علـوم محـیـطی سال چهارم، شماره چهارم ، تابستان ۱۳۸٦
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.4, No.4 , Summer 2007
۱-۲۰

بررسی کاربرد کودهای ریزوباکتریایی افزاینده رشد گیاه (PGPR) در زراعت ذرت با نهاده کافی

آیدین حمیدی[۱*]، احمد اصغرزاده[۲]، رجب چوکان[۳]، مجید دهقان شعار[۱]، امیر قلاوند[۴]، محمد جعفر ملکوتی[۵]

۱- مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال

۲- مؤسسه تحقیقات خاک و آب

۳- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

٤- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

٥- گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

ذرت(*Zea mays* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهانی است که زراعت آن در کشور رو به توسعه است. این پژوهش مزرعه‌ای به منظور بررسی جنبه‌های اگرواکولوژیک کاربرد کودهای زیستی(بیولوژیک) از نوع باکتری‌های ترغیب کننده رشد گیاه Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) شامل: *Azotobacter chrococcoom*، *Azospirillum lipoferum*، *Azospirillum brasilense* و *Pseudomonas fluorescens* بر سبز کردن گیاهچه، فنولوژی(زیستگردی)، عملکرد علوفه سیلویی، عملکرد دانه، تسهیم ماده خشک و برخی ویژگی‌های مرتبط دورگ‌های دیررس ذرت SC 704، SC 700 و یک دورگ امیدبخش آن(B73×K18) با هدف تعیین مناسبترین دورگ و مؤثرترین تلفیق باکتریایی، در طی سال‌های ۸۳ و۸۴ به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل تلقیح بذرهای دورگ‌ها با تک تک باکتری‌ها و با تلفیق دو به دو و مجموع باکتری‌های PGPR و عدم تلقیح به عنوان تیمار شاهد بودند. نتایج بدست آمده مشخص کرد که کاربرد PGPR موجب افزایش درصد سبز کردن نهایی گیاهچه، سرعت سبز کردن گیاهچه، درجه روزهای دوره پر شدن دانه، کاهش درجه روزهای سبز کردن گیاهچه و رشد رویشی، افزایش عملکرد علوفه سیلویی در هکتار، وزن تر بوته، عملکرد دانه هر بوته و در هکتار، کل وزن خشک بوته(زیست توده) و دانه و شاخص برداشت گردید. همچنین نتایج نشان داد که مناسب‌ترین دورگ ذرت در رابطه با تولید دانه، دورگ SC700 و تولید علوفه سیلویی دورگ SC704 بود. مؤثرترین PGPR در مورد تولید ذرت در سیستم کشاورزی پایدار تلقیح مایه تلفیق تمامی این باکتری‌ها بود. بنابراین کاربرد کودهای زیستی PGPR در زراعت ذرت می‌تواند در افزایش تولید و عملکرد و در نتیجه توسعه این زراعت نقش قابل ملاحظه‌ای داشته باشد.

کلیدواژه‌ها: ریزوباکتری‌های ترغیب کننده رشد گیاه(PGPR)، سبز کردن گیاهچه، زیستگردی، تسهیم ماده خشک، عملکرد علوفه و دانه ذرت.

Study on Plant Growth Promoting Rhizobacteria(PGPR) Biofertilizers Application in Maize(*Zea mays* L.) Cultivation by Adequate Input

Aidin Hamidi[1], Ahmad Asgharzadeh[2], Rajab Chokan[3], Majid Dehghan Shoar[1], Amir Ghalavand[4], Mohammad Jafar Malakoty[5]

1- *Seed and Plant Certification and Registration Institute(SPCRI)*
2- Soil Biology Research Department of Soil and Water Research Institute(SWRI)
3- Maize and Forage Plants Research Department of Seed and Plant Improvement Institute(SPII)
4- Department Of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University
5- Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University

Abstract:
Maize(*Zea mays* L.) is one of the most important and fast developing crops in Iran. A study of maize seedling emergence, phenology, dry matter partitioning, harvest index, silage fodder and grain yield was undertaken using plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as biofertilizing, including four strains of *Azotobacter chroococcum* , *Azospirillum lipoferum* , *A. brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* . Late maturity single cross hybrids, SC704, SC700 and a promising single cross B73×K18 of maize were utilized in this study. Objectives of this study were to identify the most responsive hybrid and the effectiveness of PGPRs. A field experiments were conducted in 2004 and 2005. Treatments included hybrids seeds and a single inoculation by PGPRs and coinoculation by two and all PGPRs inoculants and control with no inoculation. Results revealed that application of PGPR increased final seedling emergence percentage, speed of emergence and grain filling period decreased length of seedling emergence and vegetative growth periods. At the same time PGPRs applications increased silage fodder yield and plant fresh weight and grain yield and grain yield per plant, biomass, grain dry weight and harvest index. These studies illustrated that SC700 and SC704 were the most productive hybrids for grain and fodder production respectively. The most effective PGPRs was the combination of all bacteria inoculants. Therefore, PGPRs applications could play considerable role in increasing yield and consequently development of maize cultivation.

Keywords: plant growth promoting rhizobacteria (PGPR), seedling emergence, phenology, dry matter portioning, silage fodder and grain yield, Maize(*Zea mays* L.).

* Corresponding author. *E-mail Address*: Hamidi_aidin@yahoo.com

مقدمه

ذرت یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که برای تولید غذا، علوفه و محصولات صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. درسال ۲۰۰۴ میزان تولید دانه ذرت جهان ۷۲۱ میلیون تن بوده است که ازسطح۱۴۷ میلیون هکتار با متوسط عملکرد۴۹۰۷ کیلو گرم درهکتار(FAO, 2005) برداشت شده است. میزان تولید دانه ذرت کشور در سال زراعی(۸۴-۱۳۸۳)، ۱۹۹۵۲۵۲ تن بوده است که از سطح ۲۷۶۲۷۷ هکتار با متوسط عملکرد ۷۲۲۷/۳۳ کیلوگرم در هکتار برداشت شده است(Ministry of Jihad – e – Agriculture, 2007).

با توجه به سهم ۷۰-۶۵ درصدی دانه ذرت در ترکیب جیره غذایی طیور و مصرف ذرت به‌صورت علوفه سیلویی برای تغذیه دام در کشور، افزایش تولید دانه ذرت دردهه گذشته از ۲۵۰ هزار تن با عملکرد ۴/۳ تن درهکتار به حدود ۱/۷ میلیون تن و عملکرد ۶/۵ تن در هکتار وابستگی از ۹۰ درصد به ۵۰ درصد و کاهش داشته و افزایش تولید دانه ذرت به ۴/۵ میلیون تن برای سال ۱۳۹۰ پیش بینی شده است(Ministry of Jihad – e – Agriculture, 2004). افزایش تولید و بهبود کیفیت ذرت از طریق مصرف بهینه کود به‌ویژه انواع کودهای زیستی یکی از مهم‌ترین اهداف است. تأمین عناصر غذایی کافی یکی از مهم‌ترین محدودیت‌ها در تحقق عملکرد بالقوه گیاهان زراعی و دستیابی به عملکردهای بالا، می‌باشد (Alexandratos, 2003) که در کشاورزی متداول و پر نهاده این مشکل با مصرف کودهای شیمیایی حل شده است (Saxena and Tilak, 2002). مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی، انرژی و هزینه‌های تولید و مصرف آنها و اثرات سویی که بر چرخه‌های زیستی و خود پایداری[1] بوم نظام‌های زراعی دارند از علل رویکرد به کاربرد کودهای زیستی[2] می‌باشند(Kannaiyan, 2002). کاربرد فرآورده‌های زیستی در تغذیه گیاهان زراعی به عنوان راهکاری بنیادین برای توسعه سیستم‌های مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه[3] و به منظور افزایش کمی و کیفی مواد غذایی در واحد سطح[4] از طریق تلفیق روشهای تغذیه معدنی و آلی گیاهان زراعی اخیراً مورد توجه قرار گرفته است (Manaffee and Kloepper, 1994). بر این مبنا توسعه کشاورزی در طی دوره‌گذار[5] از کشاورزی متداول به کشاورزی پایدار با راهبرد کشاورزی پایدار با سطح عملکرد بالا با اجرای سیستم کشاورزی پایدار با نهاده کافی[6] به صورت تلفیق مصرف کودهای شیمیایی و آلی به ویژه کودهای زیستی به عنوان راهکاری برای کشاورزی جایگزین[7] جهت تولید محصول و حفظ عملکردها در سطح قابل قبول مطرح گردیده است(Sharma, 2003).

بنا به تعریف، کود زیستی متشکل از یک یا چند نوع ریزجاندار مفید به همراه مواد نگهدارنده و یا فرآورده‌های متابولیک آنها است که به منظور تأمین عناصرغذایی گیاهان استفاده می‌شوند(Vessey, 2003). انواع کودهای زیستی شامل باکتری‌های همزیست، قارچ‌های میکوریز، ... و ریزوباکتری‌های ترغیب کننده رشد گیاه[8] می‌باشند (Zahir, *et al.*, 2004) تولید نخستین مایه تلقیح کود زیستی باکتری *رایزوبیوم* به نام نیتراجین[9] توسط هیلتنر و ناب[10] در امریکا در سال ۱۸۹۵ صورت گرفت(Vessey, 2003). تولید صنعتی کودهای زیستی در کانادا در سال ۱۹۰۵ و در استرالیا و سوئد در سال ۱۹۱۴ و تولید تجاری کودهای زیستی از نوع باکتری‌های افزاینده رشد گیاه در چین در سال ۱۹۷۹ آغاز گردید(Banerjee, 2006) . همچنین سابقه تحقیق و تولید تجاری کودهای زیستی PGPR در ایران به سال ۱۳۷۴ باز می گردد(Asadi-Rahmani, *et al.*, 2005). مهم‌ترین ساز و کارهای تأثیر PGPR عبارتند از افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی با تثبیت زیستی

