مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۱، شماره ۴، ۱۳۸۹ (۶۷۵-۶۶۵)

تأثیر باکتری‌های افزاینده رشد گیاه (PGPR) بر تسهیم ماده خشک بوته دورگ‌های دیررس ذرت

آیدین حمیدی[۱]*، رجب چوکان[۲]، احمد اصغرزاده[۳]، مجید دهقان شعار[۴]، امیر قلاوند[۵] و محمد جعفر ملکوتی[۶]
۱، ۴، استادیار و دانشیار پژوهش مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج، ۲، دانشیار پژوهش بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه‌ای مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ۳، استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ۵، ۶، دانشیار و استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
(تاریخ دریافت: ۸۷/۱/۱۴ - تاریخ تصویب: ۸۹/۲/۲۹)

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد مایه تلقیح چهار سویه باکتری‌های افزاینده رشد گیاه شامل ازوتوباکتر کروئوکوکوم، آزوسپیریلوم لیپوفروم، آزوسپیریلوم برازیلنس و پسودوموناس فلورسنس بر میزان تجمع و بررسی الگوی تسهیم ماده خشک اجزای بوته و شاخص برداشت دورگ‌های دیررس ذرت ۷۰۰، ۷۰۴ و دورگ امیدبخش B73×K18 آزمایشی در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج به صورت فاکتوریل اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل تلقیح بذر دورگ‌ها با مایه تلقیح هریک از باکتری‌ها، به تنهایی و یا تلقیح توأم با تلفیق دو و جنس سه باکتری و عدم تلقیح باکتریایی بعنوان تیمار شاهد بودند. با رسیدگی فیزیولوژیک دانه، وزن خشک کل بوته، ساقه، برگ‌ها، گل تاجی، دانه، پوشش‌های بلال و چوب بلال و شاخص برداشت تعیین شدند. نتایج نشان داد که به جز وزن خشک گل تاجی و پوشش بلال، سایر ویژگی‌های مورد بررسی تحت تأثیر اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR قرار گرفتند و بالاترین وزن خشک بوته، برگ، ساقه، و چوب بلال و بیشترین وزن خشک بلال، دانه و شاخص برداشت در سال دوم به ترتیب به دورگ SC704 و دورگ SC700 تلقیح شده با باکتری‌های سه جنس مربوط بوده است. همچنین در هر سه دورگ در دو سال آزمایش تیمار تلقیح بذر با باکتری‌های سه جنس بیشترین تأثیر بر تسهیم ماده خشک داشت. این تیمار سبب افزایش ۴۸، ۱۵ ،۴ و ۳۰ درصدی به ترتیب در تسهیم ماده خشک به بوته، برگ‌ها، ساقه و دانه و افزایش ۳۴ درصدی شاخص برداشت نسبت به شاهد (عدم تلقیح) شد و پس از آن، تیمار تلفیق باکتری‌های ازوتوباکتر و پسودوموناس و تلقیح با هر یک از باکتری‌های ازوتوباکتر و پسودوموناس به ترتیب در مرتبه‌های بعدی قرار گرفتند. نتایج این پژوهش، مشخص نمود که الگوی تسهیم ماده خشک در دورگ‌های مورد مطالعه بر اساس نوع دورگ‌ها، دانه‌ای یا دو منظوره (دانه‌ای و علوفه‌ای)، تحت تأثیر PGPR قرار گرفت. همچنین کاربرد PGPR موجب تغییر روند تسهیم ماده خشک به اندام‌های بوته گردیده به نحوی که ماده خشک مبداء (اندام‌های فتوسنتزکننده مانند برگ‌ها) و مقصد (اندام ذخیره‌ای مانند ساقه و اندام زایشی مانند بلال) و چوب بلال که معیاری از رشد و نمو می‌باشد، افزایش یافت. همچنین میزان این افزایش برای برگ‌ها که اندام اصلی فتوسنتزکننده بوته می‌باشند و بلال بیشتر بوده که می‌تواند به طور مستقیم و غیرمستقیم منجر به افزایش شاخص برداشت و در نتیجه افزایش عملکرد دانه و علوفه این دورگ‌ها گردد.

واژه‌های کلیدی: ذرت، تسهیم ماده خشک، شاخص برداشت، باکتری‌های افزاینده رشد.

* نویسنده مسئول: آیدین حمیدی تلفن: ۰۹۱۲-۶۶۱۹۳۸۰ E-mail: hamidi_aidin@yahoo.com

مقدمه

ذرت از مهمترین گیاهان زراعی بوده و در ایران در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ از سطح زیر کشت آن ۳۰۷۰۱۵ هکتار با میزان تولید دانه ۲۳۶۱۲۹۸ تن و عملکرد ۷۶۹۷/۸۶ کیلوگرم در هکتار بوده است (Anonymus, 2009).

کاربرد کودهای زیستی[1] در نظام‌های کشاورزی پایدار از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخوردار است (Rohitashav-Singh et al., 1993). اصطلاح کودهای زیستی به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، کود سبز و غیره، همچنین ریزجانداران باکتریایی و قارچی مفید و مواد حاصل از فعالیت آنها اطلاق شده و باکتری‌های افزاینده رشد گیاه یا اصطلاحاً (PGPR)[2] از مهمترین کودهای زیستی می‌باشند (Manaffee & Kloepper, 1994)، که علاوه بر افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک از طریق تثبیت زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم و مهار عوامل بیماریزا، با تولید مواد تنظیم‌کننده رشد، رشد و نمو گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Tilak et al., 1982).

باکتری‌های جنس ازوتوباکتر[3]، آزوسپیریلوم[4] و پسودوموناس[5] از مهمترین گونه‌های باکتریایی محسوب می‌شوند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک با تولید مقادیر قابل ملاحظه مواد تنظیم‌کننده رشد بویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکینین رشد و نمو گیاهان زراعی را تحریک می‌کنند (Zahir et al., 1998).

پژوهش‌های اخیر مشخص ساخته‌اند 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 (ACC)[6] بوسیله آنزیم ACC دی آمیناز[7] و تولید مواد هورمونی و شبه‌هورمونی در اثر واکنش نیتریت حاصل از تنفس نیتراتی با اسید اسکوربیک مهمترین سازوکارهای تأثیر این باکتری‌ها محسوب می‌شوند (Zahir, et al., 2004). همچنین مشخص گردیده که این باکتری‌ها جنبه‌های مختلف رشد و نمو ذرت از جمله تسهیم ماده خشک بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Banerjee et al., 2006). به طوری که Stancheva & Dinev (1992) عنوان داشتند که برهم کنش بین سیستم ریشه ذرت و باکتری آزوسپیریلوم برازیلنس[8] سبب افزایش بیوماس کل بوته شده است. Tilak et al. (1982) نیز با اجرای یک آزمایش گلخانه‌ای افزایش عملکرد ماده خشک ذرت بر اثر تلقیح توأم بذر با ازوتوباکتر کروئوکوکوم و آزوسپیریلوم برازیلنس را مشاهده کردند. همچنین Cohen et al. (1980) با تلقیح بذرهای ذرت شیرین و ارزن با نژادهای sp70، sp80 و Co باکتری آزوسپیریلوم برازیلنس در خاکی با نیتروژن کم پاسخ معنی‌دار در افزایش بیوماس را مشاهده کردند.

Ribaudo et al. (1998) با بررسی همیاری بین ریشه ذرت و سویه ای از باکتری آزوسپیریلوم برازیلنس از طریق تلقیح بذر دو رقم ذرت مشاهده کردند که میزان وزن خشک بخش هوایی و ریشه‌ها در مرحله شیری شدن دانه‌ها افزایش یافت و فعالیت آنزیم نیترات ریداکتاز در برگ و ریشه بوته‌های تیمار شده بیشتر شده است. Fulchieri & Frioni (1994) نیز بذرهای ذرت را با مایه تلقیحی حاوی مخلوطی از دو سویه باکتری آزوسپیریلوم برازیلنس و یک سویه آزوسپیریلوم لیپوفروم[9] تلقیح کردند و با کشت آنها در مزرعه افزایش وزن خشک بخش هوایی بوته و ریشه نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) را گزارش کردند.

