"مجله علوم زراعي ايران"
جلد يازدهم، شماره ۳، پاييز ۱۳۸۸

اثر استفاده از باکتری‌های افزاینده 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[۱]، رجب چوکان[۲]، احمد اصغرزاده[۳]، مجید دهقان شعار[۴]، امیر قلاوند[۵] و محمد جعفر ملکوتی[۶]

چکیده

حمیدی، ا.، ر. چوکان، ا. اصغرزاده، م. دهقان شعار، ا. قلاوند و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۸. اثر استفاده از باکتری‌های افزاینده 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 باکتری های افزاینده رشد گیاه ازتوباکتر کروئوکوکوم، آزوسپیریلوم لیپوفروم، آزوسپیریلوم برازیلنس و سودوموناس فلورسنس بر فنولوژی و عملکرد دانه دورگ های ساده دیررس ذرت ۷۰۰ ، ۷۰٤ ویک دورگ امیدبخش (B73×K18) به مدت دو سال به اجرا گذاشته شد. تیمارهای آزمایش شامل تلقیح بذرهای این دورگ ها 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 ظهورگیاهچه، برگ چهارم، هشتم، دوازدهم، گل تاجی،دانه های گرده، کاکل، اتمام گرده افشانی، خشک شدن کاکل‌ها و رسیدگی فیزیولوژیک دانه و همچنین طول دوره های رشد رویشی، گرده افشانی، کاکل دهی، تطابق گل دهی و پرشدن دانه محاسبه شده بر پایه روز- درجه‌های رشد و عملکرد دانه در هکتار بودند. نتایج بدست آمده نشان داد که استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد گیاه مورد بررسی، فنولوژی دورگ های ذرت را تحت تأثیر قرار داد، به طوری که ظهور برگ‌ها، گل تاجی، دانه های گرده و کاکل تسریع شده و طول دوره گرده افشانی، کاکل دهی، تطابق گل دهی و پرشدن دانه، افزایش یافتند. محاسبه ضرایب همبستگی نشان داد که واحدهای گرمایی مورد نیاز دوره های نموی با رویدادهای فنولوژیک بررسی شده همبستگی مثبت داشتند. همچنین مشخص گردید که تلقیح بذر دورگ ها با تلفیقی از هر سه باکتری، بیشترین تأثیر مثبت را بر فنولوژی دورگ های ذرت داشته و تلقیح بذر با دو باکتری ازتوباکتر کروئوکوکوم و سودوموناس فلورسنس و تک تک این باکتری ها در مرتبه های بعدی قرار داشتند. ترتیب دورگ های ذرت بررسی شده نیز از نظر پاسخ فنولوژیک به استفاده از باکتری های افزاینده رشد گیاه به صورت۷۰٤ ،B73×K18 و۷۰۰ بود. بیشترین عملکرد دانه از دورگ۷۰۰ که بذرهای آن با مایه تلقیح باکتری‌های هر سه جنس تلقیح شده بود، بدست آمد.

واژه های کلیدی: باکتری‌های افزاینده 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 وبذر
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 وتولیدات صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد (Anonymus, 2005). در ایران نیز در سال زراعی۸۵-۱۳۸۴ 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 ویژه‌ای 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 افزاینده رشد گیاه (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) از مهم‌ترین این کودهای می‌باشند (Manaffe and Kloepper,1994). این باکتری ها علاوه بر افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک با تثبیت زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم ومهار 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 افزایندگی بر رشد و نمو گیاهان زراعی، این باکتری ها اصطلاحاً باکتری های افزاینده عملکرد نیز نامیده می شوند (Vessey,2003). باکتری‌های جنس ازتوباکتر (*Azotobacter* spp.) ،آزوسپیریلوم (*Azospirillum* spp.) و سودوموناس (*Pseudomonas* spp.) از مهم‌ترین باکتری های فعال افزاینده 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).

آزمایش‌های اخیر مشخص کرده اند که تولید ایندول استیک اسید و سیتوکینین با استفاده از اسید آمینه‌های تریپتوفان و آدنین ترشح شده از ریشه، هیدرولیز پیش ماده اتیلن ، ۱- آمینو سیکلو پروپان – ۱– کربوکسیلیک اسید(1-aminocyclopopane-1-caboxylic,ACC) به وسیله آنزیمACC دی آمیناز (ACC deaminase) و تولید مواد هورمونی و شبه هورمونی در اثر واکنش نیتریت 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 گیاهان‌زراعی 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 نموی متمایز، یعنی مراحل نموی (Phenostage)، نظیر ظهور گیاهچه ، گل آغازی و ظهور گل ساده تر می 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 (Stevense *et al.*,1986). بررسی وقوع مراحل

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

نمـوی مختلـف بـر مبنـای تقـویم زمـانی و واحـدهای حرارتـی (Thermal unites)، امکـان تجزیـه و تحلیـل ساده تر فنولوژی گیاه را فراهم مـی‌سـازد (Dwyer *et al.*,1999a) و شـاخص دمـایی روز- درجـه رشـد تجمعی(GDD) یکی ازمهـم تـرین شـاخص هـای مـورد استفاده برای بررسی و توصیف کمی فنولوژی رشد و نمو ذرت محسوب می شود (Dwyer *et al.*,1999b).

عوامـل مختلـف درونـی و بیرونـی فنولـوژی گیاهـان زراعـی را تحـت تـاثیر قـرار مـی دهنـد. دمـا ودوره نـوری محـیط رشـد ونمـو گیـاه (Cutforth and Shaykewich,1989) حاصـلخیزی خاک و تغذیه گیاه وتراکم بوته از مهم ترین عوامل محیطی تأثیر گذار بر زیستگردی گیاهان زراعـی بـوده و فیزیولـوژی گیـاه بـه ویـژه وضـعیت هورمـونی ازعوامـل درونـی تأثیرگـذار محـسوب مـی شـوند (Grant, 1989). همچنین عوامل زیستی بویژه موجـودات زنـده ای کـه بـا گیاهان رابطه متقابل دارند رشـد و نمـو گیاهـان را تحـت تأثیر قرار می دهند (Vessy,2003). ریز جانـداران محـیط اطراف ریشه به ویژه باکتری های افزاینـده رشـد گیاهـان نیـز از طریـق سـازوکارهای مختلـف فعالیـت شـان رشد و نمو گیاهان زراعی را تحـت تـأثیر قرارمـی دهنـد (Zahir *et al.*, 2004). رویـداد هـای نمـوی و فنولـوژی گیاهان زراعی نیز از پدیده های زیستی هستند که تحـت تـأثیر فعالیـت بـاکتری هـای افزاینـده رشـد گیـاه واقـع می‌شوند. لین و همکاران (Lin *et al.*, 1989) ظهور زودتر کاکل ذرت در اثر تلقیح بذر با این باکتری ها را گزارش کرده‌اند.