نیتروژن و محلول کردن فسفر و پتاسیم، مهار زیستی عوامل بیماریزا با تولید پادزی‌های زیستی و تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه بویژه اکسین‌ها ، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها (Vessey, 2003). همچنین سازوکارهای تأثیر گذاری این باکتری‌ها از طریق تولید مواد تنظیم کننده رشد شامل: تولید IAA با استفاده از ترشحات ریشه و اسید آمینه تریپتوفان، هیدرولیز پیش ماده اتیلن(۱-آمینوسیکلوپروپان-۱- کربو کسیلیک "ACC"[11])به وسیله آنزیم ACC دی آمیناز و تولید مواد هورمونی و شبه هورمونی در اثر واکنش نیتریت حاصل از تنفس نیتراتی بالای سلول‌های گیاهی تلقیح شده با آزوسپیریلوم با اسید اسکوریک می باشند(Zahir, *et al.*, 2004 and Banerjee, 2006). باکتری های جنس *سودوموناس*[12]، *ازوتوباکتر*[13] و *آزوسپیریلوم*[14] از مهم ترین PGPR می‌باشند (Banerjee, 2006). تأثیر مثبت تلقیح بذر گیاهان مختلف با PGPR بر جنبه‌های مختلف رشد و نمو آنها، از جمله چنین اثری بر قابلیت جوانه زنی بذر و بنیه گیاهچه بررسی و مورد تأیید قرار گرفته است (Ramamoorthy *et al.*,2000 ; Biswas *et al.*, 2000). به طوری‌که Shend و Apte (1981) افزایش قابلیت جوانه زنی بذرهای ذرت تلقیح شده با باکتری *ازوتوباکتر کروکوکوم* را مشاهده نمودند. Jacoud و همکاران(۱۹۹۹) نیز افزایش رشد و نمو ریشه اولیه گیاهچه ذرت در اثر تلقیح بذر با باکتری *آزوسپیریلوم لیپوفروم* را مشاهده و El-Meleigi (1989) افزایش رشد و نمو گیاهچه ذرت و Callan و همکاران (1991) بهبود رشد و نمو گیاهچه ذرت شیرین با تلقیح بذر با باکتری *سودوموناس* را گزارش کردند. Kloepper و همکاران(۱۹۹۱) نخستین بار افزایش سبز کردن گیاهچه با تلقیح بذر با PGPR را مشاهده و آنها را اصطلاحاً ریزو باکتری‌های ترغیب کننده سبز کردن گیاهچه[15] نامیدند. El-eleigi(1989) و Callan و همکاران(1991) افزایش سبز کردن گیاهچه ذرت با تلقیح بذر با باکتری *سودوموناس فلورسنس* را مشاهده کردند. همچنین افزایش وزن خشک بوته(زیست توده) ذرت با تلقیح بذر با باکتری *ازوتوباکتر کروکوکوم* (Tilak *et al.*, 1982)، افزایش وزن تر و خشک برگها و ارتفاع بوته ذرت با تلقیح بذر با باکتری *آزوسپیریلوم برازیلنس* (Kapulnik *et al.*, 1982) و افزایش وزن تر بوته، تعداد برگ و ارتفاع بوته ذرت با تلقیح بذر با باکتری *سودوموناس فلورسنس* (Hernandez, *et al.*,1995) گزارش شده است. Zahir و همکاران(1998) افزایش ۱۹/۸ درصدی عملکرد دانه ذرت در اثر تلقیح توأم بذر با باکتری‌های *ازوتوباکتر* و *سودوموناس*، Tilak و همکاران(1982) افزایش عملکرد دانه ذرت دراثر تلقیح توأم بذر با باکتری‌های *ازوتوباکتر کروکوکوم* و *آزوسپیریلوم برازیلنس* و Frioni و Fulchieri(1994) افزایش ۵۹ درصدی عملکرد دانه ذرت با افزایش تعداد دانه‌های بلال تا دو برابر در اثر تلقیح بذر با باکتری *آزوسپیریلوم* را گزارش نمودند. Zahir و همکاران(2000) افزایش وزن خشک بوته ذرت در اثر PGPR و Javed و همکاران(1998) نیز افزایش ۶۸/۴ درصدی وزن خشک بخش هوایی بوته ذرت در اثر کاربرد PGPR را مشاهده کردند. هدف این پژوهش بررسی تأثیر کاربرد ریزوباکتری‌های ترغیب رشد گیاه *ازوتوباکتر*، *آزوسپیریلوم* و *سودوموناس* بر سبز کردن گیاهچه، فنولوژی، عملکرد علوفه سیلویی، عملکرد دانه، تسهیم ماده خشک و برخی ویژگی‌های مرتبط دورگ‌های ساده دیررس ذرت، به منظور تعیین مناسب‌ترین دورگ و تلفیق PGPR به عنوان کود زیستی برای تولید ذرت با مدیریت تغذیه تلفیقی در سیستم کشاورزی با نهاده کافی بود.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه جنبه‌های آگرواکولوژیکی کاربرد کودهای زیستی باکتریایی بر رشد و نمو و عملکرد علوفه

سیلویی و دانه دورگ‌های دیررس ذرت، آزمایشی در طی سال‌های ۱۳۸۳ و۱۳۸۴ با استفاده از امکانات پژوهشی مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال و مؤسسه تحقیقات خاک و آب و در مزرعه ۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح وتهیه نهال و بذر در کرج(طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۳۱ متر از سطح دریا) به اجرا در آمد. میانگین دما و بارندگی محل اجرای آزمایش در طول دوره کاشت تا برداشت به ترتیب ۲۱/۸۸ درجه سانتی‌گراد و ۲۳۹/۹ میلی‌متر و میانگین بارندگی ۴۰ ساله ۲۵۶ میلی‌متر بود. بذرهای سه دورگ ساده دیررس ذرت شامل سینگل کراس ۷۰۴ ((SC704)) ، (B73×Mo17)، سینگل کراس ۷۰۰((SC700)) ،(K74/1×K18) و یک دورگ ساده امیدبخش(B73×K18) از بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه‌ای مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه و قبل از کشت بذرها بوسیله مایه تلقیح پودری خالص سویه(Strain 5) باکتری *ازوتوباکتر کروکوکوم*[16] (Az)، سویه های(Strain OF) *آزوسپیریلوم لیپوفروم*[17] و(Strain 21) *آزوسپیریلوم برازیلنس*[18] (As) و سویه(Strain P21) *سودوموناس فلورسنس*[19] (Ps) به صورت ساده(با یک باکتری) و تلفیقی(با دو باکتری و مجموع باکتری‌ها) تلقیح شد و بذرهای بدون تلقیح بذر به‌عنوان شاهد آزمایش(جمعاً هشت تیمار) به‌صورت: Az.۱ ، As.۲، Ps.۳، Az+As.۴، Az+Ps.۵، As+Ps.۶، Az+As+Ps.۷ و ۸.بدون تلقیح (شاهد) استفاده شد. همگی این باکتری‌ها طبیعی و بومی خاک‌های کشور بوده و توسط بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب جدا و خالص سازی و مایه تلقیح آنها تهیه شده است. با مساعد شدن شرایط آب و هوایی و فرا رسیدن تاریخ کاشت توصیه شده برای دورگ‌های مورد بررسی، بذرهای تلقیح شده در خاک مزرعه‌ای که در سال قبل به‌صورت آیش بوده با اجرای عملیات خاک ورزی اولیه شامل شخم عمیق در فصل پاییز و عملیات خاک ورزی ثانویه شامل شخم با عمق متوسط و دیسک زدن و عملیات آماده سازی بستر کشت در اوایل بهار به صورت زدن هرس، تسطیح و ایجاد شیار با فاصله ۷۵ سانتی‌متر کشت گردید. بر اساس نتایج تجزیه خاک، میزان ۱۰۰،۳۰۰،۴۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب کود اوره، سوپر فسفات تریپل، سولفات پتاسیم و سولفات روی مصرف شد. نیمی از مقدار کود اوره و تمامی مقادیر دیگر کودها قبل از کاشت در مرحله آماده سازی بستر کشت با خاک مخلوط شد و نیمه باقی مانده کود اوره در مرحله ۹-۷ برگی به صورت سرک داده شد. نیمی از طول خطوط کشت هر کرت با تراکم بوته ۷۵ هزار بوته در هکتار(فاصله روی خطوط کشت ۱۸ سانتی‌متر) و نیمه باقی مانده با تراکم بوته ۸۵ هزار بوته در هکتار(فاصله روی خطوط کشت ۱۶ سانتی‌متر) به صورت یک آزمایش دو فاکتوره با ۲۴ تیمار(۳ دورگ ساده × ۸ تیمارتلقیح بذر) بر پایه طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار کشت شدند. هر کرت شامل ۶ خط کاشت به طول ۱۰ متر بوده و کلیه مراحل داشت مزرعه در طی دوره رشد به طور معمول اجرا، آبیاری بلوک‌ها به منظور جلوگیری از اختلاط باکتری‌ها، جداگانه انجام و تاریخ نخستین آبیاری به عنوان تاریخ کاشت در نظر گرفته شد. به منظورتعیین درصد سبز کردن نهایی و سرعت سبز کردن گیاهچه در مزرعه از هرکرت دو خط کاشت و از هر خط ۴/۵ متر طول که در بر گیرنده جمعاً ۱۰۰ بذر کشت شده بود، اختیار کرده، به طور روزانه بازدید شده و تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده تا ۱۴ روز پس از کاشت ثبت شدند. سپس با استفاده از درصد سبز کردن نهایی گیاهچه‌ها، سرعت سبز کردن گیاهچه‌ها در مزرعه[20] به وسیله رابطه زیر تعیین گردید:

(رابطه۱):

$$FER = \frac{\text{درصد سبز کردن نهایی گیاهچه ها}}{\text{تعداد روزها (از کاشت تا پایان یادداشت برداری)}}$$

به منظور بررسی اثر تیمارها بر زیستگردی، مراحل نموی سبز کردن گیاهچه، فلور گل تاجی و کاکل و رسیدگی فیزیولوژیک دانه بر اساس سیستم مرحله بندی رشد و نمو ذرت Hanway [۲۱] (1963) با واحد تعداد روز پس از کاشت[۲۲] یادداشت **و** طول دوره رشد رویشی(از سبز کردن گیاهچه ها تا zhiv ank گل تاجی) و طول دوره پرشدن دانه(از فلور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه) تعیین شدند. به منظور محاسبه شاخص گرمایی درجه-روز رشد تجمعی[۲۳] لازم برای طی این دوره‌های فنولوژیک از داده‌های مربوط به دمای کمینه و بیشینه روزانه طول دوره رشد و نمو، ثبت شده به وسیله ایستگاه هواشناسی کشاورزی کرج و از رابطه زیر استفاده شد:

(رابطه۲):

$$GDD = [\Sigma \frac{t_2 \ (T_{max} + T_{min})}{t_1 \ 2} - 10]$$

در این رابطه T_{min} و T_{max} به ترتیب دمای کمینه و بیشینه روزانه، t_1 و t_2 تعداد روزهای مرحله نموی مورد بررسی بوده و دمای پایه ۱۰ درجه سانتی‌گراد -2/($[(T_{max} + T_{min} \ 10]>0$) در نظر گرفته شد. با فرا رسیدن مرحله شیری شدن دانه، پس از حذف بوته‌های نیم متر ابتدا و انتهای خطوط کشت و دو ردیف حاشیه هر کرت، بوته‌های نیمه خطوط کشت شده با تراکم بوته بیشتر کف بر شده و توزین گردیدند تا عملکرد علوفه در هکتار مشخص شود. همچنین تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و پس از خشک کردن بوته‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، وزن خشک علوفه در هکتار تعیین گردید. با فرا رسیدن مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه و کاهش رطوبت دانه به میزان قابل برداشت، بوته‌های نیم متر از دو سر خطوط کشت و دو ردیف حاشیه حذف و بلال‌های بقیه بوته‌ها برداشت گردیدند. پس ازبرداشت بلال‌ها عملکرد دانه در هکتار و عملکرد دانه هر بوته بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد تعیین شدند. همچنین، به منظور اندازه گیری وزن خشک دانه و بخش هوایی بوته و نیز شاخص برداشت، بخش هوایی و دانه ۱۰ بوته در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و با ترازوی با دقت۰/۰۱ گرم توزین شده و شاخص برداشت[۲۴] با استفاده از رابطه زیر تعیین شد:

(رابطه۳):

$$\text{شاخص برداشت(درصد)} = \frac{\text{وزن خشک دانه}}{\text{وزن خشک اندامهای هوایی بوته}}$$

تجزیه و تحلیل آماری مرکب نتایج دو ساله پس از بررسی متجانس بودن واریانس‌ها(آزمون بارتلت) و ادغام[۲۵] اثر تکرار(بلوک)، با توجه به متفاوت بودن مدل تصادفی کردن تیمارها و پیاده کردن نقشه آزمایش در محل‌های مختلف در سال‌های آزمایش، به صورت آشیانه‌ای[۲۶] برمبنای مدل تصادفی بودن اثر سال، همچنین مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن با استفاده از نرم افزار MSTAT_C (Ver. 2.1) انجام شد.

نتایج و بحث:

سبز کردن گیاهچه و زیستگردی(فنولوژی) بوته:

تجزیه و تحلیل مرکب داده‌های درصد سبز کردن نهایی و سرعت سبز کردن گیاهچه‌ها نشان داد که اثر سال برای این ویژگی‌ها معنی دار نبوده ولی تحت تأثیر اثر متقابل دورگ‌ها و PGPR قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱- خلاصه تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) ویژگیهای مورد بررسی.

میانگین مربعات													
منابع تغییرات	درجه آزادی d.f	درصد سبز کردن نهایی گیاهچه	شاخص برداشت	وزن خشک دانه	وزن خشک بوته	وزن دانه هر بوته	عملکرد دانه در هکتار	وزن خشک علوفه در هکتار	عملکرد علوفه در هکتار	درجه روزهای دوره پر شدن دانه	درجه روزهای دوره رشد رویشی	درجه روزهای سبز کردن گیاهچه	سرعت سبز کردن گیاهچه
سال	۱	۰/۵۰۸^{ns}	۰/۹۰۸^{ns}	۱۱٤/۲۵۳**	۷۰٤۵٦۷/۹۰۰^{ns}	۱۸۲۵۰۸/٦۹۲**	۲۷۷٤۷٦/۰۱٤**	۱/۰۰۱*	۰/۹۱۹**	۰/٤۹۲*	٤۱۹۲/٤۵۸*	۳۷۵۹۲۳۵/۱۰۰^{ns}	۹۳۲۹٦۰/۵۲۰*
دورگها	۲	۵۵/۲٦۵**	۳۲/۲۹۳**	۸۹۷۵/۷۱۲**	٦٤۰۱۲۱٦۸۰/٦۰۰*	۷۳۸/٦٤۹**	۱٦۲۳/۲۰۹*	۲/۲۱۹*	٤/۲٦۱*	۳/۱٦۹*	۵٦٤۹/۹۷۲*	٤٤۳۱۱۲۷۸۲/۸۰۰*	۲۹۱۱٤٦۵۱/۳۱۹*
اثر متقابل سال × دورگها	۲	۰/۱۱۱^{ns}	۱/۳٦۵^{ns}	۸۱/۷٤٦^{ns}	۵۱۰۳۲۸٦۱/۵۰۰**	۳۷/٦٤٤^{ns}	۷۳۵/۵۵٤^{ns}	٤/۱۱۱*	۵/۲٤۹**	۲/۱۹۰**	۱۵٤۱/۹۹۰	٤۵۲۳۸۷۱/۰۸۰*	۷۲۲٦٤۵/۹۱۳
PGPR	۷	۱۳۵/۵۰٦**	۷۲/۰٤٤**	۳۸۹٦/۳۰۷**	۷۸۱۱۸٦۸۱/۷۰۰*	۱۹۲٤/۹۹٤**	۱۷٤۷۰/۵۱۸**	٦/۲٤٤**	٤/۸۲۹*	۸٤/۹۱۲*	۳۷۹۱/٤٦۳**	٦۹۱۹۸۵٦۸/٤۰۰*	۱۵۷٤۸۵۸۹/۷۸۹**
اثر متقابل سال × PGPR	۷	۰/۱۱۱^{ns}	۲/۷۳۵^{ns}	۱۵۱/۵۱۹*	۱۵٤۱۵۹۷۷/۵۳۱*	٤۰/٤۵۷^{ns}	۲۹۵/۳۸۰^{ns}	۹/۲٤۱**	۷/۰۰۹**	٤۰/۱۲۱*	۳۷۰۹/۰۰۲*	۷۰۱۹۸۷٦۹/۱٤۲*	۵۸٤۹۹۸/۹۰۰*
اثر متقابل دورگها × PGPR	۱٤	۰/۷۱۱**	۱/۱٤۳**	۱٦۲/۹٤۹*	۱۳۵۱۷۱٤۵/۱۰۰*	۳۵/٤۱۱^{ns}	۹۰٤/۲۹٤*	۸/۹٤۹**	۹/۱۲٤*	۸۹/۳۳۸**	۲۱۰۰/۷۲۰*	۳۰۱۵٤۸۲۱/۹۰۰**	۷۱۷۸۱۸/۸۰۰*
اثر متقابل سال × دو رگها وPGPR	۱٤	۰/۳۱۰^{ns}	۰/۹۱۸^{ns}	٦۲/۷٤۸*	۱۵٦۳۸۳۵۵/۵۱۰**	۱۵٦/۰۷٦*	۷۷۹/٦۱۳^{ns}	۱٤/۰۰۱**	۱۷/۱٤۰*	٤٦/٦۰۱**	۲۵٤۵/۳۷۲*	۳۸۲۲۵۷۲۲/۹۳۵**	۸۹۹۷۸۸۷/۳۸۱**
اشتباه آزمایشی	۱٤٤	۰/۱۹۵	۰/۱۳۷	٦٦/٤۳۱	۷۳۱٤۳۲۰۵/٦۳	۷۸/۲۸۱	٤۸۵/۸۷۵	۸/۷۵۹	۱/۲۵٤	۷٦/۰۳۳	۲۱۰۱/۵٤۲	۵۵۹٤۳۵۹۹/۰۲	۱۰٦۹۲۹۱۹/۸۵۰
کل	۱۹۱												
ضریب تغییرات(درصد)		۰/٤۷	۱/٤۲	۸/۱۳	۷/۵۲	۱/۰۸	۲/۷۱	۱۲/٤	۷/۱٦	۳/۱٤	۹/٦۳	۷/۲۷	۹/٤٤

nsغیر معنی دار ، *,**به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱درصد

با بررسی مقایسه میانگین‌های درصد سبز کردن نهایی گیاهچه مشخص گردید که بذرهای دورگ SC704 که با مایه تلقیح تلفیق باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند از بیشترین درصد سبز کردن نهایی گیاهچه بر خوردار بوده و دورگ‌های B73×K18 و ۷۰۰ به‌ترتیب از این لحاظ در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند(جدول ۲). همچنین تلفیق دو باکتری *ازوتوباکتر* و *سودوموناس* و تلقیح بذر با تک تک این باکتری‌ها از نظر تأثیر بر افزایش درصد سبز کردن نهایی گیاهچه تأثیر بیشتری نسبت به سایر تیمارهای تلقیح باکتریایی بذر داشتند. دستیابی به تراکم بوته مطلوب در مزرعه عاملی اساسی برای تولید عملکرد مناسب گیاهان زراعی بوده و درصد سبز کردن نهایی گیاهچه در مزرعه شاخصی برای استقرار بوته در مزرعه و ایجاد تراکم بوته در واحد سطح کافی محسوب می‌شود(TeKrony *et al.*, 1989).

PGPR به‌کار برده شده در این آزمایش احتمالاً از طریق تولید هورمون‌های افزاینده رشد و مهار زیستی بیماری‌های گیاهچه سبب رشد و نمو و سبز کردن بیشتر گیاهچه‌ها در مزرعه گردیده و بدین ترتیب باعث استقرار بهتر بوته‌ها در مزرعه شده‌اند.

با مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها و PGPR بر سرعت سبز کردن گیاهچه مشخص شد که بیشترین سرعت سبز کردن گیاهچه به ترتیب به کاربرد مایه تلقیح تلفیق باکتری‌های سه جنس و تلفیق دو باکتری *ازوتوباکتر* و *سودوموناس* برای تلقیح بذرهای دورگ SC704 مربوط می‌شود و در مرتبه بعدی بذرهای دورگ B73×K18 و SC700 تلقیح شده با تلفیقی از باکتری‌های سه جنس قرار می‌گیرند(جدول۲). سرعت سبز کردن گیاهچه نشانگر توانایی استقرار سریع بوته و دستیابی به تراکم بوته مطلوب گیاه زراعی است. Hafeez و همکاران(2004) افزایش ۳تا ۹ درصدی میزان سبز کردن گیاهچه در مزرعه ژنوتیپ‌های پنبه در اثر کاربرد PGPR را گزارش کردند. همچنین Vasudevan و همکاران(2002) سبز کردن گیاهچه و استقرار بوته سریع‌تر برنج در اثر کاربرد PGPR را مشاهده کردند. بررسی تجزیه وتحلیل مرکب داده‌های درجه روزهای مراحل رشد و دوره‌های نموی سبز کردن گیاهچه، رشد رویشی و پر شدن دانه نشان دادند که اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR برای درجه روزهای سبز کردن گیاهچه و دوره پر شدن دانه معنی دار بوده و درجه روزهای دوره رشد رویشی در سال‌های اجرای آزمایش متفاوت بوده و نیز تحت تأثیر اثر متقابل دورگ‌ها و PGPR قرار گرفته است(جدول ۱).

