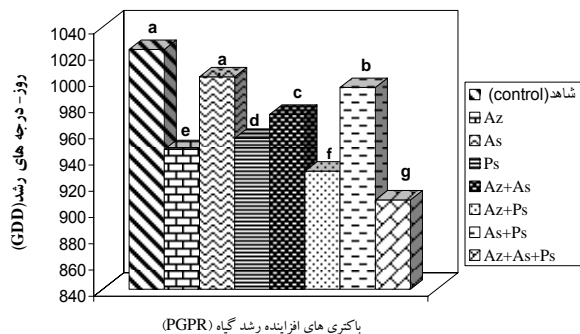


شکل ۳- مقایسه میانگین های اثر سال برای

روز- درجه های رشد ظهور گل تاجی دو رنگ های ذرت

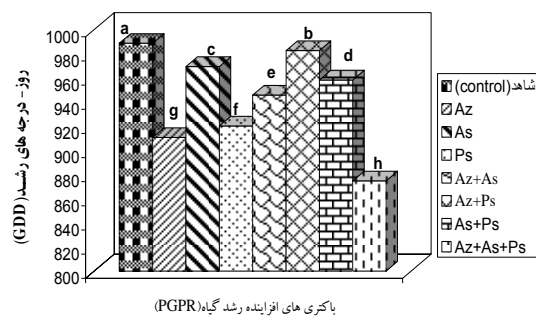
Fig 3. Mean comparisons of tassel emergence GDDs in maize hybrids in 2 years





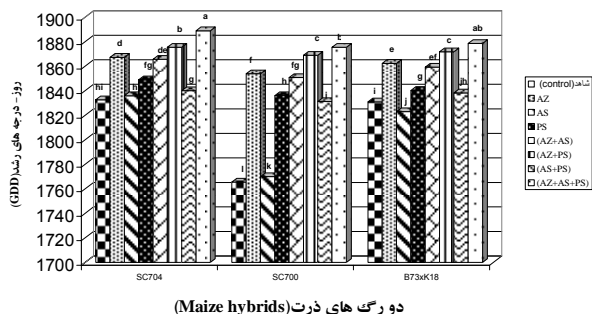
شکل ۶- مقایسه میانگین های اثر باکتری های افزایش دهنده رشد گیاه بر روز-درجه های رشد ظهور دانه گرده دورگ های ذرت

Fig 6. Mean comparisons of PGPR effect on pollination GDDs in maize hybrids



شکل ۵- مقایسه میانگین های اثر باکتری های افزایش دهنده رشد گیاه بر روز-درجه های رشد ظهور گل تاجی دو رنگ های ذرت

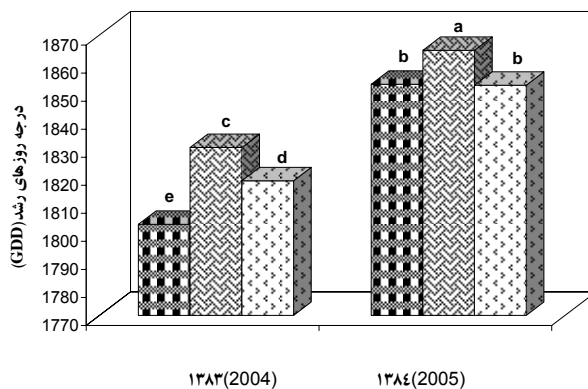
Fig 5. Mean comparisons of PGPR effect on tassel emergence GDDs in maize hybrids



دو رنگ های ذرت (Maize hybrids)

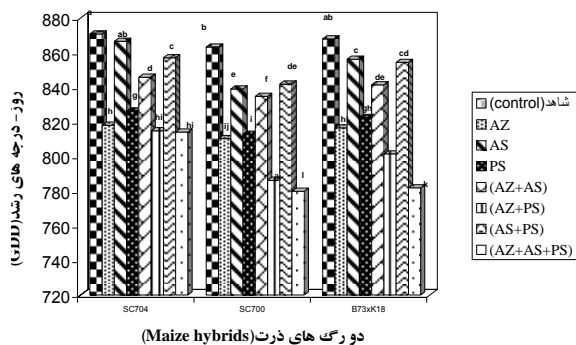
شکل ۸- مقایسه میانگین های اثر متقابل دورگ ها و باکتری های افزایش دهنده رشد گیاه برای روز-درجه های رشد رسیدگی فیزیولوژیک دورگ های ذرت