هدف از ایـن آزمـایش، بررسـی تـأثیر بـاکتری هـای افزاینـده رشـد گیـاه بـه عنـوان کودهـای زیـستی شـامل سویه‌های خالص ازتوباکتر کروئوکوکوم (*Azotobacter chroococcum*)، آزوسـپیریلوم لیپـوفروم (*Azospirillum lipoferum*)، آزوسـپیریلوم بـرازیلنس (*Azospirillum brasilense*) و سـودوموناس فلورسـنس (*Pseudomonas fluorescens*) به صورت تلقیح بذر بر فنولوژی رشد و نمـو و عملکرد دانـه دورگ هـای دیـررس ذرت درمنطقـه کـرج بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی اثر باکتری های افزاینـده رشد گیاه بر فنولوژی و عملکرد دانه دورگ های دیـررس ذرت، در سـال هـای۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ در مزرعـه ۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح وتهیه نهال و بـذر کـرج (طـول جغرافیـایی ۵۰ درجـه و ۵۶ دقیقـه شـرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و۴۷ دقیقـه شـمالی و ارتفـاع ۱۲۶۱ متر از سطح دریا) اجرا شد.

بذرهای ضد عفونی نشده سه دورگ ساده دیررس ذرت شـامل سـینگل کـراس۷۰۴ (B73 ×Mo17)، سـینگل کـراس۷۰۰ (K74/1×K18) و یـک دورگ سـاده امیدبخش (B73×K18) از بخش تحقیقات ذرت و گیاهـان علوفه ای مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شدند. با مساعد شدن شرایط آب وهـوایی و فـرا رسـیدن تاریخ کاشت توصیه شده، بذرها بلافاصله قبـل ازکاشـت بـا مایـه تلقـیح پـودری خـالص سـویه ۵ بـاکتری ازتوبـاکتر کروئوکوکـوم (*Azotobacter chroococcum*, Az)، مایـه تلقـیح مخلـوط سـویه ۲۱ آزوسـپیریلوم بـرازیلنس (*Azospirillum brasilense*) و سویهOF آزوسپیریلوم لیپوفروم (*Azospirillum lipoferum*, As) و سـویهP21 سـودوموناس فلورسنس(*Pseudomonas fluorescens*, Ps) که همگـی بـومی خـاک هـای کـشور و توسـط بخـش تحقیقـات بیولـوژی خـاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب جدا و خالص سازی شـده و مایـه تلقیح آن ها تهیه شـده بـود، تلقـیح شـدند. بـدین منظـور بذرهای هر کرت درون ظرف با افزودن هفت گرم از هر مایه تلقیح (۱۴ گرم مایـه تلقـیح دو جـنس بـاکتری و ۲۱ گـرم مایـه تلقـیح سـه جـنس بـاکتری) کـه هـر گـرم آن دارای10^8 عـدد بـاکتری زنـده و فعـال بـود، بـه ازای هـر ۱۰۰ گرم وزن بذر مورد استفاده و افزودن محلول صـمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایـه تلقـیح بـه بـذرها، تلقـیح شدند. بدین ترتیب تیمارهای آزمایش شامل سه دو رگ

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

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+As، 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 × ۸ تیمارتلقیح 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 و۱۷ 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 ۷-۵ 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 مرحله۷-۴ 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 کش‌های 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 مهم‌ترین 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 (حداکثر۷۵ 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 تجمعی(GDD) آن ها با داده‌های 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.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

نتایج و بحث

تجزیه واریانس روز- درجه‌های مراحل و دوره‌های نموی نشان داد که به جز روز- درجه‌های ظهور برگ هشتم، روز- درجه های سایر مراحل و دوره ها تحت تأثیر تیمارها قرار گرفته و اثر متقابل سال، دورگ ها و PGPR برای روز- درجه های ظهور گیاهچه، برگ دوازدهم، کاکل دهی، اتمام گرده افشانی، خشک شدن کاکل و دوره پر شدن دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول۱).

مقایسه میانگین های اثر متقابل سال، دورگ ها و PGPR برای روز- درجه های ظهور گیاهچه مشخص کرد که در هر دو سال واحدهای گرمایی کمتری برای ظهور گیاهچه دورگ SC704 که بذرهای آن با تلفیقی از باکتری های سه جنس تلقیح شده بودند، مورد نیاز بوده است (جدول۲). همچنین، در هر دو سال دورگ های B73×K18 و SC700 که بذرهای آن ها با تلفیقی از باکتری های سه جنس تلقیح شده بودند و سپس تیمارهای تلقیح با تلفیقی از ازتوباکتر و سودوموناس و با تک تک آن ها از لحاظ روز- درجه‌های مورد نیاز برای ظهور گیاهچه در مرتبه های بعدی قرار داشتند (جدول۲). بر این اساس دورگ ها در سال های آزمایش تاریخ ظهور گیاهچه متفاوتی داشتند و واحدهای گرمایی مورد نیاز ظهور گیاهچه دورگ ها در تیمار تلقیح باکتریایی مختلف در سال های آزمایش متفاوت بود. حافظ و همکاران (Hafeez *et al.*, 2004) نیز ظهور گیاهچه سریعتر گیاهچه های ارقام پنبه در اثر تلقیح بذر باPGPR 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 امکان رهایی از خطر بیماری‌های گیاهچه و بهره برداری بیشتر از فصل رشد را فراهم می‌سازد (Kloepper *et al.*,1986). مقایسه میانگین روز- درجه ها برای ظهور برگ چهارم نشان داد که در سال دوم برای ظهور برگ چهارم به روز- درجه های کمتری نیاز بوده است (شکل۱). همچنین دورگSC704 برای ظهور برگ چهارم به روز- درجه های کمتری نیاز داشت (شکل۲). این نتایج نشان می‌دهند که شرایط سال‌های آزمایش بر ظهور برگ چهارم مؤثر بوده و دورگ ها 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- درجه های اثر متقابل سال، دورگ ها و PGPR برای ظهور برگ دوازدهم نشان داد که دورگ SC704 در تیمار تلقیح بذر با باکتری های 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 نموی است که آغازه بلال در محل گره برگ هفتم یا هشتم شکل می گیرد (Sheridan and Clark, 1994). به نظر می‌رسد که کاربردPGPR، از طریق تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه باعث ظهور سریع‌تر برگ دوازدهم شده باشد.