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR برای درجه روزهای سبز کردن گیاهچه مشخص کرد که در هر دو سال واحدهای گرمایی کمتری برای سبز کردن گیاهچه دورگ SC704 که بذرهای آن با باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند مورد نیاز بوده است (جدول۲). همچنین، در هر دو سال دورگ‌های B73×K18 و SC700 که بذرهای آنها با باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند و سپس تیمارهای تلقیح بذر دورگ‌ها با تلفیقی از دو باکتری *ازوتوباکتر* و *سودوموناس* و با تک تک این باکتری‌ها از لحاظ میزان درجه روزهای مورد نیاز برای سبز کردن گیاهچه در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند(جدول۲).

بر اساس این نتایج دورگ‌ها در سال‌های آزمایش تاریخ سبز کردن گیاهچه متفاوتی داشته‌اند و واحدهای گرمایی مورد نیاز برای سبز کردن گیاهچه دورگ‌ها، تحت تیمار تلقیح باکتریایی مختلف در سال‌های اجرای آزمایش متفاوت بود. Zahir و همکاران(2000) تلقیح بذرهای ذرت با باکتری‌های جنس *ازوتوباکتر* که دارای توانایی تولید اکسین بالا بودند را در بروز اثرات افزاینده رشد گیاهچه‌ها موثر دانستند.

جدول ۲- مقایسه میانگینهای ویژگیهای سبز کردن گیاهچه و زیستگردی

تیمار		ویژگیها						
		درصد سبز کردن نهایی گیاهچه	سرعت سبز کردن گیاهچه (گیاهچه/روز)	درجه روزهای سبز کردن گیاهچه (سال اول)	درجه روزهای سبز کردن گیاهچه (سال دوم)	درجه روزهای رشد رویشی	درجه روزهای دوره پر شدن دانه (سال اول)	درجه روزهای دوره پر شدن دانه (سال دوم)
SC704	شاهد (بدون تلقیح)	۹۷/۱٦٥k	٦/٤۳٤s	۱۲٦/۷٥۰c	۱۲٥/۱۷٥cd	۸٦۳/۲۲٥j	۷۷۹/۸٥۰s	۷۸۰/۲۷٥rs
	Az	۹۷/۱۱۲d	٦/۹۳۹d	۸٥/۹٥۰o	۸۳/۸۰۰p	۸۱۰/۳۳۸d	۸٥۲/۸۷٥f	۸٥۳/۳٥۰ef
	As	۹٤/۸٥۰gh	٦/٦۸۳p	۱٤۲/۹٥۰d	۱۱۹/۹٥۰e	۸۳۸/۹۸۸gh	۷۸۸/٦۷٥p	۷۸۸/۸۰۰p
	Ps	۹۷/۱٤۹cd	٦/۸٦۰h	۹۷/۲۲٥jk	۹٥/٦۷٥k	۸۱۲/۷۸۸de	۸٤۲/۸۷٥i	۸٤۷/٦۲٥h
	Az+As	۹٦/۱۹٤de	٦/۷۹۸k	۱۰۲/٤۷٥hi	۹۹/۹۲٥i	۸۳٤/۷۲٥g	۸۰۱/٦٥۰l	۸۰۹/٤۰۰k
	Az+Ps	۹۸/۲۱۷b	٦/۹۷۸b	۸۱/٦٥۰q	۸۱/٦٥۰q	۸۰۱/٤۷٥c	۸٥٥/٦٥۰cd	۸٥٥/۸۰۰cd
	As+Ps	۹٥/٥۱۲ef	٦/۷٥۷m	۱۱۲/۳۰۰fg	۱۰۹/٤۷٥g	۸٤۱/۸۰۰h	۷۹٥/۲٥۰m	۷۹٥/۲٥۰m
	Az+As+Ps	۹۹/۱٤٤a	۷/۰۱٦a	۷٥/۹٥۰s	۷۰/۲٥۰t	۷۷۹/۹۲٥a	۸۷۱/۷٥۰b	۹۳٥/۰۲٥a
SC700	شاهد (بدون تلقیح)	۸۹/۸۰۰m	٦/۰۸۲u	۱۳۹/٦۰۰a	۱۳۳/٦٥۰ab	۸٦۷/۹۲٥jk	۷۷۰/۸٥۰u	۷۷۲/۲٥۰tu
	Az	۹٤/۹۱۲g	٦/۸٦٥g	۹٤/٦۲٥kl	۹۳/۱٥۰l	۸۱۸/۰۲٥ef	۸٤۹/٦۷٥gh	۸٥۰/۸۷٥g
	As	۹۲/٥۸۱j	٦/٥۱۳r	۱۲٦/۷٥۰c	۱۲٥/۱۷٥cd	۸۷۰/۷۷٥k	۷۸۰/٤٥۰rs	۷۸۱/٤٥۰r
	Ps	۹٥/٦۳۱ef	٦/۸۲۰j	۹۹/۸٥۰i	۹۹/۸٥۰i	۸۲٦/۲٦۳fg	۸۲۸/۷۷٥jk	۸۳۲/٦۷٥i
	Az+As	۹٤/۷٤٤h	٦/۷٦۷l	۱۰٦/۳۰۰h	۱۰٦/۳۰۰h	۸٤٥/۷٦۲hi	۷۹٥/۳٥۰m	۷۹٥/۳٥۰m
	Az+Ps	۹٦/۱۰٦de	٦/۸۷۳fg	۸۸/٤۷٥mn	۸۸/۱۰۰n	۸۱٤/۸۳۸e	۸٥٤/٤۰۰e	۸٥٥/۱۷٥cd
	As+Ps	۹۳/٥٥۷ef	٦/۷۰۸o	۱۱۹/٤٥۰e	۱۱۹/٤٥۰e	۸٥٦/۹۷٥ij	۷۹۱/۱۷٥o	۷۹۲/۱۰۰no
	Az+As+Ps	۹۷/۱٤٤cd	٦/۸۷٥f	۷۷/۷۰۰r	۷۷/٥۰۰r	۷۸٦/۲۳۸ab	۸٥٥/۹۲٥cd	۸٥٦/۷۲٥c
B73×K18	شاهد(بدون تلقیح)	۹۰/۰۷٥ l	۶/۴۱۵ t	۱۲۹/۱۷۵ b	۱۲۷/۹۵۰ bc	۸۶۶/۵۲۵ jk	۷۷۴/۲۵۰ t	۷۷۷/۰۰۰ st
	AZ	۹۶/۲۱۹ de	۶/۸۸۲ e	۹۲/۰۵۰ lm	۹۲/۰۵۰ lm	۸۱۶/۴۸۸ ef	۸۵۱/۱۵۰ g	۸۵۲/۴۷۵ fg
	AS	۹۳/۹۱۳ i	۶/۵۶۶ q	۱۲۴/۹۵۰ d	۱۲۴/۹۵۰ d	۸۵۶/۱۵۱ ij	۷۸۳/۹۰۰ q	۷۸۷/۱۵۰ pq
	PS	۹۶/۰۵۰ e	۶/۸۳۱ i	۹۸/۵۵۰ ij	۹۸/۲۰۰ j	۸۲۲/۵۲۵ f	۸۴۰/۸۵۰ ij	۸۴۲/۴۵۰ i
	AZ+AS	۹۵/۴۷۵ ef	۶/۷۹۴ ki	۱۰۳/۶۰۰ h	۱۰۳/۶۰۰ h	۸۴۱/۳۸۸ h	۸۰۰/۹۰۰ lm	۸۰۱/۱۵۰ l
	AZ+PS	۹۷/۲۵۶ cd	۶/۹۳۹ d	۹۰/۰۵۰ lm	۸۹/۵۰۰ m	۸۱۴/۱۲۵ e	۸۵۵/۴۲۵ cd	۸۵۵/۶۵۰ cd
	AS+PS	۹۵/۳۲۵ f	۶/۷۳۳ n	۱۱۵/۶۰۰ ef	۱۱۳/۹۵۰ f	۸۵۴/۳۵۹ i	۷۹۳/۸۰۰ n	۷۹۴/۰۰۰ mn
	AZ+AS+PS	۹۷/۷۰۵ c	۶/۹۴۱ c	۷۵/۹۶۰ s	۷۵۰/۹۰۰ s	۷۸۱/۸۸۸ ab	۸۵۷/۱۲۵ c	۸۶۸/۸۷۵ bc

* در هر ستون میانگینهایی که حداقل در یک حرف یکسان باشند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند

Hafeez و همکاران(2004) نیز سبز کردن گیاهچه سریع‌تر گیاهچه‌های ارقام پنبه بر اثر تلقیح بذر با PGPR مختلف از جمله *ازوتوباکتر* را گزارش کرده‌اند و ترشح اسید ایندول ۳- استیک توسط این باکتری را در بروز این پاسخ مؤثر دانسته اند. سبز کردن گیاهچه در ارتباط با دستیابی به تراکم بوته مطلوب و عملکرد ذرت مرحله مهمی محسوب می‌شود(TeKrony, *et al.*, 1989). سبز کردن سریع‌تر گیاهچه امکان رهایی از خطر بیماری‌های گیاهچه و بهره برداری بیشتر از فصل رشد را فراهم می‌سازد(Kloepper , *et al.*, 1986).