Fig 8. Mean comparisons of hybrids and PGPR interaction effect on physiological maturity GDDs in maize hybrids



شکل ۷- مقایسه میانگین های اثر متقابل سال و دورگ ها برای روز-درجه های رسیدگی فیزیولوژیک دورگ های ذرت

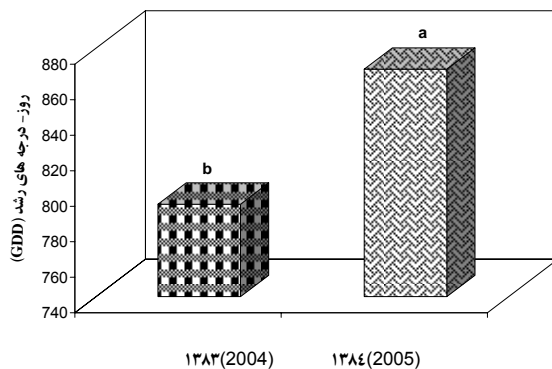
Fig 7. Mean comparisons of year and hybrid interaction effect on physiological maturity GDDs in maize hybrids



دو رنگ های ذرت (Maize hybrids)

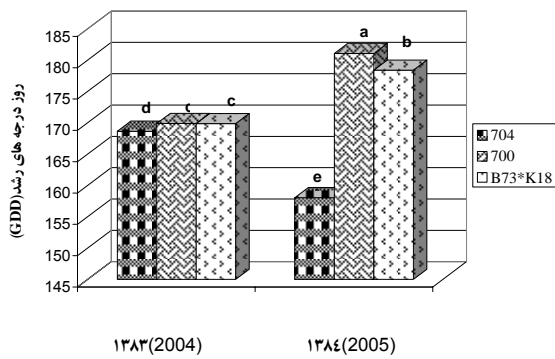
شکل ۱۰- مقایسه میانگین های اثر متقابل دورگ ها و باکتری های افزایش دهنده رشد گیاه برای روز-درجه های رشد دوره رشد رویشی دورگ های ذرت

Fig10. Mean comparisons of hybrids and PGPR interaction effect on vegetative growth GDDs in maize hybrids



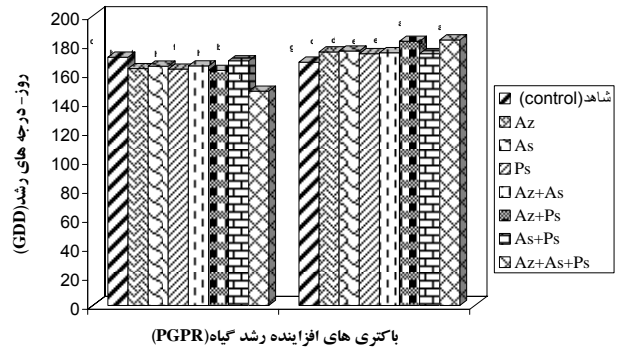
شکل ۹- مقایسه میانگین های اثر سال برای روز-درجه های رشد رویشی دورگ های ذرت

Fig 9. Mean comparisons of vegetative growth GDDs in maize hybrids in 2 years



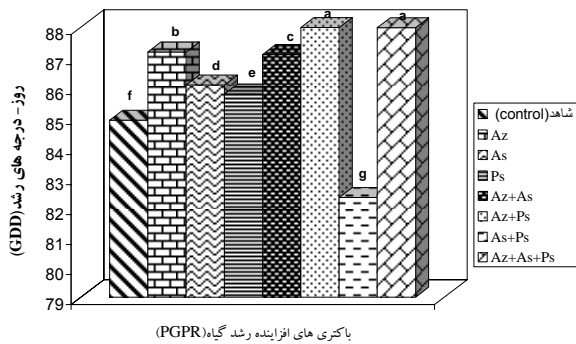
شکل ۱۲ - مقایسه میانگین های اثر متقابل سال و دورگ ها برای روز- درجه های رشد دوره کاکل دهی دورگ های ذرت

Fig 12. Mean comparisons of year and hybrid interaction effect on silking GDDs in maize hybrids