مقایسه میانگین های اثر سال، بیشتر بودن نیاز به واحدهای گرمایی در سال دوم (شکل۳) و مقایسه‌میانگین های دورگ ها نیاز به واحدهای گرمایی کمتر برای ظهور گل تاجی دورگ SC704 را نشان داد (شکل۴). همچنین، مقایسه میانگین هایPGPR حاکی از نیاز به واحدهای گرمایی کمتر برای ظهور گل تاجی در تیمار تلقیح بذر با تلفیقی از باکتری های سه جنس بود. از این نظر به ترتیب تلقیح بذر با تلفیقی از ازوتوباکتر و سودوموناس و با تک تک آن‌ها در مرتبه های بعدی قرارداشتند (شکل۵).تفاوت پاسخ روز- درجه‌های مورد نیاز برای ظهور گل تاجی به

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب روز- درجه‌های رویدادها و دوره های نموی سه دو رگ 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	درجه آزادی df	روز-درجه‌های ظهور گیاهچه (SEGDDs)	روز-درجه‌های ظهور برگ چهارم (4^{th}.LEGDDs)	روز-درجه‌های ظهور برگ هشتم (8^{th}.L EGDDs)	روز-درجه‌های ظهور برگ دوازدهم (12^{th}.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^{ns}	108333.204^{**}	399656.668^{**}	481761.568^{ns}	491670.102^{**}	108333.204^{**}	539656.576^{**}	75065.892^{**}
Hybrids	دورگ ها	2	8975.712^{**}	$11.768.81^{**}$	19304.557^{ns}	8185.376^{**}	8601.256^{**}	19673.874^{ns}	11415.134^{**}	8185.367^{**}	23867.675^{**}	6346.400^{**}
Hybrids×Year	سال× دورگ ها	2	81.746^{ns}	229.464^{ns}	25606.738^{ns}	653.921^{ns}	443.883^{ns}	1723.729^{ns}	1587.626^{**}	653.921^{ns}	275.290^{ns}	1297.986^{**}
PGPR		7	3896.307^{**}	31801.968^{ns}	80740.765^{ns}	37142.648^{**}	37444.030^{**}	35934.669^{**}	37746.147^{**}	37142.648^{**}	41865.007^{**}	23751.656^{**}
PGPR×Year	PGPR × سال	7	151.519^{*}	76.638^{ns}	42023.175^{ns}	955.863^{**}	339.692^{ns}	6450968^{ns}	658.792^{**}	955.863^{**}	687.498^{**}	525.433^{ns}
PGPR×Hybrids	PGPR× دورگ ها	14	162.949^{*}	68.420^{ns}	39721.067^{ns}	800.504^{**}	766.098^{ns}	734.016^{ns}	606.247^{**}	800.504^{**}	676.653^{**}	566.796^{*}
PGPR× Hybrids ×Year	PGPR × سال × دورگ ها	14	62.748^{*}	136.549^{ns}	42728.035^{ns}	827.266^{**}	556.807^{ns}	681.554^{ns}	738.363^{**}	827.266^{**}	1404.046^{**}	401.627^{ns}
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

ns: غیر معنی دار

*and**: significant at 5% and 1% probablity levels, respectively

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

SEGDDs: Seedling emergence GDDs
4^{th} LEGDDs: 4^{th} leaf emergence GDDs
8^{th} LEGDDs: 8^{th} leaf emergence GDDs
12^{th} LEGDDs: 12^{th} leaf emergence GDDs
TEGDDs: Tassel emergence GDDs
PEGDDs: Pollen emergence GDDs
Si.EGDDs: Silk emergence GDDs
PSFGDDs: Pollen sheding finishing GDDs
SDGDDs: Silk drying GDDs
PMGDDs: Physiological maturity GDDs

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

ادامه جدول ۱

Table 1. Continue

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS) 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)	عملکرد دانه (Grain yield)
Year	سال	1	277476.014**	7324.802**	441.954^{ns}	531.004**	182508.692**	932960.520*
Hybrids	دورگ‌ها	2	1623.209*	370.829^{ns}	2825.876*	34.090^{ns}	738.649**	29114651.319**
Hybrids×Year	سال× دورگ‌ها	2	735.554^{ns}	465.385^{ns}	2261.650**	8.172^{ns}	37.644^{ns}	722645.913*
PGPR		7	17470.518**	96.961*	293.117^{ns}	85.854*	1924.994**	15748589.789*
PGPR× Year	PGPR× سال	7	295.380^{ns}	781.001**	55.445^{ns}	56.760^{ns}	40.457^{ns}	584998.900**
PGPR× Hybrids	PGPR× دورگ‌ها	14	904.294*	290.562^{ns}	111.892^{ns}	31.119^{ns}	35.411^{ns}	717818.800*
Year×Hybrids× PGPR	PGPR× سال × دورگ‌ها	14	779.613^{ns}	274.438^{ns}	163.795^{ns}	44.453^{ns}	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% probablity 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

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

جدول۲- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR بر روز- درجه‌های رویدادها و دوره های نموی سه هیبرید ذرت

Table 2.Mean copmarisons of years, hybrids and PGPR intractions 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^{th}.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)
	Control (no inoculation) شاهد (عدم تلقیح)	119.450e	773.600h	1005.525mn	1092.675k	1178.225k	777.000k
SC704	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
(2004) ۱۳۸۳	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
	Control (no inoculation) شاهد (عدم تلقیح)	103.600h	781.775fg	1022.700kl	1109.725j	1194.925jk	772.250jk
SC704	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
(2005) ۱۳۸۴	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^{th} LEGDDs: 12^{th} leaf emergence GDDs PSFGDDs: Pollen sheding finishing GDDs GFPGDDs Grain filling period GDDs

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

ادامه جدول۲

Table 2. Continue

Treatments	تیمار	روز-درجه‌های ظهور گیاهچه (SEGDDs)	روز-درجه‌های ظهور برگ دوازدهم (12^{th}.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)
	صفات (Traits)						
	Control (no inoculation) شاهد (عدم تلقیح)	139.600a	868.050a	1142.550a	1232.450a	1332.150a	780.275ij
SC700	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
(2004) ۱۳۸۳	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
	Control (no inoculation) شاهد (عدم تلقیح)	127.950bc	849.300b	1112.525c	1200.775ab	1273.825cd	779.85ij
SC700	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
(2005) ۱۳۸۴	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 — Si.EGDDs: Silk emergence GDDs — SDGDDs: Silk drying GDDs

12^{th} L EGDDs: 12^{th} leaf emergence GDDs — PSFGDDs: Pollen sheding finishing GDDs — GFPGDDs: Grain filling period GDDs

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

ادامه جدول۲

Table 3- Continue

Treatments	تیمار	روز-درجه‌های ظهور گیاهچه (SEGDDs)	روز-درجه‌های ظهور برگ دوازدهم (12^{th}.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)[5]
	صفات هاTraits						
	Control (no inoculation) شاهد(عدم تلقیح)	133.650ab	835.700bc	1125.300b	1122.350hi	1207.450hi	774.250jk
B73×K18	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
(۱۳۸۳)	Ps	119.950e	756.075jk	1042.875i	1057.650n	1144.125o	832.675f
(2004)	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
	Control (no inoculation) شاهد(عدم تلقیح)	112.300fg	794.725ef	1035.775j	1191.900bc	1313.100ab	770.850k
B73×K18	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
(۱۳۸۴)	Ps	93.150l	745.575kl	972.400pq	1134.025fg	1218.950h	828.775fg
(2005)	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 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^{th}.L EGDDs: 12^{th}. leaf emergence GDDs
PSFGDDs: Pollen sheding finishing GDDs
GFPGDDs: Grain filling period GDDs