Bashan & Dubrovsky (1996) با مرور پژوهش‌های انجام گرفته با انواع PGPR به ویژه باکتری‌های جنس آزوسپیریلوم، مشاهده کردند که نسبت وزن خشک بخش هوایی بوته به ریشه تحت تأثیر تلقیح با این باکتری‌ها قرار گرفت و بر تسهیم وزن خشک (ترکیب‌های کربنی و مواد معدنی) در سطح کل بوته از طریق تحت تأثیر قرار دادن فعالیت‌های ریشه با

1. Biofertilizers
2. Plant Growth Promoting Rhizobacteria
3. *Azotobacter* spp.
4. *Azospirillum* spp.
5. *Pseudomonas* spp.
6. 1-aminocyclopopane-1-caboxylic
7. ACC deaminase
8. *Azospirillum brasilense*
9. *Azospirillum lipoferum*

سازوکارهای تنظیم‌کننده پیچیده در خلال رشد و نمو گیاه تأثیر می‌کنند. همچنین Stancheva et al. (1992) با اجرای آزمایشی مزرعه‌ای مشاهده کردند هنگامی که میزان صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار مصرف شده بود، تلقیح بذرهای ذرت با سویه ۱۷۷۴ باکتری آزوسپیریلوم برازیلنس موجب افزایش وزن خشک کل بوته نسبت به شاهد (عدم تلقیح) گردیده و تأثیر افزاینده تلقیح باکتریایی بر تجمع ماده خشک بوته در تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بیشتر و معادل مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود و فعالیت آنزیم نیترات ریداکتاز نیز تحت همین تیمار حداکثر شد. Hernandez et al. (1995) نیز افزایش وزن خشک بوته با تلقیح بذر با باکتری آزوسپیریلوم را گزارش کردند.

Chabot et al. (1993) تحت تیمار تلقیح بذر ذرت با باکتری پسودوموناس و مصرف ۱۷/۵ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار افزایش وزن خشک بخش هوایی بوته‌ها را مشاهده کردند. Pan et al. (1999) نیز افزایش ۱۴/۸ و ۱۴ درصدی سطح برگ و بیوماس ذرت را بر اثر تلقیح بذر با باکتری سراتیا لیکوئیفاسیانس[1] نشان دادند. Rachewed et al. (1991) نیز با اجرای یک آزمایش گلخانه‌ای افزایش وزن ماده خشک بوته و میزان جذب و مقدار فسفر بوته‌های ذرت را در اثر تلقیح بذر با باکتری حل‌کننده فسفات باسیلوس پولی‌میکسا۲ به همراه مصرف کود سوپرفسفات را گزارش کردند.

با توجه به اثرات مثبت تلقیح بذر با این باکتری‌ها، در این بررسی تأثیر کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد گیاه ازوتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس بر تسهیم ماده خشک بوته دورگ‌های ساده دیررس ذرت، به منظور تعیین مناسب‌ترین دورگ و گونه باکتری به عنوان کود زیستی مؤثر بر رشد و نمو ذرت در جهت بهبود عملکرد مورد توجه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه تأثیر کاربرد کودهای زیستی باکتریایی بر تسهیم ماده خشک بوته دورگ‌های دیررس ذرت، آزمایشی در طی سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ 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 و تهیه 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) اجرا شد.

بذرهای سه دورگ ساده دیررس ذرت شامل سینگل‌کراس۷۰۴ (B73×Mo17) ((SC704))، سینگل‌کراس ۷۰۰ ((SC700))، (K74/1×K18) و دورگ امیدبخش (B73×K18) از بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه‌ای مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه و قبل از کشت به وسیله مایه تلقیح پودری خالص سویه 5 باکتری ازوتوباکتر کروئوکوکوم[3] (Az)، OF آزوسپیریلوم لیپوفروم و 21 آزوسپیریلوم برازیلنس (As) و P21 پسودوموناس فلورسنس[4] (Ps) به صورت ساده (با یک باکتری) و تلفیقی (با دو باکتری و مجموع باکتری‌ها) به شرح زیر تلقیح شدند: Az.۱، As.۲، Ps.۳، Az+As.۴ Az+Ps.۵، As+Ps.۶، Az+As+Ps.۷ و ۸. تیمار بدون تلقیح (شاهد). گونه‌های باکتری 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 بود. توانایی تولید نیمه کمی و کیفی اکسین IAA ازوتوباکتر کروئوکوکوم به ترتیب ۲۱ میلی‌گرم در لیتر و ++ و میزان فعالیت آنزیم نیتروژناز آن ۹/۵ نانومول در ساعت، آزوسپیریلوم برازیلنس ترتیب ۳۲ میلی‌گرم در لیتر، +++، ۱۲ نانومول در ساعت و قابلیت حل‌کنندگی فسفر در محیط Sperber با قطر هلال و نسبت قطر کولونی به قطر هلال به ترتیب ۱/۴ و ۴ سانتی‌متر بود. همچنین توان تولید نیمه کمی اکسین IAA آزوسپیریلوم لیپوفروم ۵۴/۲۶ میلی‌گرم در لیتر و سرعت تولید اتیلن اندازه‌گیری شده به روش کروماتوگرافی مایع، ۱۲/۳۶ نانومول در ۲۴ ساعت بوده و قابلیت تولید نیمه کمی اکسین IAA،

1. *Serratia liquefacians*
2. *Bacillus polymixa*
3. *Azotobacter chroococcum*
4. *Pseudomonas fluoresens*

ILA, IBA و کل اکسین‌های پسودوموناس فلورسنس به ترتیب ۷۶، ۷۰، ۴۳ و ۱۸۹ میلی‌گرم در لیتر و قابلیت محلول‌کنندگی فسفر آن مثبت و دارای توان تولید سیدروفور با قطر هلال ۳ و ۳/۹ سانتی‌متر به ترتیب پس از ۴۸ و ۷۶ ساعت بود.

با مساعد شدن شرایط آب و هوایی کاشت دورگ‌های مورد بررسی، با تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار با فاصله بوته روی خطوط کشت ۱۸ سانتی‌متر و فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر در زمینی که در سال قبل به صورت آیش بوده انجام گرفت. عملیات خاک‌ورزی اولیه شامل شخم عمیق در فصل پاییز و عملیات خاک‌ورزی ثانویه شامل شخم با عمق متوسط و دیسک در اوایل بهار هرس، تسطیح و فارو بوده است. بر اساس نتایج تجزیه خاک، میزان ۱۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب کود اوره، سوپر فسفات تریپل، سولفات پتاسیم و سولفات روی مصرف شد. نیمی از مقدار کود اوره همراه با دیگر کودها قبل از کاشت با خاک مخلوط شد و نیمه باقی مانده کود اوره در مرحله ۹-۷ برگی به صورت سرک استفاده شده است. آزمایش با دو فاکتور بر پایه طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار کشت گردیده است. هر کرت شامل ۶ خط کاشت به طول ۱۰ متر بوده و کلیه مراحل داشت مزرعه در طی دوره رشد به طور معمول اجرا و آبیاری بلوک‌ها به منظور جلوگیری از اختلاط باکتری‌ها، جداگانه انجام شده است.

در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه، به منظور اندازه‌گیری میزان تجمع و بررسی الگوی تسهیم ماده خشک به اجزای بوته، همچنین شاخص برداشت، تعداد پنج بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و کف بر شدند و سپس اجزای بوته شامل ساقه، برگ‌ها، گل تاجی، دانه، پوشش بلال و چوب بلال جدا و در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و توزین گردیدند. سپس شاخص برداشت[1] با استفاده از رابطه زیر تعیین شد:

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

1. Harvest index

تجزیه و تحلیل آماری مرکب نتایج دو ساله پس از بررسی متجانس بودن واریانس‌ها (آزمون بارتلت) و ادغام[2] اثر تکرار (بلوک)، به صورت آشیانه‌ای[3] برمبنای مدل تصادفی بودن اثر سال، همچنین مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C (2.1) انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل مرکب واریانس داده‌ها نشان داد که به جز وزن خشک گل تاجی و وزن خشک پوشش بلال که تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار نگرفتند، سایر ویژگی‌های مورد بررسی تحت تأثیر اثر تیمارهای مورد بررسی و اثر متقابل آنها قرار گرفتند و اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR نیز برای این ویژگی‌ها معنی‌دار بود (جدول۱).