مقایسه میانگین‌های اثر سال بر درجه روزهای دوره رشد رویشی نشان داد که رشد رویشی در سال دوم آزمایش به درجه روزهای بیشتری نسبت به سال اول نیاز داشته و در نتیجه دوره رشد رویشی در سال دوم طولانی تر بوده است(شکل۱). همچنین، مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها و PGPR برای درجه روزهای دوره رشد رویشی نشان داد که دورگ SC700 که بذرهای آن با باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بود برای تکمیل دوره رشد رویشی نیاز به واحدهای گرمایی کمتری نسبت به دیگر دورگ‌ها و تیمارهای تلقیح باکتریایی داشته است و دورگ‌های B73×K18 و SC704 تحت همین تیمار تلقیح باکتریایی و تلقیح بذر دورگ‌ها با تلفیقی از دو باکتری *ازوتوباکتر* و *سودوموناس* و با تک تک این باکتری‌ها در مرتبه‌های بعدی قرار گرفتند(جدول۲). بنابراین، مشخص می‌شود که از نظر طول دوره رشد رویشی در سال‌های اجرای آزمایش، دورگها تفاوت داشته‌اند و نیز PGPR تأثیر متفاوتی بر طول دوره رشد رویشی دورگ‌ها داشته و پاسخ دورگ‌ها به تلقیح باکتریایی متفاوت بوده است .

مرحله رشد رویشی ذرت شامل مرحله رشد رویشی اولیه(سبز کردن گیاهچه تا طویل شدن سریع ساقه) و مرحله رشد رویشی اصلی(طویل شدن سریع ساقه تا ظاهر شدن گل تاجی) است(Stevense, *et al.*, 1986) و این مراحل با تشکیل و سبز کردن پی در پی برگ‌ها(Orkwizewzky and Poething, 2000) و رشد ساقه و افزایش ارتفاع بوته مشخص می‌شود(Poething, 1994). در حالت کلی، کوتاه‌تر بودن دوره رشد رویشی به نفع رشد زایشی است(Daynard, *et al.*, 1971). احتمال دارد که PGPR به‌کار برده شده در این بررسی با سازوکار تولید هورمون‌های تحریک کننده رشد موجب کاهش دوره رشد رویشی دورگ‌های مورد بررسی در سال‌های آزمایش شده‌اند.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR بر درجه روزهای دوره پر شدن دانه نشان داد که در هر دو سال دورگ SC700 که بذرهای آن با باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند برای تکمیل دوره پرشدن دانه به واحدهای گرمایی بیشتری نسبت به دیگر دورگ‌ها و تیمارهای تلقیح باکتریایی دیگر نیاز داشته است و دورگ‌های SC704 و B73×K18 تحت همین تیمار تلقیح باکتریایی و تلقیح بذر دورگ‌ها با تلفیقی از دو باکتری *ازوتوباکتر* و *سودوموناس* و با تک تک این باکتری‌ها در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند(جدول ۲). بر این مبنا، دورگ‌ها در سال‌های اجرای آزمایش تحت اثر PGPR برای تکمیل دوره پر شدن دانه به واحدهای گرمایی متفاوتی نیاز داشته‌اند.

دوره پر شدن دانه مرحله اصلی تشکیل عملکرد دانه ذرت بوده و طولانی تر بودن این دوره امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از مبداء به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می سازد(Grant, 1989). Daynard و همکاران(1971) وجود تفاوت ۴ روزه در طول دوره پر شدن دانه بین دورگ‌های ذرت را مشاهده کردند. بنابراین تفاوت طول دوره پر شدن دانه

دورگ‌های مورد بررسی دور از انتظار نبوده است و احتمال دارد که PGPR با تولید هورمون‌های تحریک نده رشد و تأمین عناصر غذایی امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه را فراهم ساخته‌اند. بنابراین، کاربرد PGPRموجب بهبود ظاهر شدن و استقرار گیاهچه در مزرعه دورگ‌های ذرت مورد بررسی در شرایط منطقه و سال‌های اجرای آزمایش شده است. با توجه به تأثیر جیبرلین‌ها برتسریع فلور و رشد و نمو برگ(de Souza and Mac Adam, 2001) ، سیتوکینین‌ها بر رشد و نمو ذرت(He, *et al.*,2005) و تولید هورمون‌های تحریک کننده رشد به‌وسیله PGPR (Zahir, *et al.*, 2004)، احتمالاً کاربرد PGPR سبب تغییر فنولوژی دورگ‌های ذرت مورد بررسی در شرایط منطقه و سال‌های اجرای آزمایش در جهت بهبود رشد و نمو وعملکرد دانه دورگ‌ها شده است.

عملکرد علوفه سیلویی

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها مشخص کرد که عملکرد علوفه سیلویی در هکتار و وزن خشک علوفه در هکتار تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفتند(جدول ۱). بررسی میانگین عملکرد علوفه در هکتار مشخص ساخت که بر اثر تلقیح بذر دورگ SC704 با باکتری‌های هر سه جنس بیشترین عملکرد علوفه به مقدار ۷۹۷۴۶/۳۵ کیلوگرم در هکتار در سال دوم اجرای آزمایش تولید شد. این تولید نسبت به پایین ترین عملکرد علوفه که به دورگ SC700 در تیمار شاهد (بدون تلقیح) در سال اول مربوط بود ۲۶/۱۴ درصد افزایش نشان داد. همچنین، از لحاظ میزان علوفه تولید شده دورگ B73×K18 در تیمار تلقیح با باکتری‌های سه جنس در سال دوم آزمایش با تولید ۷۸۶۹۵/۳۶ کیلوگرم در هکتار علوفه و دورگ SC704 در تیمار تلقیح با باکتری‌های ازوتوباکتر کروکوکوم و سودوموناس فلورسنس با تولید ۷۸۴۵۶/۸۱ کیلوگرم در هکتار در سال دوم آزمایش به ترتیب در مرتبه‌های بعدی قرار گرفتند. کمترین مقدار علوفه در هکتار نیز در هر سه دورگ به تیمار شاهد(بدون تلقیح) در سال اول آزمایش مربوط بود(شکل۲). بررسی میانگین‌های وزن خشک علوفه(زیست توده) در هکتار مشخص کرد که دورگ SC704 و B73×K18 که بذرهای آنها با باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند در سال دوم اجرای آزمایش به ترتیب بالاترین وزن خشک علوفه در هکتار را تولید کردند. همچنین کمترین وزن خشک علوفه در هکتار در هر سه دورگ با تیمار بدون تلقیح بذر به‌دست آمد و در تیمار تلقیح بذر با باکتری‌های سه جنس۲۶ درصد افزایش وزن خشک علوفه در هکتار نسبت به شاهد(بدون تلقیح) مشاهده شد (جدول۳).

Nanda و همکاران(1995) گزارش نمودند که تلقیح بذرهای ذرت با باکتری‌های *ازوتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* سبب افزایش عملکرد علوفه گردید و Chabot و همکاران(1993) نیز افزایش ۳۳ درصدی وزن‌تر بوته ذرت در اثر تلقیح بذر با این باکتری را گزارش کردند. بررسی Stancheva و همکاران(1992) افزایش وزن خشک بوته در مرحله شیری شدن دانه‌های ذرت بر اثر تلقیح بذرها با باکتری *آزوسپیریلوم برازیلنس* را نشان داد و Zahir و همکاران(2000) افزایش ۱۸درصدی وزن خشک بوته ذرت که بذرهای آن با باکتری‌های *ازوتوباکتر* و *سودوموناس* تلقیح شده بودند را گزارش کردند. همچنین Rosta و همکاران(1999) افزایش وزن خشک بوته ذرت دورگ SC704 در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های جنس *آزوسپیریلوم* را مشاهده کردند. Kapulnik و همکاران(1982) افزایش وزن تر و خشک برگ‌های ذرت که بذرهای آن با باکتری *آزوسپیریلوم* تلقیح شده بودند، Rohitashav-Singh و همکاران(1993) و Hernandez و همکاران(1995) افزایش تعداد برگ‌های بوته ذرت تلقیح شده با باکتری

سودوموناس فلورسنس را مشاهده نمودند. این اثر با توجه به این‌که جیبرلین‌ها سبب افزایش رشد طولی سلول‌ها به ویـژه مـیان گـره‌هـای سـاقه و اکـسین‌هـا مـوجـب تقسیمات سلولی بیشتر می‌شوند و بـدین ترتیـب افـزایش ارتفاع بوته ، قطر ساقه ، تعداد برگ‌های بوته و برگ‌های بالای بلال شـده و در نتیجـه در تولیـد بیـشتر علوفـه مـؤثر باشند، قابل توجیه می‌گردد. چنین به نظر می‌رسـد کـه در این پژوهش نیز در اثر تلقیح باکتریایی بذر، روابط مثبـت بین گیاه ذرت و این باکتری‌ها تقویت گردیده و منجر بـه افزایش عملکرد علوفه سیلویی شده است.

عملکرد دانه

تجزیـه و تحلیـل مرکـب داده‌هـا مـشخص سـاخت کـه عملکرد دانه در هکتار و وزن دانه در بوته تحت تأثیر اثـر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR قرار گرفتنـد(جـدول ۱). بررسی میانگین عملکرد دانه در هکتـار مـشخص سـاخت که دورگ SC700 تحت تیمار تلقیح بذر با باکتری‌هـای سه جنس بالاترین مقدار(۱۸۷۱۱/۲۵ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرده است که ۳۷/۱۸ درصد بالاتر از پایین ترین عملکـرد دانـه(تیمـار بـدون تلقـیح بـذر) اسـت(شـکل۳). عملکرد دانه در هکتار دورگ‌های SC700 درسال اول و SC704 در سـال دوم نیـز بـه ترتیـب بـا تولیـد ۱۸۱۳۷ و ۱۷۷۵۵ کیلـوگرم در هکتـار در مرتبـه‌هـای بعـدی قـرار داشتند(شکل۳). همچنین مشخص گردید که در هـر سـه دورگ تلقیح بذر با دو باکتری *ازوتوباکتر کروکوکوم* و *سودوموناس فلورسنس* از عملکرد دانه بالاتری نـسبت بـه سـایر ترکیـب‌هـای دو بـاکتری برخـوردار بـوده اسـت. کمترین عملکرد دانه در هکتار برای هـر سـه دورگ نیـز در تیمار شاهد (بدون تلقیح بذر) مـشاهده گردیـد(شـکل۳). بـا بررسـی میـانگین وزن دانـه در بوتـه نیـز رونـد مـشابهی مشاهده شده، به طوری که بیشترین وزن دانـه در بوتـه در تیمار تلقیح بذر دورگ SC700 با باکتری‌های سه جـنس حاصـل گردیـده اسـت (جـدول۳). Zahir و همکـاران (1998) افزایش ۱۹/۸ درصدی عملکرد دانه ذرت بر اثـر تلقیح توأم بذر با باکتری‌هـای *ازوتوبـاکتر* و *سـودوموناس* را گزارش کردنـد. همچنـین، Tilak و همکـاران(1982) افـزایش عملکـرد دانـه ذرت بـر اثـر تلقـیح تـوأم بـذر بـا بـاکتری‌هـای *ازوتوبـاکتر کروکوکـوم* و *آزوسـپیریلوم برازیلنس* را مشاهده کردند.