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

اثـر سـال، همچنـین دورگ هـا و نیـز PGPR، نـشان دهنـده تفـاوت نیـاز بـه واحـدهای گرمـایی فرآینـدهای فیزیولوژیک مرتبط با این مرحله نموی است. ظهور گـل تـاجی آغـاز رشـد زایـشی ذرت و نـشان دهنـده گـذر از مرحلـه رویـشی بـه زایـشی اسـت (Sheridan and Clark, 1994). بـا توجـه بـه سـازوکارهای تـأثیرPGPR بـر ویژگـی هـای گیـاهی، چنـین بـه نظر می رسد که احتمالاً این بـاکتری هـا بـا تولیـد مـواد تنظیم کننـده رشـد گیـاه محـرک و نیـز سـایر سـازوکارها فرآیندهای ریخت زایی و هستی زایـی (Ontogeny) ذرت را تحت تأثیر قرار داده و ظهور گـل تـاجی تـسریع شـده است.

ظهور دانه های گرده به روز- درجـه‌هـای کمتـری در تیمار تلقیح بذر با تلفیقی از بـاکتری هـای سـه جـنس نیـاز داشـت (شـکل۶). ظهـور و ریـزش زودتـر دانـه گـرده در تیمارهای مورد بررسی با توجه به ظهور زودتـر گـل تـاجی در این تیمارها، دور از انتظـار نیـست. ظهـور و ریـزش دانـه گرده با توجه به ضـرورت وجـود دانـه گـرده کـافی بـرای تلقیح، رویداد نموی مهمی در رابطه با عملکـرد دانـه ذرت محسوب می شود(Sheridan and Clark, 1994). با توجه بـه سازوکارهای تأثیرPGPR ها بر فرآیندهای نمـوی گیاهـان بـه ویژه تولید مـواد تحریـک کننـده رشـد از جملـه نقـش اکـسین هـا، جیبـرلین هـا وسـیتوکینین هـا در تولیـد دانه های گرده(Evans and Poething, 1995)، به نظـر می رسد که در آزمایش حاضر نیزPGPRها با ترشح مواد تحریک کننده رشد، موجب ظهور زود هنگام و نیاز گرمایی کمتر برای ظهور دانه های گرده شده باشند.

مقایسه میـانگین‌هـای اثـر متقابـل سـال، دورگ‌هـا و PGPR بر روز- درجـه‌هـای ظهـور کاکـل نـشان داد کـه ظهور کاکل دورگ SC704 که بذرهای آن با تلفیقـی از بـاکتری هـای سـه جـنس تلقـیح شـده بودنـد، نیـاز بـه واحـدهای گرمـایی کمتـری در هـر دو سـال داشـته و دورگ های B73×K18 و SC700 در همین تیمـارPGPR و تلقـیح بـذر دورگ هـا بـا تلفیقـی از ازتوبـاکتر و سودوموناس و با تک تک آن‌ها در مرتبه‌های بعدی قرار داشـتند (جـدول۲). ایـن نتـایج مـشخص مـی سـازند کـه دورگ هـای بررسـی شـده از نظـر زمـان و واحـدهای گرمـایی مـورد نیـاز بـرای ظهـور کاکـل در سـال هـای آزمایش با یکدیگر متفاوت بـوده و نـسبت بـه تیمارهـای تلقیح باکتریایی مختلف پاسخ متفاوتی بروز داده‌اند.

ظهور کاکـل از مهـم تـرین و حـساس تـرین مراحـل نمـوی دوره رشـد زایـشی ذرت، بـه ویـژه در ارتبـاط بـا عملکرد دانـه اسـت (Kiesselbach, 1999). بـا توجـه بـه سـازوکارهای تأثیرگـذاری PGPR برفرآینـدهای حیـاتی گیاهان، به نظر می‌رسد کـه مـواد تحریـک کننـده رشـد حاصل از این باکتری‌ها، وقایع مرتبط با ظهـور کاکـل را تحت تأثیر قرار داده اند.

مقایسه میـانگین هـای اثـر متقابـل سـال، دورگ‌هـا و PGPR برای روز- درجه‌های اتمام گرده افشانی نشان داد که در هر دو سال اتمام گرده افشانی بوته هـای دورگ SC704که بذرهای آن هـا بـا تلفیقـی از بـاکتری‌هـای سـه جنس تلقیح شده بودند، به واحـدهای گرمـایی بیـشتری نیـاز داشتند و از ایـن نظـر دورگ‌هـای B73×K18 و SC700 در همین تیمار تلقـیح و تلقـیح بـذر دورگ‌هـا بـا تلفیقـی از ازتوبـاکتر و سـودوموناس و بـا تـک تـک آن‌هـا، در مرتبه‌های بعدی قـرار گرفتنـد (جـدول۲). بـدین ترتیـب مشخص می‌شود که در سال های اجـرای آزمـایش، ایـن دورگ ها از لحاظ زمان و واحدهای گرمایی لازم بـرای پایان ریزش دانـه هـای گـرده وتأثیرپـذیری از PGPR بـا یکدیگر متفاوت بوده‌اند. تداوم بیـشتر ریـزش دانـه هـای گرده تأثیر بسزایی در تکمیل تلقیح و در نتیجـه عملکـرد دانـه ذرت دارد (Stevense *et al*., 1986). چنـین بـه نظـر می‌رسـد کـه PGPRهـای مـورد مطالعـه بـا سـازوکارهای فعالیت خود به ویژه تولید مواد تحریک کننـده رشـد در پایان دیرهنگام ریزش دانه های گرده مؤثر واقع شده‌اند.