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها و PGPR نشان داد که دورگ SC704 تلقیح شده با باکتری‌های سه جنس از بیشترین وزن خشک بوته برخوردار بود (جدول۲). همچنین مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR مشخص ساخت که بالاترین وزن خشک بوته در سال دوم به دورگ SC704 تلقیح شده با باکتری‌های سه جنس مربوط بود که نسبت به کمترین وزن خشک بوته که مربوط به تیمار عدم تلقیح بذرهای دورگ SC700 در سال اول بود، ۵۶/۵۸ درصد افزایش نشان داد (جدول۳). همچنین وزن خشک بوته دورگ SC704 در سال دوم نسبت به سال اول افزایش نشان داد (جدول ۳). Nieto & Frankenberger (1991) پنج برابر شدن وزن خشک بخش هوایی بوته ذرت با کاربرد باکتری ازوتوباکتر کروئوکوکوم را مشاهده کردند. با توجه به این که باکتری‌های PGPR مورد بررسی در این پژوهش دارای توان تولید مواد تحریک‌کننده رشد گیاه بودند و نظر به این که چنین موادی از توانایی تأثیر بر توزیع مواد فتوسنتزی و تسهیم ماده خشک در گیاه برخوردارند (Brenner, 1990)، لذا احتمالاً PGPR در این آزمایش از این طریق در افزایش ماده خشک بوته نقش داشته است.

2. Pooling
3. Nested

جدول ۱- خلاصه تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) تسهیم ماده خشک و شاخص برداشت دورگ‌های دیررس ذرت

منابع تغییرات	درجه آزادی d.f.	میانگین مربعات								
		وزن خشک بوته	وزن خشک برگ‌ها	وزن خشک ساقه	وزن خشک گل تاجی	وزن خشک دانه	وزن خشک پوشش‌های بلال	وزن خشک بلال	وزن خشک چوب بلال	شاخص برداشت
سال	۱	۰/۴۹۲*	۰/۸۱۴*	۰/۶۷۱**	۰/۲۷۸^{ns}	۰/۹۱۹**	۰/۳۰۱^{ns}	۱/۲۶۹**	۲/۱۱۰**	۱/۰۰۱*
دورگ‌ها	۲	۳/۱۶۹*	۸/۹۱۲**	۳۰/۱۴۹*	۳/۱۶۷^{ns}	۴/۲۶۱*	۵/۱۰۶^{ns}	۶/۴۱۴*	۷/۰۰۲*	۲/۲۱۹*
اثر متقابل سال × دورگ‌ها	۳	۲/۱۹۰**	۹/۴۴۰*	۴۱/۲۱۹**	۸/۱۴۰^{ns}	۵/۲۴۹**	۹/۰۰۱^{ns}	۸/۱۱۹*	۱۱/۱۴۰*	۴/۱۱۱*
PGPR	۷	۸۴/۹۱۲*	۷/۵۱۹*	۶۴/۱۲۸*	۷/۱۱۱^{ns}	۴/۸۲۹*	۸/۰۰۰^{ns}	۱۰/۹۱۰**	۱۵/۱۲۰**	۶/۲۴۴**
اثر متقابل سال × PGPR	۷	۴۰/۱۲۱*	۱۲/۱۴۱**	۷۴/۲۱۹*	۱۰/۲۲۱^{ns}	۷/۰۰۹**	۱۲/۱۴۵^{ns}	۲۱/۲۹۱**	۲۰/۱۴۵**	۹/۲۴۱**
اثر متقابل دورگ‌ها × PGPR	۱۴	۸۹/۳۳۸**	۷/۴۴۵*	۶۹/۶۷۵**	۱۲/۲۵۰^{ns}	۹/۱۲۴*	۱۶/۱۲۱^{ns}	۱۴/۲۱۱*	۳۱/۱۴۰*	۸/۹۴۹**
اثر متقابل سال × دو رگ‌ها × PGPR	۱۴	۴۶/۶۰۱**	۲۰/۲۱۱*	۸۴/۱۱۲**	۱۵/۹۱۱^{ns}	۱۷/۱۴۰*	۱۰/۱۴۰^{ns}	۴۰/۱۱۴**	۱۰/۰۰۰**	۱۴/۰۰۱**
اشتباه آزمایشی	۱۴۴	۷۶/۰۳۳	۰/۷۸۰	۱۱/۰۴۴	۷/۰۱۷	۱/۲۵۴	۱۵/۴۵۰	۵۲/۶۲۶	۱۳/۵۳۶	۸/۷۵۹
کل	۱۹۱									
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۱۴	۹/۱۱	۷/۰۳۰	۱/۰۰۵	۷/۱۶	۲/۱۲۰	۶/۴۹	۳/۱۱۰	۱۲/۴

ns غیرمعنی‌دار،* و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و۱ درصد.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها و PGPR (متوسط دو سال) بر تسهیم ماده خشک بوته دورگ‌های دیررس ذرت