همچنـین Frioni و Fulchieri(1994) افـزایش تعـداد دانه‌های بلال در اثر تلقیح بذر با بـاکتری *آزوسـپیریلوم* را گزارش نمودند. ترشح مـواد تنظـیم کننـده رشـد گیـاه و تحریـک کننـده رشـد ماننـد اکـسین‌هـا(Fallik, *et al.*, 1989)، جیبـرلین‌هـا (Lucangeli and Bottini,1997) توسط *آزوسپیریلوم برازیلنس*،همچنین ترشح اکـسین‌هـا، جیـرلین‌هـا و سـیتوکینین‌هـا بـه وسـیله *ازوتوبـاکتر کروکوکـوم* (Martinez-Toledo, *et al.*, 1988) به‌دلیل همیاری ایـن باکتری‌ها با ریـشه ذرت مهـم‌تـرین سـازوکار بـرای افزایش رشد و عملکرد دانه ذرت گـزارش شـده اسـت. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این بخش پژوهش و این واقعیت که باکتری‌های مورد استفاده دارای قابلیت تولیـد هورمون‌های محرک رشد گیـاه هـستند، بنـابراین بـه نظـر مـی‌رسـد کـه همـین سـازوکار در افـزایش عملکـرد دانـه دورگ‌های مورد بررسی مؤثر بوده است.

تسهیم ماده خشک

تجزیه و تحلیل مرکب واریانس داده‌های تسهیم مـاده خشک بوته در مزرعـه نـشان داد کـه وزن خـشک بوتـه، دانـه و شـاخص برداشـت تحـت تـأثیر اثـر متقابـل سـال، دورگ‌هـا و PGPR قـرار گرفتنـد (جـدول۱). مقایـسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR مشخص سـاخت کـه بـالاترین وزن خـشک بوتـه در سـال دوم بـه دورگ SC704 تلقـیح شـده بـا بـاکتری‌هـای سـه جـنس مربوط بود که نسبت به وزن خـشک بوتـه در تیمـار عـدم تلقیح بذرهای دورگ SC700 در سال اول ۵۶/۵۸ درصد افزایش نشان می‌دهد(جدول۳).

جدول ۳- مقایسه میانگینهای عملکرد علوفه سیلویی و عملکرد دانه.

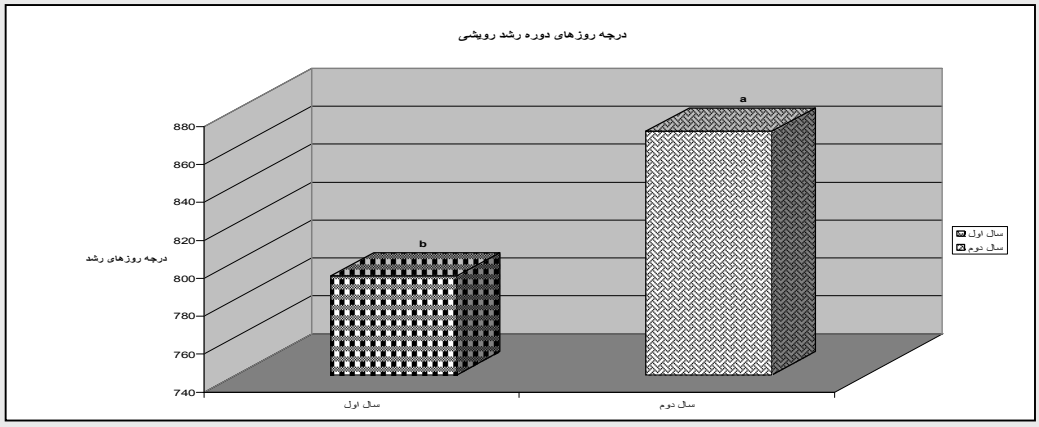
ویژگیها									
تیمار		عملکرد علوفه در هکتار (کیلوگرم) (سال اول)	عملکرد علوفه در هکتار (کیلوگرم) (سال دوم)	وزن خشک علوفه در هکتار (کیلوگرم) (سال اول)	وزن خشک علوفه در هکتار (کیلوگرم) (سال دوم)	عملکرد دانه در هکتار (کیلوگرم) (سال اول)	عملکرد دانه در هکتار (کیلوگرم) (سال دوم)	عملکرد دانه هر بوته (گرم) (سال اول)	عملکرد دانه هر بوته (گرم) (سال دوم)
SC704	شاهد (بدون تلقیح)	۶۳۶۵۰/۴۹p	۶۶۶۵۰/۴۹n	۸۹۶۰o	۹۲۷۱n	۱۲۲۸۷s	۱۲۰۷۵st	۱۶۳/۵r	۱۶۱s
	Az	۷۲۶۱۹/۶۳gh	۷۴۸۲۱/۴۳de	۱۸۲۱۰g	۲۰۶۱۰de	۱۵۶۸۷hi	۱۵۸۷۵/۵h	۲۰۹/۲۵f	۲۱۱/۶۷۲ef
	As	۶۶۴۰۸/۵۷no	۶۹۸۹۹/۵۹j	۱۱۱۵۰m	۱۶۹۵۴hi	۱۳۰۲۵qr	۱۳۲۰۰pq	۱۸۲/۵me	۱۷۶o
	Ps	۷۱۰۰۷/۶۸hi	۷۳۱۰۸/۶۶g	۱۶۸۹۰i	۱۸۹۸۹f	۱۴۹۷۵jk	۱۴۷۱۵kl	۱۹۹/۷۵h	۱۹۶/۷i
	Az+As	۶۹۰۴۰/۸۲k	۷۰۹۵۱/۹۱hi	۱۶۱۰۰j	۱۸۲۱۲g	۱۴۵۰۰lm	۱۴۶۷۰kl	۱۹۳/۲۵k	۲۱۶۷۷۳de
	Az+Ps	۷۶۳۴۴/۷۲c	۷۸۴۵۶/۸۱b	۲۱۹۱۰cd	۲۳۹۳۱b	۱۶۳۰۰ef	۱۶۲۵۵ef	۲۱۶۷۷۵de	۱۹۵/۶j
	As+Ps	۶۷۶۹۹/۵۶m	۶۸۵۱۹/۷۲kl	۱۴۸۹۰k	۱۲۷۴۱l	۱۳۶۷۵no	۱۳۷۷۵n	۱۷۳/۷۵p	۱۸۳/۶۶m
	Az+As+Ps	۷۷۵۲۷/۷۴bc	۷۹۷۴۶/۳۵a	۲۲۵۸۰c	۲۴۹۱۰a	۱۷۵۷۵c	۱۷۷۵۵bc	۲۳۴/۵bc	۲۳۶۷۳۳b
SC700	شاهد (بدون تلقیح)	۵۸۸۹۴/۴۶s	۶۰۲۹۵/۶۵qr	۸۰۹۰p	۹۱۹۲no	۱۲۳۹۲/۵rs	۱۲۵۸۹/۵r	۱۵۸t	۱۶۷/۸۶q
	Az	۷۲۳۸۸/۷۴h	۷۳۹۸۱/۴۸f	۱۷۴۴۰h	۱۹۷۸۴e	۱۵۸۲۵/۵h	۱۶۱۹۲/۵fg	۲۱۱/۲۵ef	۲۱۵/۹۰۳de
	As	۶۴۲۵۸/۱۶op	۶۸۸۵۲/۸۲kl	۹۶۹۰n	۱۴۹۷۱k	۱۳۱۲۵q	۱۳۴۵۵/۵p	۱۹۱/۲۵l	۱۷۹/۴۱no
	Ps	۶۹۱۹۸/۵۰jk	۷۰۱۹۸/۵۱ij	۱۶۲۶۰ij	۱۸۶۷۴fg	۱۵۱۲۵j	۱۵۲۸۵hj	۲۰۱/۷۵gh	۲۰۳/۸g
	Az+As	۶۸۰۵۸/۲۰l	۶۹۰۱۸/۴۱k	۱۵۵۲۰jk	۱۷۹۲۴gh	۱۴۵۷۵l	۱۴۷۷۵kl	۱۹۴/۵jk	۲۲۳/۷۴cd
	Az+Ps	۷۳۲۲۵/۲۰g	۷۵۴۵۴/۴۱d	۱۹۰۲۰ef	۲۱۴۰۱d	۱۶۵۰۰e	۱۶۷۸۰/۵de	۲۲۰d	۱۹۷hi
	As+Ps	۶۶۸۴۰/۷۹n	۶۶۴۸۹/۵۹no	۱۲۶۸۰l	۱۰۹۱۰mn	۱۴۳۵۰mn	۱۴۵۲۵m	۱۷۵op	۱۹۳/۶۶۶k
	Az+As+Ps	۷۳۴۴۳/۲ fg	۷۵۶۴۴/۷۹ d	۱۹۰۹۰ ef	۲۲۴۱۴ c	۱۸۱۳۷ b	۱۸۷۱۱/۲۵ a	۲۴۱/۷۵ ab	۲۴۹/۴۸۳ a
B73×K18	شاهد (عدم تلقیح)	۵۹۸۹۳/۲۲r	۶۱۹۸۴/۴۲q	۸۳۰۰op	۹۲۱۱no	۱۱۸۷۵t	۱۱۷۵۵/۱۵u	۱۵۸t	۱۵۶۷۷۳۵u
	Az	۷۲۵۷۹/۷۰gh	۷۴۶۹۷/۷۱e	۱۷۴۴۰h	۱۹۸۵۱e	۱۵۶۳۷/۵hi	۱۵۵۲۵/۲۵i	۲۰۸/۷۵fg	۲۰۷fg
	As	۶۵۶۹۶/۷۵o	۶۹۳۹۵/۲۹j	۱۰۵۲۰mn	۱۶۹۱۱hi	۱۳۰۰۰qr	۱۳۱۲۵q	۱۸۱/۵n	۱۷۵op
	Ps	۷۰۲۳۳/۸۰i	۷۲۴۶۸/۹۱h	۱۶۵۹۰ij	۱۸۹۵۱f	۱۴۶۱۲/۵l	۱۴۸۷۲k	۱۹۴/۷۵jk	۱۹۸۳hi
	Az+As	۶۸۱۴۶/۹۵l	۷۰۲۶۶/۹۲i	۱۵۹۶۰j	۱۷۸۷۴gh	۱۴۴۵۰m	۱۴۵۳۵/۲lm	۱۹۲/۷۵l	۲۱۳/۳۴ef
	Az+Ps	۷۳۶۴۰/۸۱fg	۷۵۹۴۵/۴۲cd	۲۰۴۴۰de	۲۲۶۴۴bc	۱۶۱۷۵g	۱۶۰۰۰/۵gh	۲۱۵/۵e	۱۹۳/۸۰۳jk
	As+Ps	۶۷۱۹۱/۲۹mn	۶۷۹۸۷/۶۰lm	۱۴۵۵kl	۱۲۲۷۰lm	۱۳۶۲۵o	۱۳۶۲۵/۵o	۱۷۳/۲۵p	۱۸۱/۶۷۳n
	Az+As+Ps	۷۶۵۸۴/۸۴c	۷۸۶۹۵/۳۶ab	۲۲۲۱۰cd	۲۴۴۱۲ab	۱۷۲۵۰cd	۱۷۰۰۰/۲۵d	۲۲۹/۲۵c	۲۲۶/۶۷cd