با مقایسه میانگین‌های اثر متقابـل سـال، دورگ هـا و PGPR برای روز- درجه‌هـای خـشک شـدن کاکـل نیـز مشخص شد که در هـر دو سـال، خـشک شـدن کاکـل

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

دورگ SC704 که بذرهای آن با تلفیقی از باکتری های سه جنس تلقیح شده بودند، به واحدهای گرمایی بیشتری نیاز داشتند و دورگ های B73×K18 و SC700 تحت همین تیمار و تلقیح بذر دورگ ها با تلفیقی از ازتوباکتر و سودوموناس و با تک تک آن ها در مرتبه های بعدی قرار گرفتند (جدول۲). بدین ترتیب مشخص شد که از نظر روز- درجه های مورد نیاز برای خشک شدن کاکل، دورگ ها در سال های 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 دانه های گرده و تلقیح بیشتر و در نتیجه افزایش بالقوه عملکرد دانه ذرت را فراهم می سازد (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 شده اند. با مقایسه میانگین های اثر متقابل سال و دورگ ها برای روز- درجه های رسیدگی فیزیولوژیک دانه مشخص شد که در هر دو سال، رسیدگی فیزیولوژیک دانه دورگSC700 نسبت به سایر دورگ ها، به واحدهای گرمایی بیشتری نیاز داشت (شکل۷). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ ها و PGPR برای روز-درجه های رسیدگی فیزیولوژیک دانه نیز نشان داد که دورگSC700 که بذرهای آن با تلفیقی از باکتری های سه جنس تلقیح شده بودند، نسبت به سایر دو رگ ها و تیمارهای تلقیح، به واحدهای گرمایی بیشتری برای رسیدگی فیزیولوژیک دانه نیاز داشتند. دورگ هایB73×K18 و SC704 در همین تیمار و تلقیح بذر دورگ ها با تلفیقی از ازوتوباکتر و سودوموناس و با تک تک آن ها در مرتبه های بعدی قرار داشتند (شکل ۸). این نتایج تفاوت دورگ ها با یکدیگر را از لحاظ زمان رسیدگی فیزیولوژیک در سال های اجرای آزمایش وتفاوت تأثیر PGPR و پاسخ متفاوت دورگ ها به تلقیح باکتریایی را روشن می سازد. رسیدگی فیزیولوژیک، 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 طولانی تر بوده است (شکل۹). همچنین، مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ ها و PGPR برای روز- درجه‌های دوره رشد رویشی نشان داد که دورگSC700 که بذرهای آن با تلفیقی از باکتری های سه جنس تلقیح شده بود، برای تکمیل دوره رشد رویشی نیاز به واحدهای گرمایی کمتری نسبت به سایر دورگ ها و تیمارهای تلقیح باکتریایی داشت و دورگ های B73×K18 و SC704 در همین تیمار و تلقیح بذر دورگ ها با تلفیقی از ازتوباکتر و سودوموناس و با تک تک آن ها در مرتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل۱۰). بنابراین، مشخص می‌شود که از نظر طول دوره رشد رویشی در سا ل‌های اجرای آزمایش، دورگ‌ها تفاوت داشته و نیز PGPR تأثیر متفاوتی بر طول دوره رشد رویشی دورگ‌ها داشته و پاسخ دورگ ها 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 گل تاجی) است (Stevense *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 می شوند (Poething, 1994). در حالت کلی، کوتاه تر بودن دوره رشد رویشی به نفع رشد زایشی است

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

(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 دورگ های مورد بررسی در سال های آزمایش شده باشد. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال و PGPR برای روز- درجه‌های دوره گرده افشانی مشخص کرد که تلقیح بذرها با تلفیقی از باکتری های سه جنس در سال دوم به واحدهای گرمایی بیشتری برای دوره گرده افشانی نیاز داشت و تیمارهای تلقیح با تلفیقی از ازتوباکتر و سودوموناس و با تک تک آن‌ها، در مرتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل۱۱). بر این اساس روشن می شود کهPGPR ها از نظر نیاز به واحدهای گرمایی برای تکمیل دوره گرده افشانی در سال‌های آزمایش، تأثیر متفاوتی داشته‌اند. طول دوره گرده 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 می رسد که به احتمال زیاد در این آزمایش نیز تلقیح باکتریایی به همین ترتیب موجب افزایش نیاز به واحدهای گرمایی برای پایان دوره گرده افشانی شده است.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال و دورگ‌ها بر روز- درجه‌های دوره کاکل دهی نیز نشان داد که در هر دو سال، دورگSC704 نسبت به دورگ های دیگر به واحدهای گرمایی بیشتری برای تکمیل این دوره نیاز داشت (شکل۱۲). 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 دورگ ها جهت تکمیل این دوره را مشخص می‌سازد. طول دوره کاکل‌دهی توان بالقوه تلقیح را که در ارتباط با عملکرد دانه ذرت از اهمیت ویژه ای برخوردار است، تعیین می کند و طولانی تر بودن این دوره امکان افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (Iremiren and Milbourn, 1980).

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 (شکل۱۳). مقایسه میانگین‌های اثر PGPR برای روز- درجه های دوره تطابق گل دهی نیز نشان داد که تیمار تلقیح بذر با تلفیقی از باکتری های سه جنس در مقایسه با دیگر تیمارها، موجب افزایش واحد های گرمایی مورد نیاز برای طی این دوره شد (شکل۱۴). بدین ترتیب در شرایط محیطی سال های آزمایش و تیمار PGPR استفاده شده برای تکمیل دوره تطابق گل دهی واحد های 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 می شود. با توجه به ظهور زودتر دانه گرده نسبت به کاکل، طولانی تر بودن این دوره در ارتباط با تلقیح و عملکرد دانه اهمیت بیشتری دارد (Cox, 1996).

مقایسه میانگین های اثر متقابل سال، دورگ ها و PGPR بر روز- درجه های دوره پر شدن دانه نشان داد که در هر دو سال دورگSC700 که بذرهای آن با تلفیقی از باکتری های سه جنس تلقیح شده بودند، برای تکمیل این دوره به واحدهای گرمایی بیشتری نسبت به دیگر دورگ ها و تیمارهای تلقیح نیاز داشته و دورگ هایSC704 و B73×K18 در همین تیمار و تلقیح بذر دورگ ها با تلفیقی از ازتوباکتر و سودوموناس و با تک تک آن ها در مرتبه های بعدی قرار داشتند (جدول ۲). بر این مبنا، دورگ ها در سال های 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 طولانی تر بودن آن امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از مبداء به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می سازد(Grant, 1989). داینارد و همکاران (Daynard *et al*., 1971) وجود تفاوت ۴ روزه در طول دوره پر شدن دانه بین دورگ های ذرت را گزارش