	تیمار	ویژگیها						
		وزن خشک بوته (گرم)	وزن خشک برگ‌ها (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک بلال (گرم)	وزن خشک دانه (گرم)	وزن خشک چوب بلال (گرم)	شاخص برداشت (درصد)
	شاهد (عدم تلقیح)	۲۵۷/۸۰۰u	۳۶/۶۶۳u	۱۰۰/۶۲۵o	۱۴۳/۷۷۰q	۱۳۷/۱۷۰r	۶/۶۰۰q	۵۳/۳۰۵u
	Az	۳۸۸/۳۱۰g	۳۹/۷۷۸f	۱۰۴/۳۹۴f	۱۹۰/۲۴۵f	۱۸۱/۸۵۷f	۹/۳۸۵f	۴۶/۸۵۰g
	As	۳۰۳/۲۱۳s	۳۸/۶۲۸r	۱۰۱/۶۲۵m	۱۶۵/۳۶۷n	۱۵۷/۹۱۸p	۷/۴۵۰o	۵۲/۴۴۰r
دورگ	Ps	۳۹۰/۱۹۳j	۳۹/۳۳۸i	۱۰۳/۳۵۰h	۱۸۰/۰۵۶i	۱۷۱/۱۱۹h	۸/۹۳۸h	۴۳/۹۹۰j
SC704	Az+As	۳۸۷/۶۹۸m	۳۸/۹۰۰l	۱۰۲/۹۰۰j	۱۶۷/۸۵۸k	۱۵۹/۳۵۸j	۸/۵۰۰i	۴۱/۲۰۰m
	Az+Ps	۴۷۱/۵۶۸d	۴۱/۱۲۵d	۱۰۴/۴۷۵c	۲۰۱/۹۱۹c	۱۹۲/۲۹۴c	۹/۶۲۵d	۴۰/۸۷۵d
	As+Ps	۳۹۲/۸۱۸p	۳۹/۰۶۳o	۱۰۱/۸۸۵k	۱۷۰/۵۵۹l	۱۶۲/۶۰۹m	۷/۹۵۰l	۴۲/۶۰۵o
	Az+As+Ps	۴۹۸/۷۰۲a	۴۲/۶۰۰a	۱۰۵/۴۵۰a	۲۱۶/۰۲۰a	۲۰۵/۷۴۸a	۱۰/۲۵۰a	۴۱/۴۳۵a
	شاهد (عدم تلقیح)	۲۵۳/۳۷۰w	۳۴/۳۱۲w	۹۸/۵۶۰q	۱۴۸/۴۴۰r	۱۴۲/۴۸۰t	۵/۹۶۰s	۵۶/۶۱۵w
	Az	۴۱۷/۷۸۸i	۳۸/۰۳۷h	۱۰۲/۱۴۲h	۱۹۱/۳۱۶h	۱۸۲/۸۱۶g	۸/۵۰۰g	۴۳/۹۵۰i
	As	۳۹۲/۹۴۳u	۳۶/۱۲۵t	۱۰۰/۳۲۵n	۱۵۸/۲۵۹p	۱۵۱/۸۵۹q	۶/۳۵۰p	۵۱/۹۲۵s
دورگ	Ps	۳۸۶/۲۵۳l	۳۸/۹۱۰۵k	۱۰۱/۶۲۵i	۱۸۱/۴۷۷k	۱۷۳/۵۲۷j	۷/۹۵۰i	۴۵/۰۴۵l
SC700	Az+As	۳۶۱/۶۵۰o	۳۷/۱۳۵n	۱۰۱/۲۳۸k	۱۷۰/۶۶۸l	۱۶۳/۱۶۸l	۷/۵۰۰j	۴۶/۰۳۵n
	Az+Ps	۴۴۴/۴۷۰f	۳۹/۱۰۰e	۱۰۲/۷۵۰e	۱۹۸/۱۱۱e	۱۸۹/۴۱۱e	۸/۷۰۰e	۴۲/۷۸۰f
	As+Ps	۳۵۹/۹۶۵r	۳۷/۷۵۰q	۱۰۰/۵۰۰l	۱۷۳/۱۱۲m	۱۶۶/۳۷۴o	۶/۸۰۰n	۴۶/۲۵۵q
	Az+As+Ps	۴۷۳/۱۹۴c	۴۱/۲۰۰c	۱۰۳/۹۳۵b	۲۱۷/۲۳۸c	۲۰۸/۱۱۳b	۹/۱۲۵c	۴۴/۱۸۵c
	شاهد (عدم تلقیح)	۲۴۸/۸۰۸v	۳۵/۱۲۵v	۱۰۰/۹۰۰p	۱۴۱/۷۱۱q	۱۳۵/۳۳۶s	۶/۳۷۵r	۵۴/۵۱۰v
	Az	۲۳۸/۹۳۳h	۳۸/۸۲۵g	۱۰۳/۳۰۰g	۱۸۷/۸۲۳g	۱۷۸/۷۷۳f	۹/۰۵۰g	۴۳/۶۰۵h
	As	۲۹۵/۹۹۸t	۳۷/۵۲۵s	۱۰۱/۴۷۵n	۱۶۵/۶۲۰o	۱۴۹/۷۴۸p	۶/۸۷۵p	۵۱/۱۹۰t
دورگ	Ps	۳۹۱/۸۹۳k	۳۸/۶۷۵j	۱۰۲/۹۵۰i	۱۷۷/۶۱۲j	۱۶۹/۰۰۹i	۸/۶۰۰h	۴۳/۳۴۵k
B73×K18	Az+As	۳۶۵/۴۴۷n	۳۷/۹۲۸m	۱۰۱/۶۸۵j	۱۶۹/۳۳۶k	۱۶۱/۳۸۱k	۷/۹۵۵k	۴۴/۳۵۰m
	Az+Ps	۴۳۳/۶۶۰e	۴۰/۴۵۰e	۱۱۴/۶۵۰۵d	۱۹۳/۷۵۱d	۱۸۴/۴۰۱d	۹/۳۵۰e	۴۲/۶۵۰e
	As+Ps	۳۶۷/۲۱۹q	۳۸/۵۴۸p	۱۰۰/۹۸۵l	۱۶۸/۳۲۷m	۱۶۱/۰۰۲m	۷/۳۲۵m	۴۳/۹۶۰p
	Az+As+Ps	۴۸۵/۹۱۳b	۴۱/۸۰۰b	۱۰۴/۳۷۵b	۲۰۵/۷۹۶b	۱۹۶/۴۵۵b	۹/۷۵۰b	۴۰/۴۹۰b

* در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف یکسان باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

بیشتر بودن وزن خشک بوته دورگ SC704 نسبت به دورگ SC700 نیز با توجه دومنظوره (دانه‌ای-علوفه‌ای) بودن این دورگ دور از انتظار نبوده و تفاوت نتایج دو سال و برتری ماده خشک بوته در سال دوم اجرای آزمایش نیز احتمالاً مربوط مناسب‌تر بودن شرایط اقلیمی از جمله دریافت واحدهای گرمایی بیشتر در سال دوم که منجر به بهبود رشد و نمو شده، بوده است.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها و PGPR نشان داد که دورگ SC704 تلقیح شده با باکتری‌های سه جنس از بیشترین وزن خشک برگ برخوردار بود (جدول۲). با مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR نیز مشخص شد که بالاترین وزن خشک برگ‌ها در سال دوم به دورگ SC704 تلقیح شده با باکتری‌های سه جنس مربوط بود که نسبت به وزن خشک برگ‌ها در تیمارعدم تلقیح بذرهای دورگ SC700 در سال اول (پایین‌ترین وزن خشک برگ‌ها) ۳۷/۷۶ درصد افزایش داشت (جدول۳). Rohitashav-Singh et al. (1993) و Kapulnik et al. (1982) نیز افزایش وزن خشک برگ‌های ذرت در اثر کاربرد باکتری ازوتوباکتر و آزوسپیریلوم را گزارش کردند. نظر به این که PGPR استفاده شده در این آزمایش توانایی تولید مواد تحریک‌کننده رشد گیاه داشتند و با توجه به برخورداری چنین موادی از قابلیت تأثیر بر توزیع مواد فتوسنتزی و تسهیم ماده خشک در گیاه (Brenner, 1990)، لذا احتمالاً PGPR در این آزمایش از این طریق در افزایش ماده خشک تخصیص یافته به برگ‌ها نقش داشته است. بیشتر بودن وزن خشک برگ‌های دورگ SC704 نسبت به دورگ SC700 نیز با توجه دومنظوره (دانه‌ای- علوفه‌ای) بودن این دورگ و برخورداری آن از اندام‌های هوایی بزرگ‌تر قابل انتظار بوده و تفاوت نتایج دو سال و بیشتر بودن ماده خشک برگ در سال دوم آزمایش نیز احتمالاً مرتبط با مناسب‌تر بودن شرایط اقلیمی از جمله دریافت واحدهای گرمایی بیشتر در سال دوم که منجر به افزایش رشد و نمو گردیده، بوده است. به این ترتیب، مشخص می‌گردد که PGPR به کار گرفته شده در این پژوهش با تغییر الگوی تسهیم و تخصیص ماده خشک دورگ‌های ذرت مورد بررسی به نفع برگ‌ها موجب افزایش وزن خشک برگ‌ها شده‌اند. با توجه به نقش برگ‌ها به عنوان اندام اصلی فتوسنتزکننده گیاه این امر به نوبه خود با فراهم‌سازی امکان بهره‌برداری بهتر از نور و فتوسنتز بیشتر افزایش رشد و نمو را به دنبال داشته است.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR بر تسهیم ماده خشک بوته دورگ‌های دیررس ذرت