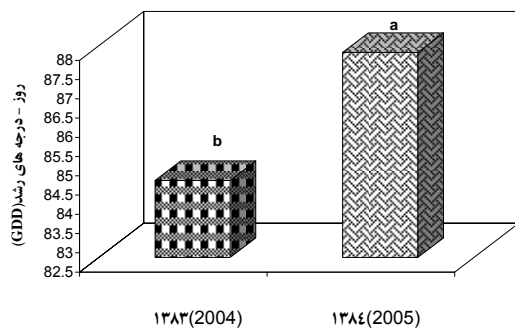
شکل ۱۱ - مقایسه میانگین های اثر متقابل سال و باکتری های افزایش رشد گیاه ذرت روز- درجه های رشد دوره گرده افشانی دورگ های ذرت

Fig 11. Mean comparisons of year and PGPR interaction effect on pollination GDDs in maize hybrids



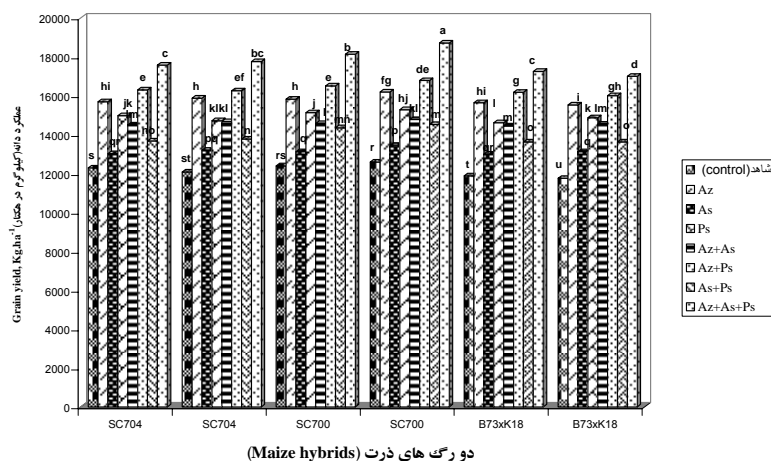
شکل ۱۴ - مقایسه میانگین های روز- درجه های رشد دوره تطابق گلدهی برای باکتری های افزایش رشد گیاه دورگ های ذرت

Fig 14. Mean comparisons of PGPR effect on flowering coincidence GDDs in maize hybrids



شکل ۱۳ - مقایسه میانگین های اثر سال برای روز- درجه های رشد دوره تطابق گلدهی دورگ های ذرت

Fig 13. Mean comparisons of flowering coincidence GDDs in maize hybrids in 2 years



شکل ۱۵ - مقایسه میانگین های عملکرد دانه دورگ های ذرت در تیمارهای PGPR (۸۴-۱۳۸۳)

Fig 15. Mean comparisons of maize hybrids grain yield in PGPR treatments (2004-2005)

## References

- Anonymus, 2005.** 20 selected indicators of food and agriculture development in asia-pacific region (1994-2004). FAO,Rome,Italy.
- Anonymus, 2008.** Agriculture statistics, first volume-horticultural and field crops, 2005-6 crop year. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Programing and economics deputy, Statistics and information technology office, no. 85/09.
- Berzy, T., T. Szundy, J. Pinter and C. Feher. 1996.** Effect of tassel damage at the beginning of female flowering on the yield and quality of maize (*Zea mayes* L.) seed. Seed Sci. Technol. 25:35-44.
- Cox, W. J. 1996 .**Whole plant physiological and yield response of maize to plant density Agron. J. 88:489-496.
- Cutforth, H. W. and C. F. Shaykewich. 1989.** Relationship of development rates of corn from planting to silking to air and soil temperature and to accumulated thermal units in a prairie environment .Canadian J. Plant Sci. 69: 121-132.
- Daynard , T. B., J. W. Tanner and W. G. Duncan. 1971.** Duration of the grain filling period and its relation to grain yield in corn (*Zea mayes* L.) Crop Sci. 11-45-48.
- de Souza, I. R. P. and J. W. MacAdam. 2002.** Gibberellic acid and dwarfism effects on the growth dynamics of B73 maize (*Zea mays* L.) leaf blades:a transient increase in apoplastic peroxidase activity precedes cessation of cell elongation. J. Exp. Botany. 52:1673-1682.
- Dwyer, L. M., D. W. Stewart, L. Carrigan, B. L. Ma, P. Neave and D. Balchin. 1999a.** A general thermal index for maize .Agron. J. 91:940-946.
- Dwyer, L. M., D. W. Stewart, L. Carrigan, B. L. Ma, P. Neave and D. Balchin. 1999b.** Guide lines for comparisons among different maize maturity rating system . Agron. J. 91:946-949.
- Evans, M. M. S. and R. S. Poething. 1995.** Gibberellins promote vegetative phase change and reproductive maturity in maize. Plant Physiol. 108:475-487.
- Fallik, E., Y.Okon, E. Epstin, A. Goldman and M. Fischer, 1989.** Identification and quantification of IAA and IBA in *Azospirillum braziliens* inoculated maize roots. Soil Biol. Biochem. 21:147-153.
- Freeling, M. and B. Lane, 1994.** The maize leaf. In:The maize handbook, Freeling, M. and Walbot, V., eds. Pp:17-28. Springer-Verlag, New York, Inc.
- Fulchieri, M. and L. Frioni, 1994.** *Azospirillum* inoculation on maize(*Zea mays* L.): effect on yield in a field experiment in central Argentina. Soil Biol. Biochem. 26:921-923.
- Grant, R. F. 1989.** Simulation of maize phenology. Agron. J. 81:451-457.
- Hafeez, F.Y., M. E. Safdar, A. U. Chaudry and K. A. Malik. 2004.** Rhizobial inoculation improves seedling emergence, nutrient uptake and growth of cotton. Aust. J. Exp.Agric. 44:617-622.
- Haga, K. and M. Iino. 1998.** Auxin-growth relationships in maize coleoptiles and pea internodes and control by auxin of the tissue sensitivity to auxin.Plant Physiol. 117:1473-1486.
- Hamidi, A. and A. Dabbagh Mohammadi Nasab, 2001.** The effect of various plant density and nitrogen use