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

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

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

صفت Traits	1 روز-درجه های ظهور گیاهچه (SEGDDs)	2 درجه روزهای ظهور برگ چهارم (4^{th} LEGDDs)	3 درجه روزهای ظهوربرگ دوازدهم (12^{th} L EGDDs)	4 روز-درجه های ظهورگل تاجی (TEGDDs)	5 روز درجه های ظهوردانه گرده (PEGDDs)	6 روز-درجه های ظهور کاکل (Si.EGDDs)	7 روز-درجه های تمام شدن دانه گرده (PSFGDDs)	8 روز-درجه های خشک شدن کاکل (SDGDDs)	9 درجه روزهای رسیدگی فیزیولوژیک (PMGDDs)	10 درجه روزهای دوره رشد رویشی (VGGDDs)	11 روز- درجه های دوره گرده افشانی (PGDDs)	12 روز-درجه های دوره کاکل دهی (SGDDs)	13 روز- درجه های دوره تطابق گل دهی (FCGDDs)	14 درجه روزهای دوره پرشدن دانه (GFPGDDs)	15 عملکرد دانه (Grain yield)
1	1														
2	0.747**	1													
3	0.737**	0.862**	1												
4	0.702**	0.760**	0.930**	1											
5	0.709**	0.732**	0.913**	0.965**	1										
6	0.720**	0.742**	0.924**	0.976**	0.987**	1									
7	0.717**	0.733**	0.914**	0.968**	0.980*	0.992**	1								
8	0.719**	0.704**	0.886**	0.930**	0.943**	0.953**	0.945**	1							
9	0.729**	0.845**	0.959**	0.909**	0.908**	0.924**	0.918**	0.887**	1						
10	0.890**	0.855**	0.866**	0.965**	0.920**	0.929**	0.920**	0.873**	0.884**	1					
11	0.871**	0.826**	0.822**	0.177ns	0.550*	0.158ns	0.520*	0.542*	0.311*	0.117ns	1				
12	0.888**	0.885**	0.732**	0.704*	0.214ns	0.280ns	0.209ns	0.449*	0.239ns	0.543*	0.081ns	1			
13	0.995**	0.872**	0.835**	0.850**	0.764*	0.662*	0.639*	0.659*	0.552*	0.520**	0.851**	0.135ns	1		
14	-0.854**	-0.854**	-0.781**	-0.851**	-0.874**	-0.880**	-0.871**	-0.829**	-0.631*	-0.836**	-0.540*	-0525*	-0.597*		
15	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**	۱.919**	1

ns: Non- significant

*and**: significant at 5% and 1% probablity, levels respectively

ns: غیر معنی‌دار

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

SEGDDs: Seedling emergence GDDs TEGDDs: Tassel emergence GDDs PSFGDDs: Pollen sheding finishing GDDs VGGDDs: Vegetative growth GDDs
FCGDDs: Flowering coincidence GDDs 4^{th} LEGDDs: 4^{th} leaf emergence GDDs PEGDDs: Pollen emergence GDDs SDGDDs: Silk drying GDDs
PGDDs: Pollination GDDs GFPGDDs: Grain filling period GDDs 12^{th} L EGDDs: 12^{th} leaf emergence GDDs Si.EGDDs: Silk emergence GDDs
PMGDDs: Physiological maturity GDDs SGDDs: Silking GDDs

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

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 میانگین‌های عملکرد دانه نشان داد که دورگ SC700 در تیمار تلقیح بذر با باکتری‌های سه جنس بالاترین مقدار (۱۸۷۱۱/۲۵ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد که۳۷/۱۸ درصد بالاتر از پایین‌ترین عملکرد دانه (بدون تلقیح بذر) بود (شکل ۱۵). عملکرد دانه دورگ های SC700 درسال اول و SC704 در سال دوم نیز به ترتیب با ۱۸۱۳۷ و ۱۷۷۵۵ کیلوگرم در هکتار، در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند (شکل ۱۵). همچنین مشخص گردید که در هر سه دورگ، عملکرد دانه در تیمار تلقیح بذر با دو باکتری ازتوباکتر و سودوموناس پس از تیمار تلقیح بذر با تلفیقی از باکتری‌های 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) افزایش۱۹/۸ درصدی عملکرد دانه ذرت بر اثر تلقیح توأم بذر با ازتوباکتر و سودوموناس را گزارش کردند. همچنین، تیلاک و همکاران(Tilak *et al.*,1982) افزایش عملکرد دانه ذرت بر اثر تلقیح توأم بذر با ازتوباکتر کروئوکوکوم و آزوسپیریلوم برازیلنس را گزارش کردند. فالچیری و فریونی (Fulchieri and Frioni, 1994) نیز افزایش تعداد دانه های بلال با تلقیح بذر با آزوسپیریلوم را گزارش نمودند. ترشح مواد تنظیم کننده رشد مانند اکسین‌ها (Fallik *et al.*,1989)، جیبرلین‌ها (Lucangeli and Bottini,1997) توسط آزوسپیریلوم برازیلنس، همچنین ترشح اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها به وسیله ازتوباکتر کروئوکوکوم Martinez-Toledo *et al.*, 1988) به دلیل همیاری باکتری نخست با ریشه ذرت، مهم‌ترین سازوکار افزایش رشد و عملکرد دانه ذرت گزارش شده است.

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

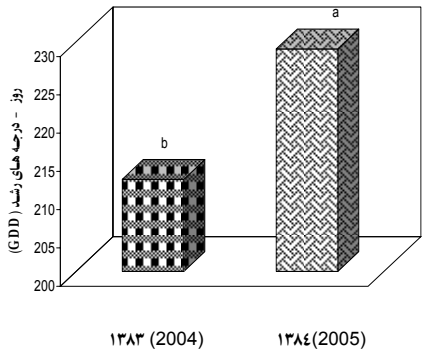
محاسبه ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی، وجود همبستگی بین صفات بررسی شده را نشان داد، به طوری که رابطه همبستگی قوی بین روز- درجه‌های دوره تطابق گل دهی با تاریخ ظهور کاکل و تاریخ تمام شدن دانه گرده نیز افزایش مدت تطابق گل‌دهی را مشخص ساخت (جدول۳). همچنین مشخص گردید که به جز روز- درجه های خشک شدن کاکل، سایر صفات مورد بررسی، همبستگی قوی مثبت با عملکرد دانه داشتند (جدول۳).

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 افتاده‌اند. به طوری که کاهش۷۸ درصدی روز-درجه‌های ظهور گیاهچه و افزایش۱۷ درصدی روز- درجه‌های دوره پر شدن دانه در تیمار تلقیح بذر با مایه تلقیح تلفیقی از باکتری‌های 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 پرشدن دانه می شود. با توجه به ظهور زودتر و سریعتر گیاهچه‌ها، چنین نتایجی دور از انتظار نمی باشد. نظر به تأثیر اکسین بر رشد کلئوپتیل ذرت (Haga and Iino, 1998)، جیبرلین ها برتسریع 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

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

سیتوکینین‌ها بر رشد و نمو ذرت (He *et al.*, 2005) وتولید 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 محلول کردن فسفات نباید تأثیر گذاری از این طریق بر رشد ونمو و فنولوژی ذرت را نادیده گرفت.