- در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف یکسان باشند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند

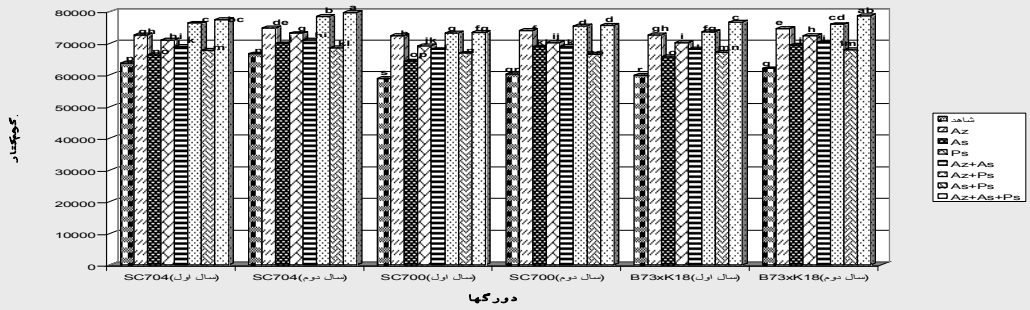
مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR برای وزن خشک دانه بالاتر بودن وزن خشک دانه دورگ SC700 در سال دوم را که بذرهای آن با باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند نشان می‌دهد و مقدار آن نسبت به وزن خشک دانه تیمارعدم تلقیح بذرهای دورگ B73×K18 در سال اول ۳۷/۱۸ درصد بیشتر می‌شود(جدول۳). با توجه به مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR برای شاخص برداشت مشخص گردید که بالاترین شاخص برداشت مربوط به تیمار تلقیح بذرهای دورگ SC700 با باکتری‌های سه جنس در سال دوم بود که نسبت به شاخص برداشت تیمار عدم تلقیح بذرهای دورگ SC704 در سال اول ۴۲/۸۴ درصد افزایش نشان می‌دهد(شکل۴). همچنین، در تیمارهای مختلف، شاخص برداشت در سال دوم بیشتر از سال اول بود. شاخص برداشت نسبتی از عملکرد بیولوژیک است که عملکرد اقتصادی را تشکیل می‌دهد و با افزایش تسهیم ماده خشک برای عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت افزایش می‌یابد. Javed و همکاران(1998) افزایش ۴۲/۶ درصدی وزن خشک بخش هوایی بوته ذرت با تلقیح بذر با PGPR را گزارش کردند.Frankenberger و Nieto(1991) نیز ۵ برابر شدن وزن خشک بخش هوایی بوته ذرت با کاربرد باکتری *ازوتوباکتر کروکوکوم* را مشاهده کردند. Zahir و همکاران(1998) افزایش ۱۹/۸ درصدی عملکرد دانه ذرت بر اثر تلقیح توأم بذر با باکتری‌های *ازوتوباکتر و سودوموناس* را گزارش کردند. همچنین، Tilak و همکاران(1982) افزایش عملکرد دانه ذرت بر اثر تلقیح توأم بذر با باکتری‌های *ازوتوباکتر کروکوکوم* و *آزوسپیریلوم برازیلنس* را مشاهده کرده‌اند.

بر اساس این نتایج مشخص می‌شود که شرایط محیطی بر وزن خشک بوته (زیست توده)، دانه و شاخص برداشت مؤثر بوده است و موجب افزایش این ویژگی‌ها شده است. به نظر می‌رسد که این اثر به علت مساعدتر بودن شرایط محیطی مانند دما و خاک و مدیریت مزرعه، در سال دوم مشهودتر شده است. همچنین دورگ‌های مورد بررسی از نظر میزان وزن خشک بوته، ماده خشک اختصاص یافته به دانه و شاخص براشت با یکدیگر متفاوت بوده‌اند. PGPR مورد بررسی در این پژوهش نیز با تأثیر بر میزان وزن خشک بوته و ماده خشک اختصاص یافته به دانه سبب تغییر شاخص برداشت شده است و با تغییر الگوی تسهیم و تخصیص ماده خشک دورگ‌های ذرت مورد مطالعه، موجب افزایش وزن خشک دانه‌ها شده‌اند که این امر، بیانگر افزایش عملکرد دانه است. تفاوت شاخص برداشت دورگ‌ها را می‌توان به اصلاح دورگ SC700 به عنوان دورگ دانه‌ای و دو منظوره(دانه‌ای- علوفه‌ای) بودن دورگ‌های دیگر نیز نسبت داد. افزایش شاخص برداشت تحت تأثیر کاربرد PGPR نیز با توجه به اثر آنها بر رشد رویشی و رشد زایشی توجیه پذیر است. چنین می‌توان بیان داشت که PGPR با تأثیر بر تسهیم وزن خشک بوته و تخصیص ماده خشک بیشتر به دانه سبب افزایش شاخص برداشت شده‌اند و این افزایش در دورگ SC700 چشمگیرتر بوده است.

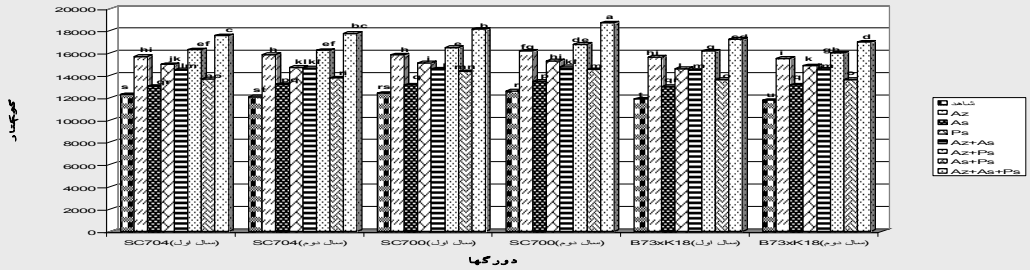
بنابراین ملاحظه می‌گردد که الگوی تسهیم ماده خشک در دورگ‌های مورد مطالعه متفاوت و منطبق برنوع دورگ‌ها(دانه‌ای یا دو منظوره بودن آنها) بوده و کاربرد PGPR تأثیر قابل توجهی بر روند تجمع ماده خشک در اندام‌های رویشی و زایشی دورگ‌ها داشته است، به طوری که موجب تغییر تخصیص ماده خشک و شاخص برداشت در جهت افزایش عملکرد دانه و علوفه این دورگ‌ها شده است. بر اساس نتایج به دست آمده از بخش‌های مختلف این پژوهش چنین مشخص می‌شود که در اثر سازوکارهای احتمالی، رابطه متقابل بین PGPR و دورگ‌های ذرت به‌کار رفته به‌وجود آمده و روابط مثبت بین گیاه ذرت و این باکتری‌ها تقویت گردیده که موجب افزایش رشد رویشی و بهبود رشد زایشی شده است که به نوبه خود موجب افزایش رشد و نمو وعملکرد می‌گردد.



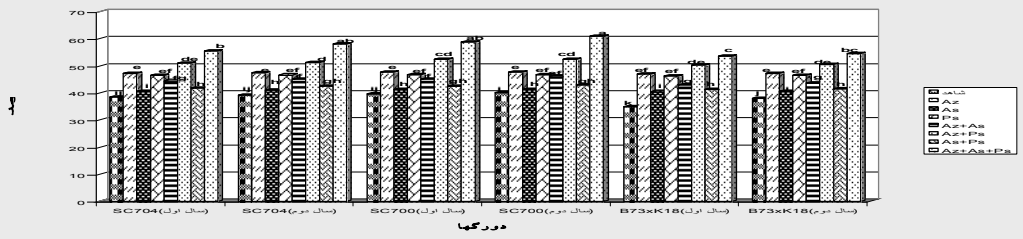
شکل ۱- مقایسه میانگین‌های اثر سال برای درجه روزهای رشد دوره رشد رویشی.



شکل۲- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل رقم و باکتری‌های ترغیب کننده رشد بر عملکرد علوفه در هکتار در سال‌های اجرای آزمایش



شکل۳- مقایسه میانگینهای اثر متقابل رقم و باکتریهای ترغیب کننده رشد بر عملکرد دانه در هکتار در سال‌های اجرای آزمایش.



شکل۴- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل رقم و باکتری‌های ترغیب کننده رشد بر شاخص برداشت در سال‌های اجرای آزمایش.

همچنین توانایی دورگ‌های دیررس ذرت مورد مطالعه در ایجاد گیاهچه‌ها و بوته‌هایی با قابلیت دستیابی به نیازهای خویش با کارایی بیشتر برای بهره گیری بهتراز عوامل محیطی در شرایط کاربرد PGPR از طریق تلقیح بذر مقایسه و دورگ برتر مشخص گردید و دورگ SC 704 از لحاظ رشد رویشی و ویژگی‌های مرتبط و تولید علوفه سیلویی و دورگ SC 700 از نظر عملکرد دانه، اجزای آن و ویژگی‌های مرتبط نسبت به بکارگیری باکتری‌های PGPR پاسخ بهتری بروز داده و دورگ B73×K18 حالت بینابینی داشته است. همچنین کاربرد مجموع PGPR مورد بررسی در این پژوهش به‌صورت مایه تلقیح بیشترین تأثیر مثبت را بر ویژگی‌های بررسی شده داشته است. چنین به نظر می‌رسد که PGPRتوانستند از طریق اثر هم افزایی[۲۷] برای عوامل تقویت کننده رشد و نمو و اثر آنتاگونیستی برای عوامل کاهنده رشد و نمو موجب افزیش سرعت و میزان رشد ونمو و عملکرد گردند.

با توجه به بررسی طیف گسترده‌ای از ویژگی‌ها و نتایج به‌دست آمده از آن در این پژوهش، از سیستم کشاورزی پایدار با نهاده کافی و اجرای تغذیه تلفیقی گیاه با به‌کارگیری کودهای زیستی باکتریایی به همراه کودهای شیمیایی در زراعت ذرت به‌عنوان رهیافتی بومشناختی، می‌توان به راهبردی برای دوران گذار از نظام کشاورزی متداول به نظام کشاورزی پایدار و در نهایت دستیابی به بوم نظام های کشاورزی پایدار دست یافت.

پی نوشت‌ها

1- Self sustainability
2. Biofertilizers
3. Integrated Plant Nutrient Management
4. Intensification
5- Transition period
6. Adequate Input Sustainable Agriculture (AISA) (IPNM)
7- Alternative agriculture
8- Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)
9- Nitragin
10- Hiltner and Nobbe
11- Amino cyclopropan-1-carbocxylic(ACC)
12- *Pseudomonas* spp.
13- *Azotobacter* spp.
14- *Azospirillum* spp
15- Emergence Promoting Rhizobacteria (EPR)
16- *Azotobacter chroococcum*
17- *Azospirillum lipoferum*
18- *Azospirillum brasilense*
19- *Pseudomonas fluoresens*
20- Field Emergence Rate(FER)
21- Hanway (1963)
22- Days After Planting(DAP)
23- Cummulative Growing Degree Days(GDD)
24-Harvest index
25-Pooling
26- Nested
27- Synergistic

منابع

Asadi-Rahmani, H., K. Khavazi, and A. Asgharzadeh (2005). Biofertilizers, chemical fertilizers alternative or complement? pp.32-41in: Necessity for the production of biofertilizers(2nd ed. by basic revision) Eds. Khavazi,K., Asadi-Rahmani, H. and Malakouti, M. J., Soil and Water Research Institute, Agriculture Research and Education Organisation, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Sena Pub.

Alexandratos, N. (2003). World agriculture:towards2015-30.*Congress on Global Food Security and Role of Sustainable Fertilization.* 26-28 March.2003. *Rome. Italy*.

Anonymus, (2003). *Iran corn production increasing plan(2nd. Ed.). Maize and forage crops board.* Plants production deputy of Ministry of Jihad-e-Agriculture.

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

Anonymus (2006). *Agriculture statistics, first volume,field and garden crops*

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. *Journal of Experimental Botany*, 52:1673-1682.

El-Meleigi, M. A. (1989). Effect of *Pseudomonas* isolates applied to maize,sorghum and wheat seeds on seedling growth and maize yield.*Canadian Journal of Plant Science*,69:101-108.

Fallik, E., S. Sarig, and Y. Okon (1994). *Morphology and physiology of plant roots associated with Azospirillum., pp.77-86. in: Azospirillum*/ plant associations, Ed., Okon, Y., CRC Press, Boca Raton, Fla.

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 Biology and Biochemistry*, 21:147-153.

Fulchieri, M. and L. Frioni (1994). *Azospirillum* inoculation on maize (*Zea mays* L.):effect on yield in a field experiment in central Argentina. *Soil Biology and Biochemistry*, 26:921-923.

Grant, R. F. (1989). Simulation of maize phenology. *Agronomy Journal*, 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 (2004-5). Statistics and information technology office of Economy and Planing deputy of Ministry of Jihad-e-Agriculture.

Apte, R. and S. T. Shend (1981). Studies on *Azotobacter chroococcum*. II. Effect of *Azotobacter chroococcum* on germination of seeds of agricultural crops. *Zentralblatt fur Bakteriologr-Parasiten Kunde.Infektion Skrankheien und Hygiene*. 136 :555-559.

Banerjee , M., R. L. Yesmin and J. K. Vessey (2006). Plant-growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers and biopesticides., pp.137-181.in:*Handbook of microbial biofertilizers*.Ed.,Rai, M., K., Food Production Press, U.S.A.

Biswas, J.C., J.K. Ladha, F.B. Dazzo, Y.G. Yanni and B.G. Rolfe (2000). Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. *Agronomy Journal*, 92:880-886.

Chabot, R., H. Antoun, and M. P. Cescas (1993). Stimulation of the growth of maize and lettuce by inorganic phosphorus- solubilizing micro-organisms. *Canadian Journal of Microbiology*, 39: 941-947.

Callan, N.W., D.E. Mathre and J.B. Miller (1991).Field performance of sweet maize seed bio-primed and coated with *Pseudomonas flurecence* AB254.*Hort Science*, 26:1163-1165.

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 mays* L.). *Crop Science* ,11:45-48.

and yield of corn. *Israel Journal of Botany*, 31:247-255.

Kloepper, J. W., R. M. Zablotowicz, E. M. Tipping and R. Lifshitz (1991). *Plant growth promoting mediated by bacterial rhizosphere colonizers ., pp: 315-326. in : The rhizosphere and plant growth.* Eds., Keister , D.L. and Cregan , P. B., Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

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 syshoots, 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., T. de la Rubia, J. Moreno and J. Gonzalez-Lopez (1988). Root exudates of *Zea mays* and production of auxins , gibberellins and cytokinins by *Azotobacter chroococcum*. *Plant and Soi*l, 110:149-152.

Nanda, S. S., K.C. Swain, S. C. Panda, A. K. Mohanty and M.A. Alim (1995). Effect of nitrogen and biofertilizers in fodder rainfed upland conditions of Orisa. *Current Agricultural Research*, 8:45-47.

Nieto, K. F. and W. T. Frankenberger (Jr.) (1991). Influence of adenine, isopentyl alcohol and *Azotobacter chroococcum* on the vegetative growth of cotton. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44:617-622.

Hanway, J. J. (1963). Growth stages of corn (*Zea mays* L.). *Agronomy Journal*, 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. *Journal of Experimental Botany*, 414:1117-1128.

Hernandez, A. N., A. Hernandez, and M. Heydrich (1995). Selection of rhizobacteria for use in maize cultivation. *Cultivos Tropicales,* 6 : 5-8.

Hussain A. and V. Vancura (1970). Formation of biologically active substances by rhizosphere bacteria and their effect on plant growth . *Folia Microbiology*, 15: 468-478.

Jacoud, C., D. Faure, P. Wadoux, and R. Bally (1999).Initiation of root groth simulation by *Azospirillum lipoferum* CRT1 during maize seed germination. *Canadian Journal of Microbiology*,45:339-342.

Javed, M., M. Arshad and K. Ali (1998). Evaluation of rhizobacteria for their growth promoting activity in maize. *Pakistan Journal of Soil Science*,14:36-42.

Kannayan, S. (2002). *Biofertilizers for sustainable crop production., pp:9-49. in: Biothecnology of biofertilizers.* Ed., Kannayan, Narosa Publishing House, New Delhi, India.

Kapulnik, Y.,Sarig, S. ,Nur, A., Okon, Y. and Henis, Y. 1982. The effect of *Azospirillum* inoculation on growth

activties and grain yield in maize. *Agronomie*, 12:319-324.

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. *Agronomy Journal*, 78:867-874.

TeKrony, D.M., Egli, D.B. and Wickham, D.A. 1989. Corn seed vigour effect on notillage field performance. I. *field emergence*. *Crop Science*, 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 Biology and Biochemistry*, 14 : 417-418.

Vasudevan, P., M. S. Reddy, S. Kavitha, P. Velusamy, D. PaulRaj, R. S., Purushothaman, S.M., Brindha V. Priyadarisini, S. Bharathkumar, J. W. Kloepper and S. S. Gnanamanickam (2002). Role of biological preparations in enhancement of rice seedling growth and grain yield. *Current Science*, 83:1140-1143.

Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. *Plant and Soil*, 255: 271-586.

Zahir, A. Z., M. Arshad and A. Khalid (1998). Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. *Pakistan Journal of Soil Science*, 15:7-11.

of *Zea mays* . *Plant and Soil*, 135:213- 221.

Orkwiszewski, J. A. J. and R.S. Poething (2000). Phase identity of the maize leaf is determined after leaf initiation. *Plant Biology*, 97:10631-10636.

Poething, R. S. (1994). The maize shoot. pp:3-10, in: The maize handbook, Eds., Freeling, M. and Walbot,V., Springer-Verlag, New York, Inc.

Ramamoorthy, K., N. Natarajan and A. Lakshmanan (2000). Seed biofortification with *Azospirillum* spp.for improvement of seedling vigour and productivity in rice(*Oryza sativa* L.). *Seed Science and Technology*,28:809-815.

Rohitashav-Singh, Sood , B.K. V. K. Sharma and R. Singh (1993). Response of forage maize (*Zea mays* L.) to *Azotobacter* inoculation and nitrogen. *Indian Jounal of Agronomy*, 38:555-558.

Rusta, M. J., N. Saleh-Rastin and M. Mazaheri-Assadi (1998). Occurrence and activity of Azospirillum in some soils of Iran. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 29:258-298.

Saxena, L. A. K. and K. V. B. R. Tilak (2002). *Biofertilizers to agument soil fertility and crop production.In:Soil fertility and crop production,* Krishna, K.R., (ed) Pp:279-312.Science Publishers: U.S.A.

Sharma, A. K. (2003). *Biofertilizers for sustainable agriculture*. Agrobios, India.

Stancheva, I., I. Dimitrev, N. Kuloyanova, A. Dimitrova and M. Anyelov (1992). Effects of inoculation with *Azospirillum brasiliense*, photosynthetic enzyme

Zahir, A. Z., S. A. Abbas, A. Khalid and M. Arshad (2000). Substrate dependnd microbially derived plant hormones for improving growth of maize seedlings. *Pakistan Journal of Biological Science*, 3:289-291.

Zahir, A. Z. M. Arshad, and W. F. Frankenberger (Jr.) (2004). Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy* , 81:97-168.