- levels on phenology of two medium-maturity corn (*Zea mays* L.) hybrids. Iranian J. Agric. Sci. 32: 857-874.
- Hanway, J. J. 1963.** Growth stages of corn (*Zea mays* L.). Agron. J. 55:487-492.
- He, P., M. Osaki, M. Takebe, T. Shinao and J. Wasaki. 2005.** Endogenous hormones and expression of senescence-related genes in different senescent types of maize. J. Exp. Botany. 414:1117-1128.
- Hodge, T., and D.W. Evans. 1992.** Leaf emergence and leaf duration related to thermal time calculations in Ceres-Maize. Agron. J. 84:742-730.
- Iremiren, G.O. and G.M. Milbourn. 1980.** Effects of plant density on ear barrenness in maize. Exp. Agric. 16:321-326.
- Kiesselbach, T. A. 1999.** The structure and reproduction of corn; 50 anniversary edition. Cold Spring Laboratory Press, Cold Spring Harbor, New York. USA.
- Kloepper. J. W., F. M. Scher, E. M. Labiret and B. Tipping. 1986.** Emergence promoting rhizobacteria: descriptions and implications for agriculture. In: Iron, siderophores and plant disease, Swinburne, T. R. ed. Pp:155-164. Plenum, New York.
- Lin ,C.J., S.Y. Jane and H.Y. Kue. 1989.** The effect of inoculating maize seed with free-living N-fixing bacteria on growth and yield of maize. J. Agric. Res. China. 38:395-404.
- Lucangeli, C. and R. Bottini. 1997.** Effects of *Azospirillum* spp. on endogenous gibberellin content and growth of maize (*Zea mays* L.) treated with uniconazol. Symbiosis, 23:63-71.
- Manaffee, W. F. and J. W. Kloepper. 1994.** Applications of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In: Soil biota management in sustainable farming systems, Pankhurst, C. E., Doube, B. M., Gupta, V. V. S. R. and Grace, P. R., eds. Pp:23-31. CSLRO, Pub. East Melbourne, Australia.
- Martinez-Toledo, M. V., de la Rubia, T., Moreno, J. and J.Gonzalez-Lopez. 1988.** Root exudates of *Zea mays* and production of auxins, gibberellins and cytokinins by *Azotobacter chroococcum*. Plant Soil, 110:149-152.
- Orkwiszewski, J. A. J. and R. S. Poething. 2000.** Phase identity of the maize leaf is determined after leaf initiation. Plant Biolo. 97:10631-10636.
- Parker, S. P. (Ed.). 1989.** McGraw-Hill dictionary of scientific and technical terms(Vol.2). McGraw-Hill Book Co. USA.
- Poething, R. S. 1994.** The maize shoot. In: The maize handbook, Freeling, M. and Walbot, V., eds. Pp:3-10. Springer-Verlag, New York, Inc.
- Sharma, A. K. 2003.** Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India.
- Sheridan, W. F. and J. K. Clark. 1994.** Fertilization and embryogeny in maize. In: The maize handbook, Freeling, M. and Walbot, V., eds. Pp:3-10. Springer-Verlag, New York, Inc.
- Stevens, E. J., S. J. Stevense, A. D. Flowerday, C. O. Gardner and K. M. Eskridge. 1986.** Developmental morphology of dent corn and popcorn with respect to growth staging and crop growth models. Agron. J. 78:867-874.