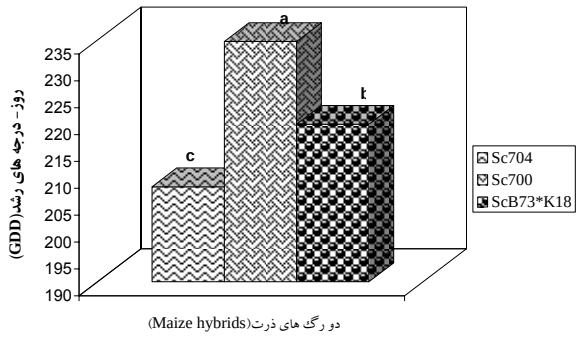
به طورکلی، با توجه به نتایج این آزمایش می توان بیان داشت که تلقیح بذر با PGPR باعث تغییر فنولوژی و بهبود عملکرد دانه دورگ های ذرت مورد بررسی در شرایط منطقه و سال های آزمایش شده است. تأثیر مثبت چنین تغییراتی در جهت بهبود رشد و نمو و عملکرد دانه دورگ ها از مصرف PGPR به عنوان کودهای زیستی ناشی می شود که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



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های اثر سال برای

روز- درجه های رشد ظهور برگ چهارم دو رگ‌های ذرت

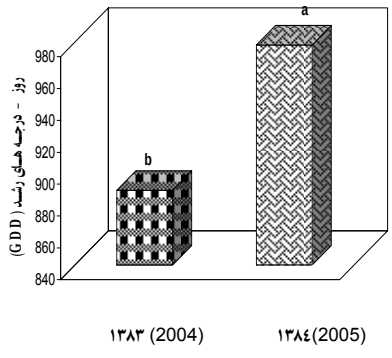
Fig 1. Mean comparisons of 4th leaf emergence GDDs in maize hybrids in 2 years



شکل۲- مقایسه میانگین‌های روز- درجه‌های رشد ظهور برگ چهارم برای

دو رگ‌های ذرت

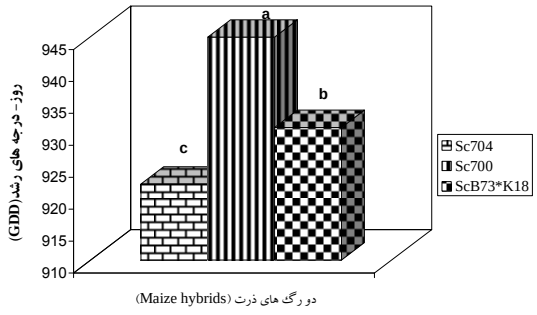
Fig 2. Mean comparisons of 4th leaf emergence GDDs in maize hybrids



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های اثر سال برای

روز- درجه‌های رشد ظهور گل تاجی دو رگ‌های ذرت

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

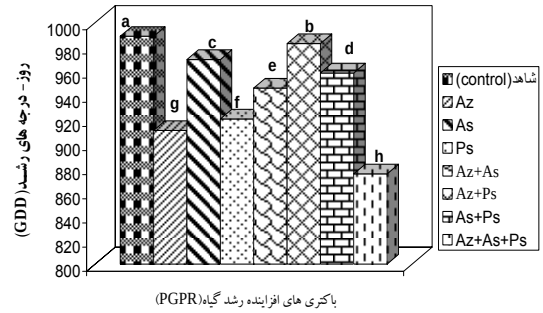


شکل ۴- مقایسه میانگین های روز- درجه‌های رشد ظهور گل تاجی برای

دو رگ‌های ذرت

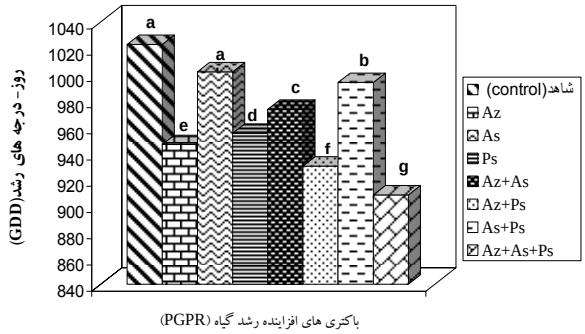
Fig 4. Mean comparisons of tassel emergence GDDs in maize hybrids

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]



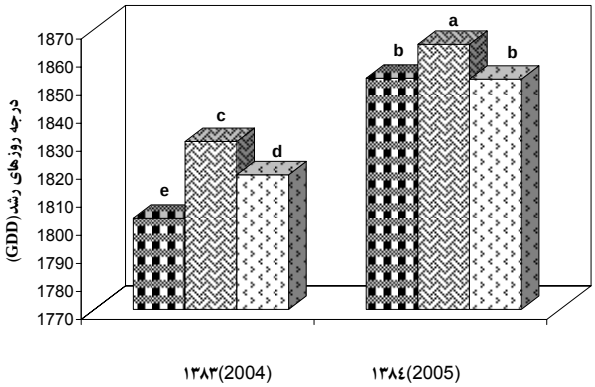
شکل ۵- مقایسه میانگین های اثر باکتری های افزاینده رشد گیاه بر روز- درجه‌های رشد ظهور گل تاجی دو رگ‌های ذرت

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



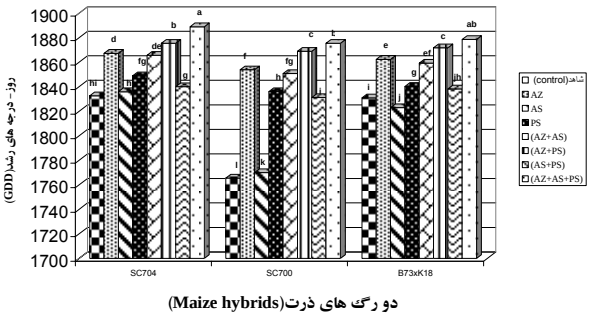
شکل ۶- مقایسه میانگین‌های اثر باکتری‌های افزاینده رشد گیاه بر روز- درجه‌های رشد ظهور دانه گرده دورگ‌های ذرت

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



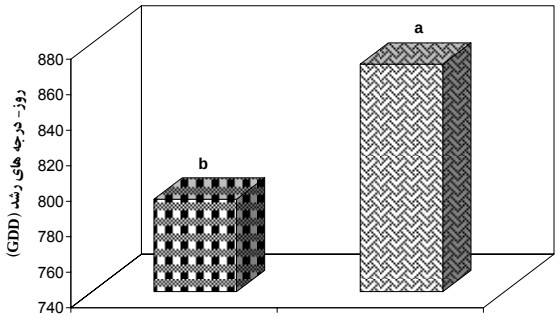
شکل ۷- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال و دورگ ها برای روز- درجه‌های رسیدگی فیزیولوژیک دانه دورگ‌های ذرت

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



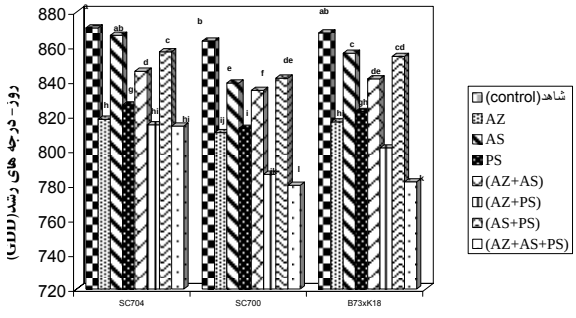
شکل ۸-مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ ها و باکتری‌های افزاینده رشد گیاه برای روز- درجه‌های رشد رسیدگی فیزیولوژیک دورگ‌های ذرت

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



شکل ۹- مقایسه میانگین‌های اثر سال برای روز- درجه‌های رشد رویشی دورگ‌های ذرت

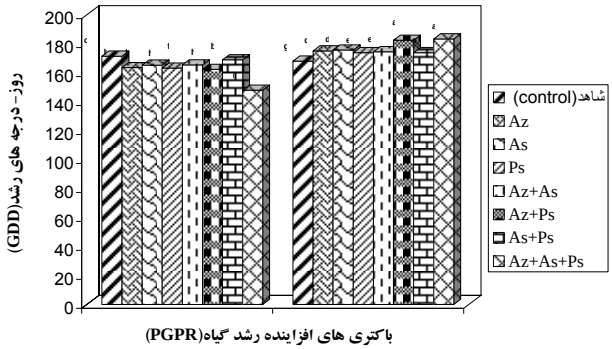
Fig 9. Mean comparisons of vegetative growth GDDs in maize hybrids in 2 years



شکل ۱۰- مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل دورگ‌ها و باکتری‌های افزاینده رشد گیاه برای روز- درجه‌های رشد دوره رشد رویشی دورگ‌های ذرت

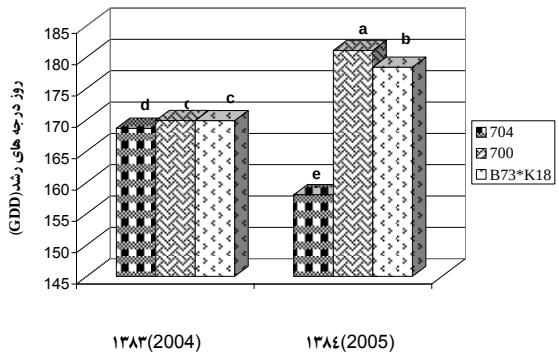
Fig10. Mean comparisons of hybrids and PGPR interaction effect on vegetative growth GDDs in maize hybrids

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]



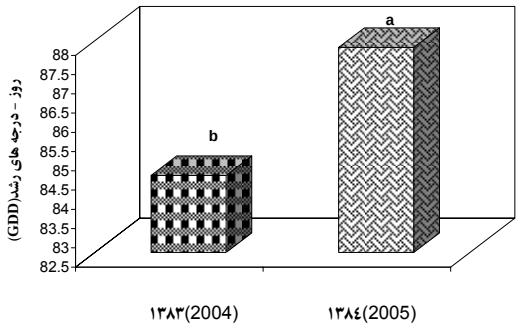
شکل ۱۱- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال و باکتری‌های افزایش رشد گیاه برای روز- درجه‌های رشد دوره گرده افشانی دورگ‌های ذرت

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



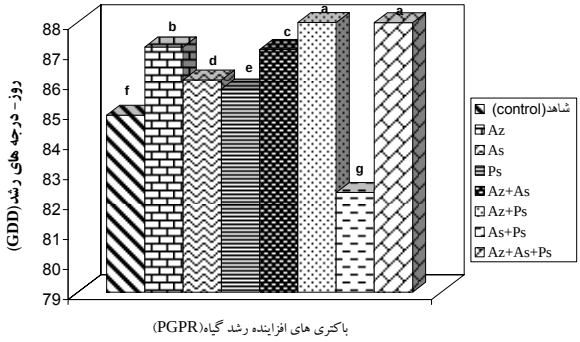
شکل ۱۲ - مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال و دورگ‌ها برای روز- درجه‌های رشد دوره کاکل دهی دورگ‌های ذرت

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



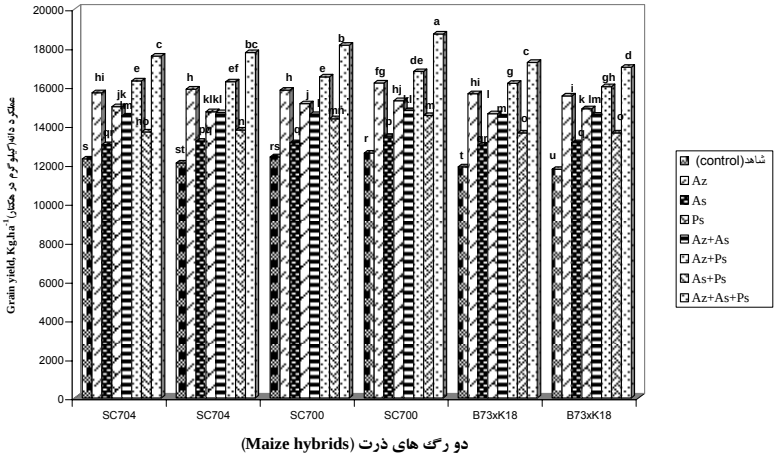
شکل۱۳- مقایسه میانگین‌های اثر سال برای روز- درجه‌های رشد دوره تطابق گلدهی دورگ‌های ذرت

Fig13. Mean comparisons of flowering coincidence GDDs in maize hybrids in 2 years



شکل۱۴- مقایسه میانگین های روز- درجه‌های رشد دوره تطابق گلدهی برای باکتری های افزاینده رشد گیاه دورگ‌های ذرت

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



شکل۱۵- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه دورگ های ذرت در تیمارهای PGPR (۸۴-۱۳۸۳)

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

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

References منابع مورد استفاده

Anonymus, 2005. 20 selected indicators of food and agriculture development in asia-pacific region (1994-2004). FAO,Rome,Italy.

Anonymus, 2008. Agricuture 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 Souzo, 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 procedes 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

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

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, sidrophores and plant disease, Swinburne, T. R. ed. Pp:155-164. Plenume, 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, Pankburst, 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 embriogeny 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.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

Stewart, D. W., L. M. Dwyer and L. Carrigan. 1998. Phenologycal temperature responses of maize. Agron. J. 90:73-79.

Sturz, A. V. and B. R. Christie. 2003. Beneficial microbial alleloplathies 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 notillage 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.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

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

Hamidi, A.[1], R. Chaokan[2], A. Asgharzadeh[3], M. Dehghanshoar[4], A. Ghalavand[5] and M. J. Malakouti[6]

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. Exprimental 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 tvelveth leaf, tassel,ing 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 detrmined 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. Corrolation coefficients analysis revealed that GDD for developmental periods and phonological events were positively correlated. It was also revealed that application of inoculantion with combination of all bacteria inoculats 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 phonological 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.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.5.9]

Received: April, 2008

1- Assistant Prof. Seed and Plant Certification and Registration Institute, Karaj, Iran (Correspondig 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