		ویژگی ها						
	تیمار	وزن خشک بوته (گرم)	وزن خشک برگ‌ها (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک بلال (گرم)	وزن خشک دانه (گرم)	وزن خشک چوب بلال (گرم)	شاخص برداشت (درصد)
دورگ SC704 (سال اول)	شاهد (عدم تلقیح)	۲۴۵/۶۰۰p	۳۲/۵۵۰gh	۹۰/۵۰۰J	۱۴۲/۸۸۰m	۱۳۵/۸۸۰n	۶/۲۰۰kl	۵۵/۳۳۰b
	Az	۳۹۳/۹۵۵h	۳۳/۷۵۰fg	۹۴/۲۷۵fg	۱۸۹/۴۵۰de	۱۸۱/۶۷۵de	۹/۰۰۰d	۴۶/۱۳۰fg
	As	۲۸۰/۴۲۵n	۳۲/۲۵۵h	۹۱/۱۲۵ij	۱۷۲/۱۷۵hi	۱۶۴/۴۷۵gh	۷/۲۰۰ij	۵۸/۴۵۰ab
	Ps	۳۷۰/۷۸۵i	۳۳/۴۵fg	۹۳/۷۰۰gh	۱۸۲/۶۳۰ef	۱۷۳/۵۰۵ef	۸/۷۵۰de	۴۶/۷۹۰f
	Az+As	۳۵۵/۱۹۵j	۳۲/۲۰۰h	۹۲/۸۵۰h	۱۵۹/۲۵۰j	۱۵۰/۵۰۰j	۸/۲۵۰ef	۴۲/۳۷۰hi
	Az+Ps	۴۴۴/۴۰۵de	۳۶/۲۵۰ef	۹۵/۰۰۰f	۱۹۹/۲۰۰c	۱۸۹/۲۰۰cd	۹/۲۵۰c	۴۲/۵۷۰hi
	As+Ps	۳۳۱/۹۱۵k	۳۳/۰۰۰G	۹۲/۰۰۰hi	۱۷۵/۲۷۰gh	۱۶۷/۲۷۰fg	۷/۹۰۰gh	۵۰/۴۰۰d
	Az+As+Ps	۴۶۷/۶۷۰c	۳۷/۰۰۰ef	۹۵/۶۵۰f	۲۱۸/۴۵۰ab	۲۰۷/۹۰۵b	۱۰/۰۰۰ab	۴۴/۴۶۰gh
دورگ SC704 (سال دوم)	شاهد (عدم تلقیح)	۲۷۰/۰۰۰o	۴۰/۷۷۵e	۱۱۰/۷۵۰d	۱۴۴/۶۶۰lm	۱۳۸/۴۶۰mn	۷/۰۰۰j	۵۱/۲۸۰cd
	Az	۳۸۲/۶۶۰f	۴۵/۸۰۵b	۱۱۴/۵۱۲ab	۱۹۱/۰۳۹de	۱۸۲/۰۳۹de	۹/۷۷۰b	۴۷/۵۷۰e
	As	۳۲۶/۰۰۰kl	۴۵/۰۰۰bc	۱۱۲/۱۲۵bc	۱۵۸/۵۶۰jk	۱۵۱/۳۶۰ij	۷/۷۰۰h	۴۶/۴۳۰fg
	Ps	۴۰۹/۶۰۰g	۴۵/۲۲۵bc	۱۱۳/۰۰۰b	۱۷۷/۴۸۲fg	۱۶۸/۷۳۲f	۹/۱۲۵cd	۴۱/۱۹۰ij
	Az+As	۴۲۰/۲۰۰fg	۴۵/۶۰۰b	۱۱۲/۹۵۰b	۱۷۶/۴۶۶g	۱۶۸/۲۱۶fg	۸/۷۵۰de	۴۰/۰۳۰jk
	Az+Ps	۴۹۸/۷۳۰b	۴۶/۰۰۰ab	۱۱۳/۹۵۰ab	۲۰۴/۶۳۸bc	۱۹۵/۳۸۸c	۱۰/۰۰۰ab	۳۹/۱۸۰k
	As+Ps	۴۵۳/۷۲۰e	۴۵/۱۲۵bc	۱۱۱/۷۷۰c	۱۶۵/۸۴۸i	۱۵۷/۹۴۸h	۸/۰۰۰g	۳۴/۸۱۰l
	Az+As+Ps	۵۲۹/۷۳۳d	۴۸/۲۰۰a	۱۱۵/۲۵۰a	۲۱۳/۵۹۰ab	۲۰۳/۵۹۰bc	۱۰/۵۰۰a	۳۸/۴۱kl

ادامه جدول ۳-

		ویژگی ها					
	تیمار	وزن خشک بوته (گرم)	وزن خشک برگ‌ها (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک بلال (گرم)	وزن خشک دانه (گرم)	وزن خشک چوب بلال (گرم)	شاخص برداشت (درصد)
دورگ SC700 (سال اول)	شاهد (عدم تلقیح)	۲۳۰/۸۸۰q	۳۰/۰۰۰ij	۸۹/۰۰۰k	۱۴۶/۸۲۰l	۱۴۰/۶۰۰m	۵/۷۰۰m	۶۰/۹۰a
	Az	۳۸۶/۶۷۵hi	۳۲/۸۵۵g	۹۲/۱۲۵hi	۱۸۸/۹۵۵de	۱۷۹/۹۵۵e	۸/۰۰۰g	۴۶/۵۴۰fg
	As	۲۷۸/۴۷۵no	۳۰/۲۵۰ij	۹۰/۰۰۰jk	۱۵۶/۱۲۵k	۱۴۹/۴۲۵jk	۶/۰۰۰l	۵۳/۶۶۰b
	Ps	۳۶۴/۵۰۵ij	۳۲/۲۷۰h	۹۲/۲۵۰h	۱۷۹/۹۸۵f	۱۷۱/۷۸۵ef	۷/۷۰۰h	۴۷/۱۳۰ef
	Az+As	۲۹۹/۵۰۰m	۳۲/۰۰۰hi	۹۱/۵۰۰i	۱۶۴/۹۱۵i	۱۵۶/۹۱۵h	۷/۰۰۰j	۵۲/۳۹۰c
	Az+Ps	۴۱۳/۲۰۰g	۳۴/۰۰۰fg	۹۳/۵۰۰gh	۱۹۵/۶۵۵cd	۱۸۶/۴۰۵d	۸/۱۵۰f	۴۵/۱۱۰g
	As+Ps	۳۵۰/۲۷۰jk	۳۱/۷۵۰i	۹۱/۰۰۰ij	۱۷۳/۵۴۵h	۱۶۶/۱۹۵g	۶/۲۵۰kl	۴۷/۴۵۰e
	Az+As+Ps	۴۳۲/۹۰۵ef	۳۴/۵۰۰fg	۹۴/۰۰۰g	۲۱۰/۹۲۰b	۲۰۱/۶۷۰bc	۹/۰۰۰d	۴۶/۵۹۰f
دورگ SC700 (سال دوم)	شاهد (عدم تلقیح)	۲۷۵/۸۶۰no	۳۸/۶۲۴e	۱۰۸/۱۲۰e	۱۵۰/۰۶۰kl	۱۴۴/۳۶۰l	۶/۲۲۰kl	۵۲/۳۳۰c
	Az	۴۴۸/۹۰۰de	۴۳/۲۱۹d	۱۱۲/۱۶۰bc	۱۹۳/۶۷۷d	۱۸۵/۶۷۷d	۹/۰۰۰d	۴۱/۳۶۰i
	As	۳۰۷/۴۱۰lm	۴۲/۰۰۰de	۱۱۰/۶۵۰d	۱۶۰/۳۹۲j	۱۵۴/۲۹۳i	۶/۷۰۰jk	۵۰/۱۹۰d
	Ps	۴۰۸/۰۰۰g	۴۵/۵۵۰de	۱۱۱/۰۰۰cd	۱۸۲/۹۶۸ef	۱۷۵/۲۶۸ef	۸/۲۰۰f	۴۲/۹۶۰h
	Az+As	۴۲۳/۸۰۰fg	۴۲/۲۷۰de	۱۱۰/۹۷۵cd	۱۷۶/۴۲۰g	۱۶۹/۴۲۰f	۸/۰۰۰g	۳۹/۶۸jk
	Az+Ps	۴۷۵/۷۴۰bc	۴۴/۲۰۰cd	۱۱۲/۰۰۰c	۲۰۰/۵۶۶c	۱۹۲/۴۱۶cd	۹/۲۵۰c	۴۰/۴۵j
	As+Ps	۳۶۹/۶۶۰i	۴۳/۷۵۰cd	۱۱۰/۰۰۰de	۱۷۲/۸۰۳hi	۱۶۶/۵۵۳g	۷/۳۵۰i	۴۵/۰۶g
	Az+As+Ps	۵۱۳/۴۸۳ab	۴۷/۹۰۰ab	۱۱۳/۸۷۰ab	۲۲۳/۵۵۵a	۲۱۴/۵۵۵a	۹/۲۵۰c	۴۱/۷۸i
دورگ B73×K18 (سال اول)	شاهد (عدم تلقیح)	۲۳۲/۸۸۰pq	۳۱/۱۵۰i	۹۰/۰۰۰jk	۱۴۰/۷۹۲n	۱۳۵/۸۸۰n	۶/۰۰۰l	۵۸/۱۰۰ab
	Az	۳۸۴/۵۲۵hi	۳۳/۰۰۰g	۹۳/۵۰۰gh	۱۸۶/۶۲e	۱۷۹/۵۲۵e	۸/۶۰۰e	۴۶/۶۹۰f
	As	۲۷۲/۹۹۵no	۳۱/۸۵۰hi	۹۰/۹۰۰j	۱۷۵/۲۵۰jk	۱۴۸/۹۹۵k	۶/۷۵۰jk	۵۴/۵۸۰bc
	Ps	۳۶۲/۴۸۵k	۳۲/۸۵۰gh	۹۳/۰۰۰h	۱۷۸/۷۳۸f	۱۶۷/۴۸۵fg	۸/۲۰۰f	۴۶/۲۱۰fg
	Az+As	۳۲۷/۰۹۰kl	۳۱/۸۵۵۰hi	۹۲/۰۰۰hi	۱۷۴/۳۷۱gh	۱۵۶/۰۹۰hi	۷/۷۰۰h	۴۷/۴۲۰de
	Az+Ps	۴۲۶/۳۲۰f	۳۵/۱۵۰f	۹۴/۰۰۰g	۱۹۲/۴۷۲d	۱۸۵/۳۳۰d	۹/۰۰۰d	۴۳/۷۰۰gh
	As+Ps	۳۵۳/۷۶۵j	۳۲/۵۰۰gh	۹۱/۲۲۰i	۱۶۳/۲۳۹ij	۱۶۵/۷۶۵gh	۷/۰۰۰j	۴۶/۸۸۰ef
	Az+As+Ps	۴۵۸/۱۵۵cd	۳۵/۲۵۰f	۹۴/۷۵۰fg	۲۰۴/۴۳۶bc	۱۹۷/۱۵۵c	۹/۵۰۰bc	۴۳/۰۳۰h
دورگ B73×K18 (سال دوم)	شاهد (عدم تلقیح)	۲۶۴/۷۳۵op	۳۹/۱۰۰e	۱۱۰/۰۰۰de	۱۴۲/۶۳۰m	۱۳۴/۷۹۲n	۶/۷۵۰jk	۵۰/۹۲۰cd
	Az	۴۳۹/۳۴۰e	۴۴/۶۵۰c	۱۱۳/۱۰۰b	۱۸۹/۰۲۵de	۱۷۸/۰۲۰e	۹/۵۰۰bc	۴۰/۵۲۰j
	As	۳۱۹/۰۰۰l	۴۳/۲۰۰cd	۱۱۲/۰۵۰bc	۱۵۵/۹۹۵k	۱۵۰/۵۰۰j	۷/۰۰۰j	۴۷/۸۰۰e
	Ps	۴۲۱/۳۰۰fg	۴۴/۵۰۰c	۱۱۲/۹۰۰bc	۱۷۶/۴۸۵g	۱۷۰/۵۳۸f	۹/۰۰۰d	۴۰/۴۸۰j
	Az+As	۴۰۳/۸۰۳gh	۴۴/۰۰۰cd	۱۱۱/۲۹۰c	۱۶۴/۳۰۰ij	۱۶۶/۶۷۱g	۸/۲۱۰ef	۴۱/۲۸۰ij
	Az+Ps	۴۴۱/۰۰۰e	۴۵/۷۵b	۱۱۲/۶۵۰bc	۱۹۵/۰۳۰cd	۱۸۳/۴۷۲de	۹/۷۰۰b	۴۱/۶۰۰i
	As+Ps	۳۸۰/۶۷۳hi	۴۴/۵۹۵c	۱۱۰/۷۵۰d	۱۷۳/۴۱۵h	۱۵۶/۲۳۹h	۷/۶۵۰hi	۴۱/۰۴۰ij
	Az+As+Ps	۵۱۳/۶۷۰ab	۴۸/۳۵۰a	۱۱۴/۰۰۰ab	۲۰۷/۱۵۵b	۱۹۴/۹۳۶cd	۱۰/۰۰۰ab	۳۷/۹۵۰kl

* در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف یکسان باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

با مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها و PGPR مشخص شد که دورگ SC704 تلقیح شده با باکتری‌های سه جنس بیشترین وزن خشک ساقه را داشت (جدول۲). همچنین مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR نشان داد که بیشترین وزن خشک ساقه به تیمار تلقیح بذرهای دورگ SC704 در سال دوم با باکتری‌های سه جنس مربوط است که نسبت به وزن خشک ساقه تیمار عدم تلقیح بذرهای دورگ SC700 در سال اول ۲۲/۷۸ درصد افزایش نشان داد (جدول۳). بررسی Bashan & Dubrovsky (1996) مشخص ساخت که با کاربرد باکتری آزوسپیریلوم تسهیم ماده خشک به ساقه ذرت افزایش می یابد. برخورداری PGPR به کار برده شده در این آزمایش از قابلیت تولید مواد تحریک‌کننده رشد گیاه و توانایی این مواد برای تأثیر بر توزیع مواد فتوسنتزی و تسهیم ماده خشک در گیاه (Brenner, 1990) و تحریک توسعه سلولی

(Metraux, 1990; Cleland, 1990) می‌تواند بیانگر این واقعیت باشد که احتمالاً PGPR مورد استفاده در این آزمایش از این طریق افزایش ماده خشک تخصیص یافته به ساقه در افزایش ماده خشک ساقه نقش داشته است. بیشتر بودن وزن خشک ساقه‌های دورگ SC704 نسبت به دورگ SC700 نیز با توجه دومنظوره (دانه‌ای-علوفه‌ای) بودن این دورگ و برخورداری آن از اندام‌های هوایی بزرگ‌تر قابل انتظار بوده و تفاوت نتایج دو سال و بیشتر بودن ماده خشک ساقه در سال دوم آزمایش نیز احتمالاً مرتبط با مناسب‌تر بودن شرایط اقلیمی مانند دریافت واحدهای گرمایی بیشتر در سال دوم بوده که منجر به افزایش رشد و نمو گردیده است. بنابراین، مشخص می‌گردد که دورگ‌های مورد بررسی از نظر میزان ماده خشک اختصاص یافته به ساقه با یکدیگر متفاوت هستند و دورگ SC704 دارای بیشترین ماده خشک ساقه بوده است. همچنین، PGPR به کار گرفته شده در این پژوهش بر میزان ماده خشک اختصاص یافته به ساقه تأثیر کرده و با تغییر الگوی تسهیم و تخصیص ماده خشک دورگ‌های ذرت مورد بررسی موجب افزایش وزن خشک ساقه‌ها شده‌اند. این امر شاخصی از افزایش رشد رویشی محسوب و در استحکام ساقه مؤثر است. با توجه به امکان انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه به دانه نیز امکان بهبود عملکرد دانه از این طریق میسر می‌گردد.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها و PGPR مشخص کرد که بیشترین وزن خشک بلال به دورگ SC700 تلقیح شده با باکتری‌های سه جنس تعلق داشت (جدول۲). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR برای وزن خشک بلال مشخص کرد که بیشترین وزن خشک بلال در سال دوم در دورگ SC700 که بذرهای آن با باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند مشاهده شد و در مقایسه با کمترین وزن خشک بلال که در تیمار عدم تلقیح بذرهای دورگ B73×K18 در سال اول مشاهده شد، ۳۷ درصد بیشتر بود (جدول۳). با توجه به این نتایج مشخص می‌گردد که دورگ‌های مورد بررسی از نظر میزان ماده خشک اختصاصی به بلال با یکدیگر متفاوت هستند و دورگ SC700 دارای بیشترین ماده خشک بلال بوده است. احتمالاً PGPR استفاده شده در این آزمایش با داشتن قابلیت تولید مواد تحریک‌کننده رشد گیاه و اثر این مواد بر توزیع مواد فتوسنتزی و تسهیم ماده خشک گیاه (Brenner, 1990) و نقش این مواد در پر شدن دانه (Rachewed et al., 1991) با افزایش ماده خشک اختصاص یافته به بلال در افزایش ماده خشک آن نقش داشته است. بیشتر بودن وزن خشک بلال دورگ SC700 نسبت به دیگر دورگ‌های بررسی شده نیز با توجه دانه ای بودن این دورگ قابل انتظار بوده و تفاوت نتایج دو سال و بیشتر بودن ماده خشک بلال در سال دوم آزمایش نیز احتمالاً مربوط به مناسب‌تر بودن شرایط اقلیمی مانند دریافت واحدهای گرمایی بیشتر در سال دوم بوده که باعث افزایش رشد و نمو گردیده است. از اینرو، PGPR به کار گرفته شده در این پژوهش بر میزان ماده خشک تخصیص داده شده به بلال تأثیر داشته‌اند و با تغییر الگوی تسهیم و تخصیص ماده خشک دورگ‌های ذرت مورد بررسی موجب افزایش وزن خشک بلال شده‌اند که معیاری برای افزایش رشد زایشی محسوب و بهبود عملکرد دانه را در پی دارد.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها و PGPR نشان داد که دورگ SC700 تلقیح شده با باکتری‌های سه جنس از بیشترین وزن خشک دانه برخوردار بود (جدول۲). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR برای وزن خشک دانه نیز بالاتر بودن وزن خشک دانه دورگ SC700 در سال دوم را که بذرهای آن با باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند نشان داد و مقدار آن نسبت به پایین‌ترین وزن خشک دانه که مربوط به تیمارعدم تلقیح بذرهای دورگ B73×K18 در سال اول بود، ۳۷/۱۸ درصد بیشتر بود (جدول۳). Zahir et al. (1998) افزایش ۱۹/۸ درصدی عملکرد دانه ذرت بر اثر تلقیح توأم بذر با باکتری‌های ازوتوباکتر و پسودوموناس را گزارش کردند. همچنین، Tilak et al. (1982) افزایش عملکرد دانه ذرت بر اثر تلقیح توأم بذر با باکتری‌های ازوتوباکتر کروئوکوکوم و آزوسپیریلوم برازیلنس را مشاهده کردند. احتمالاً PGPR در این آزمایش با قابلیت تولید مواد تحریک‌کننده رشد گیاه و تأثیر این مواد بر توزیع مواد فتوسنتزی و تسهیم ماده خشک گیاه (Brenner, 1990) و نقش این مواد در

پر شدن دانه (Quatrano, 1990) با افزایش ماده خشک اختصاص یافته به دانه در افزایش آن نقش داشته است. بیشتر بودن وزن خشک دانه دورگ SC700 نسبت به دیگر دورگ‌های مورد بررسی نیز با توجه دانه‌ای بودن این دورگ دور از انتظار نبوده و تفاوت نتایج دو سال و بیشتر بودن ماده خشک دانه در سال دوم آزمایش نیز احتمالاً مربوط به مناسب‌تر بودن شرایط اقلیمی نظیر دریافت واحدهای گرمایی بیشتر در سال دوم بوده که موجب افزایش رشد و نمو شده است. بر اساس نتایج به دست آمده مشخص می‌شود که شرایط محیطی بر این ویژگی مؤثر بوده است و دورگ‌های مورد بررسی از نظر میزان ماده خشک اختصاص یافته به دانه با یکدیگر متفاوت بوده‌اند، به طوری که دورگ SC700 دارای بیشترین ماده خشک دانه بوده است. همچنین، PGPR مورد بررسی در این پژوهش با تأثیر بر میزان ماده خشک اختصاص یافته به دانه و با تغییر الگوی تسهیم و تخصیص ماده خشک دورگ‌های ذرت مورد مطالعه موجب افزایش وزن خشک دانه‌ها شده‌اند. این امر، بیانگر افزایش عملکرد دانه است و 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.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها و PGPR نشان داد که دورگ SC704 تلقیح شده با باکتری‌های سه جنس بیشترین وزن خشک چوب بلال را داشت (جدول۲). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR مشخص کرد که کمترین وزن خشک چوب بلال به تیمار عدم تلقیح بذرهای دورگ SC700 درسال اول مربوط بود که ۴۵/۷۱ درصد از بیشترین وزن خشک چوب بلال که به دورگ SC704 تلقیح شده در سال دوم با باکتری‌های سه جنس تعلق داشت، کمتر بود (جدول۳). همچنین، وزن خشک چوب بلال در سال دوم آزمایش برای تیمارهای مختلف بیش از سال اول بود. با توجه به این نتایج مشخص می‌گردد که وزن خشک چوب بلال تحت تأثیر شرایط محیطی سال‌های اجرای آزمایش قرار گرفت و بالاتر بودن وزن خشک بلال در سال دوم نشان‌دهنده مناسب‌تر بودن شرایط برای افزایش اثر PGPR بر این ویژگی است. تفاوت وزن خشک چوب بلال دورگ‌ها با توجه به اینکه دورگ SC700 به عنوان دورگ دانه‌ای اصلاح شده و دورگ‌های دیگر دو منظوره (دانه‌ای- علوفه‌ای) هستند قابل توجیه است. افزایش وزن خشک چوب بلال تحت تأثیر کاربرد PGPR نیز با توجه به اثر افزاینده آنها بر رشد رویشی قابل توجیه است. بنابراین می‌توان بیان داشت که PGPR با تأثیر بر تسهیم وزن خشک بوته موجب افزایش وزن خشک چوب بلال شده‌اند و این افزایش در دورگ SC704 چشمگیر تر بوده است.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دورگ‌ها و PGPR مشخص کرد که دورگ SC700 تلقیح شده با باکتری‌های سه جنس دارای بیشترین شاخص برداشت بود (جدول۲) و مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال، دورگ‌ها و PGPR نشان داد که بالاترین شاخص برداشت مربوط به دورگ SC700 در سال دوم بود که بذرهای آن با باکتری‌های سه جنس تلقیح شده بودند که نسبت به پائین‌ترین شاخص برداشت که به تیمار عدم تلقیح بذرهای دورگ SC704 در سال اول تعلق داشت، ۴۲/۸۴ درصد افزایش نشان داد (جدول۳). 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. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که شاخص برداشت به احتمال زیاد تحت تأثیر شرایط محیطی و مدیریتی سال‌های اجرای آزمایش قرار گرفته است و مناسب بودن شرایط محیطی و مدیریت مزرعه در سال دوم در بالاتر بودن شاخص برداشت مؤثر بوده 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 توجیه‌پذیر است. بنابراین، 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.

با بررسی ضرایب همبستگی ساده بین این ویژگی‌ها وجود روابط همبستگی بین آنها مشخص گردید (جدول۴)، و مشاهده شد که بین وزن خشک بوته و وزن خشک برگ‌ها، ساقه، بلال و دانه همبستگی مثبت قوی وجود داشت. البته چنین رابطه‌ای بین وزن خشک بلال، دانه، ساقه و برگ‌ها نیز مشاهده شد. همچنین، بین شاخص برداشت و وزن خشک بوته، وزن خشک بلال و دانه همبستگی مثبت و بین وزن خشک چوب بلال و وزن خشک بلال همبستگی منفی وجود داشت (جدول۴). بر مبنای این روابط مشخص می‌گردد که افزایش شاخص برداشت از هر دو طریق افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه امکانپذیر شده است و PGPR با تأثیر افزاینده بر هر دو عملکرد بیولوژیک و دانه شاخص برداشت را بهبود بخشیده‌اند. همچنین، بر اساس این روابط به نظر می‌رسد که افزایش وزن خشک برگ‌ها و ساقه به افزایش فتوسنتز و ذخایر ساقه منجر و وزن خشک دانه را افزایش داده است.

بررسی نتایج این پژوهش مشخص کرد که در هر سه دورگ در دو سال اجرای آزمایش تلقیح بذر با مایه تلقیح تلفیق باکتری‌های سه جنس بیشترین تأثیر بر تسهیم ماده خشک را داشت. به طوری که افزایش ۴۸، ۱۵، ۴ و ۳۰ درصدی به ترتیب تسهیم ماده خشک به بوته، برگ‌ها، ساقه و دانه و افزایش ۳۴ درصدی شاخص برداشت نسبت به شاهد (عدم تلقیح) را در پی داشته و پس از آن، تلفیق باکتری‌های ازوتوباکتر و پسودوموناس، ازوتوباکتر و پسودوموناس به تنهایی به ترتیب در مرتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بنابراین، به نظر می‌رسد که افزوده شدن باکتری پسودوموناس به دیگر باکتری‌ها موجب افزایش اثر مثبت تلقیح باکتریایی بذر بر تسهیم ماده خشک و شاخص برداشت دورگ‌های ذرت شده است. از اینرو، مؤثرترین باکتری در تلفیق‌های باکتریایی مورد بررسی باکتری پسودوموناس بوده است. با جمع‌بندی کلی از نتایج این پژوهش، چنین مشخص می‌شود که الگوی تسهیم ماده خشک در دورگ‌های مورد مطالعه به طور متفاوت و منطبق بر نوع دورگ‌ها (دانه‌ای یا دو منظوره بودن آنها) تحت تأثیر PGPR قرار گرفته است. همچنین کاربرد PGPR موجب تغییر تخصیص ماده خشک به اندام‌های بوته گردیده به نحوی که ماده خشک اندام‌های فتوسنتزکننده (برگ‌ها)، اندام ذخیره‌ای (ساقه)، اندام زایشی (بلال) و چوب بلال که معیاری از رشد و نمو می‌باشد افزایش یافته و میزان این افزایش برای برگ‌ها که اندام اصلی فتوسنتزکننده بوته می‌باشند و بلال بیشتر بوده و در نتیجه به طور غیرمستقیم و مستقیم شاخص برداشت در جهت افزایش عملکرد دانه و علوفه این دورگ‌ها افزایش یافته است. همچنین، بررسی تأثیر سال نشان می‌دهد که تسهیم ماده خشک تحت شرایط محیطی دوره اجرای آزمایش قرار گرفته است.

جدول ۴- ضرایب همبستگی ساده بین ماده خشک بخش‌های مختلف بوته و شاخص برداشت

ویژگی‌ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
۱. وزن خشک بوته	۱						
۲. وزن خشک برگ‌ها	۰/۹۱۰**	۱					
۳. وزن خشک ساقه	۰/۸۰۵**	۰/۴۰۹ns	۱				
۴. وزن خشک بلال	۰/۸۷۵*	۰/۸۱۰**	۰/۷۱۱*	۱			
۵. وزن خشک دانه	۰/۸۲۰**	۰/۶۵۳*	۰/۶۷۵*	۰/۹۹۰**	۱		
۶. وزن خشک چوب بلال	۰/۸۰۰**	۰/۴۰۰ns	۰/۴۴۵ns	۰/۸۹۵**	-۰/۸۵۲**	۱	
۷. شاخص برداشت	۰/۷۵۷*	۰/۲۵۶ns	۰/۶۹۵ns	۰/۹۰۱**	۰/۹۰۵**	-۰/۶۹۵*	۱

ns غیرمعنی‌دار، *،**به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

REFERENCES

1. Anonymus. (2009). *Agriculture statistics, first volume, field and garden crops (2006-7)*. Statistics and information technology office of Economy and Planing deputy of Ministry of Jihad-e-Agriculture. (In Farsi).
2. Banerjee, M. R., Yesmin, L. & Vessey, J. K. (2006). Plant-growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers and biopesticides. In Rai, M. K. (Ed.), *Handbook of microbial biofertilizers*. (pp.137-181). Food Production Press, U.S.A.

3. Bashan, Y. & Dubrovsky, J. G. (1996). *Azospirillum* spp. participation dry matter partitioning in grasses at the whole plant level. *Biology and Fertility of Soils*, 23, 435-440.
4. Brenner, M. L. (1990). The role of hormones in photosynthate partitioning and seed filling. In P.J. Davis (Ed.), *Plant hormones and their role in plant growth and development*. (pp. 474-493). Kulwer Academic Publishers, the Netherlands.
5. Chabot, R., Antoun, H. & Cescas, M. P. (1993). Stimulation of the growth of maize and lettuce by inorganic phosphorus- solubilizing micro-organisms. *Canadian Journal of Microbiology*, 39: 941-947.
6. Cleland, R. E. (1990). Auxin and cell elongation. In P.J. Davis (Ed.), *Plant hormones and their role in plant growth and development*. (pp. 132-148). Kulwer Academic Publishers, The Netherlands.
7. Cohen, E., Okon, Y., Kigel, J., Nur, I. & Henis, Y. (1980). Increase in dry weight and total nitrogen content in *Zea mays* and *Setaria italica* associated with nitrogen-fixing *Azospirillum* spp. *Plant Physiology*, 66, 746-749.
8. Fulchieri, M. & Frioni, L. (1994). *Azospirillum* inoculation on maize (*Zea mays* L.): Effect on yield in a field experiment in central Argentina. *Soil Biology & Biochemistry*, 26,921-923.
9. Hernandez, A. N., Hernandez, A. & Heydrich, M. (1995). Selection of rhizobacteria for use in maize cultivation. *Cultivos Tropicales*, 6, 5-8.
10. Kapulnik, Y., Sarig, S., Nur, A., Okon, Y. & Henis, Y. (1982). The effect of *Azospirillum* inoculation on growth and yield of corn. *Israel Journal of Botany*, 31, 247-255.
11. Manaffee, W. F. & Kloepper, J. W. (1994). Applications of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In C. E. Pankburst, , B. M. Doube, V. V. S. R. Gupta, & P. R.Grace (Eds.), *Soil biota management in sustainable farming systems*, (pp. 23-31). CSLRO, pub. East Melbourne, Australia.
12. Metraux, J. P. (1990). Gibberellins & plant cell elongation. In P. J. Davis (Ed.), *Plant hormones and their role in plant growth and development*, (pp. 296-317). Kulwer Academic Publishers, The Netherlands.
13. Nieto, K. F. & Frankenberger, W. T. (1991). Influence of adenine, isopentyl alcohol and *Azotobacter chroococcum* on the vegetative growth of *Zea mays*. *Plant and Soil*, 135, 213- 221.
14. Pan, B., Bai, Y. M., Leibovitch, S. & Smith, D. L. (1999). Plant growth promoting rhizobacteria and kinetin as ways to promot corn growth and yield in a short growing season area. *Eropean Journal of Agronomy*, 11, 179-186.
15. Quatrano, R. S. (1990). The role of hormones during seed development. In P.J.Davis (Ed.), *Plant hormones and their role in plant growth and development*, (pp. 494-514). Kulwer Academic Publishers, The Netherlands.
16. Rachewed, S. N., Raut, R. S., Malewar, G. U. & Hansabude, A. R. (1991). Effect of phosphate solubilising biofertilizers on phosphorus utilization by maize. *Annals of Plant Physiology*, 5, 117-120.
17. Ribaudo, C. M., Paccusse, A. N., Rondanini, D. P., Curu, J. A. & Fraschina, A. A. (1998). Azospirillum-maize association: Effects on dry matter yield and nirate reductuse activity. *Agricultura Tropica et Subripica*, 31, 61-70.
18. Rohitashav-Singh, Sood, B. K., Sharma, V. K. & Singh, R. (1993). Response of forage maize (*Zea mays* L.) to Azotobacter inoculation and nitrogen. *Indian Jounal of Agronomy*, 38, 555-558.
19. Sharma, A. K. (2003). *Biofertilizers for sustainable agriculture*. Agrobios, India.
20. Stancheva, I., Dimitrev, I., Kuloyanova, N., Dimitrova, A. & Anyelov, M. (1992). Effects of inoculation with *Azospirillum brasiliense*, photosynthetic enzyme activties and grain yield in maize. *Agronomie*, 12, 319-324.
21. Stancheva, I. & Dinev, N. (1992). Effect of inoculation of maize and species of tribe *Triticeae* with *Azospirillum brasilense*. *Journal of Plant Physiology*, 4, 550-552.
22. Tilak, K. V. B. R., Singh, C. S., Roy, V. K. & Rao, N. S. S. (1982). *Azospirillum brasilense* and *Azotobacter chroococcum* inoculum: effect on yield of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor*). *Soil Biology* & *Biochemistry*, 14, 417- 418.
23. Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. *Plant and Soil*, 255,271- 586.
24. Zahir, A. Z., Arshad, M. & Khalid, A. (1998). Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. *Pakistan Journal of Soil Science*, 15, 7-11.
25. Zahir, A. Z., Arshad, M. & Frankenberger, W. F. (2004). Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*, 81, 97-168.