- .....
- Stewart, D. W., L. M. Dwyer and L. Carrigan. 1998.** Phenological temperature responses of maize. *Agron. J.* 90:73-79.
- Sturz, A. V. and B. R. Christie. 2003.** Beneficial microbial allelopathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. *Soil Tillage Res.* 72: 107-123.
- TeKrony, D. M., D. B. Egli and D.A. Wickham. 1989.** Corn seed vigour effect on no-tillage field performance. I. Field emergence. *Crop Sci.* 29: 1523- 1528.
- Tilak, K. V. B. R., C. S. Singh, V. K. Roy and N. S. S. Rao. 1982.** *Azospirillum brasilense* and *Azotobacter chroococcum* inoculum: Effect on yield of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor*). *Soil Biol. Biochem.* 14 : 417- 418.
- Vessey, J. K. 2003.** Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. *Plant Soil.* 255: 271- 586.
- Zahir, A. Z., M. Arshad and A. Khalid. 1998.** Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. *Pakistan J. Soil Sci.* 15:7-11.
- Zahir, A. Z., M. Arshad and W. F. Frankenberger(Jr.). 2004.** Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. *Adv. Agron.* 81:97-168.

## Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on phenology of late maturity maize (*Zea mays* L.) hybrids

Hamidi, A.<sup>1</sup>, R. Chaokan<sup>2</sup>, A. Asgharzadeh<sup>3</sup>, M. Dehghanshoar<sup>4</sup>, A. Ghalavand<sup>5</sup> and M. J. Malakouti<sup>6</sup>

### Abstract:

Hamidi, A. R. Chaokan, A. Asgharzadeh, M. Dehghanshoar, A. Ghalavand and M. J. Malakouti. 2009. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on phenology of late maturity maize (*Zea mays* L.) hybrids. **Iranian Journal of Crop Sciences**. 11 (3): 249-270 (in Persian).

To study the effect of application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) including; *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum lipoferum*, *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* on phenology and grain yield of late maturity maize (*Zea mays* L.) hybrids (KSC700, KSC704 and a promising single cross, B73×K18), a field experiment was conducted in two successive cropping seasons. Experimental treatments including seeds of maize hybrids inoculated with single (one by one bacteria) and co-inoculated by two and three bacterial combined inoculants and no inoculation as control. Duration from planting to seedling, fourth, eighth and twelfth leaf, tassel, pollen and silk emergence, pollen shedding termination, silk desiccation and grain physiologic maturity as well as vegetative growth period, pollination, silking, coincidence of flowering and grain filling periods were determined using Growing Degree Days (GDDs). Grain yield per hectare was also determined. Results revealed that PGPRs affected phenology of maize hybrids as leaf, tassel, pollen and silk emergence was accelerated and duration of pollination, silking, coincidence of flowering and grain filling period was prolonged. Correlation coefficients analysis revealed that GDD for developmental periods and phenological events were positively correlated. It was also revealed that application of inoculation with combination of all bacteria inoculants had the highest promoting effect on phenology of maize hybrids. Co-inoculation of seeds by *Azotobacter chroococcum* and *Pseudomonas fluorescens* and inoculation of seed by each of them had also high promoting effect, respectively. Maize hybrids had differed in their phenological response to application of PGPR and KSC704 responded more vigorously than other hybrids, followed by B73×K18 and KSC700, respectively. The highest grain yield obtained from KSC700 co-inoculated with all bacteria.

**Key words:** Growing Degree Day, Grain yield, Maize, Phenology and Plant Growth Promoting, Rhizobacteria.

---

**Received: April, 2008**

1- Assistant Prof. Seed and Plant Certification and Registration Institute, Karaj, Iran (Corresponding author).

2- Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran

3- Assistant Prof., Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran

4- Associate Prof., Seed and Plant Certification and Registration Institute, Karaj, Iran

5- Associate Prof., Tarbiat Modares University

6- Professor, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran