عملکرد ذرت دانه‌ای تحت تاثیر باکتری‌های محرک رشد و مصرف روی در شرایط تنش کم‌آبی

سعید قنبری [۱]، سید غلامرضا موسوی [۲*]

تاریخ دریافت: ۹٤/۱۱/۲ تاریخ پذیرش: ۹۵/٦/۳

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران
۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران
*مسئول مکاتبه Email: sreza13501362@gmail.com

چکیده

به منظور بررسی تاثیر تلقیح باکتری و مصرف روی، بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای در شرایط تنش کم-آبی، آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل با سه تکرار در سال ۱۳۹۱ در شهرستان مه‌ولات خراسان رضوی اجرا گردید. در این تحقیق دورهای آبیاری ٦، ۹ و ۱۲ روز به عنوان کرت‌های اصلی و تیمارهای ترکیب باکتری (*Pseudomonas fluorescens* و *Pseudomonas putida*) و سولفات روی (صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) در ٦ سطح به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که اثرات ساده آبیاری، باکتری و سولفات روی بر صفات تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه با افزایش دور آبیاری از ٦ به ۱۲ روز به ترتیب ٥٥/٤ و ٥٧/٣ درصد کاهش یافت. همچنین این صفات، با افزایش کاربرد سولفات روی از صفر به ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ٦/٦ و ۱۰/۲ درصد و با کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* صفات مذکور نسبت به عدم تلقیح با باکتری به ترتیب ۸/٦ و ۱٤/۷ درصد و به طور معنی-داری افزایش یافت. به طور کلی نتایج این تحقیق بیانگر آن است که کاربرد باکتری‌های محرک رشد و کود سولفات روی در کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی در ذرت موثر است، اما در شرایط تحقیق حاضر برای داشتن حداکثر تولید دانه و بیوماس دور آبیاری ٦ روز، تلقیح بذور با باکتری *Pseudomonas* و کاربرد ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار را برای زراعت ذرت می‌توان پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، باکتری پزودوموناس، روی، ذرت، کم‌آبیاری، کود زیستی

Grain Yield of Maize Influenced by Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Zinc under Water Deficit Stress

Saeid Ghanbari[1], Seyyed Gholamreza Moosavi[2*]

Received: January 22, 2016 Accepted: August 24, 2016
1- Dept of Agronomy and Crop Breeding, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran
2- Dept of Agronomy and Crop Breeding, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran
*Corresponding Author: Email: sreza13501362@gmail.com

Abstract

Effect of bacterial inoculation and Zinc application on yield and yield components of grain maize under water deficit stress condition were studied by experiment as split plot-factorial design with 3 replications at Mahvalat Razavi Khorasan provience, Iran in 2012. Three irrigation cycles (6, 9 and 12 days) and six levels for combination of bacteria (*Pseudomonas fluorescens and P. fluorescens*) *and* Zinc (0 and 50 kg.ha^{-1}) were as main plots and sub plots, respectively. Results showed that simple effects of irrigation, bacteria and Zinc were significant on seed number per row, seed number per ear, 1000-seed weight, seed yield and biological yield. As irrigation cycle increased from 6 to 12 days, seed number per ear and seed yield decreased 55.4 and 57.3%, respectively. Also as Zinc increased from 0 to 50 kg.ha^{-1}, these traits significantly increased 6.6 and 10.2%, respectively. Moreover with *P. fluorescens* application mentioned traits significantly increased 8.6 and 14.7%, respectively as compared with non-bacterial inoculation treatment. Zinc sulphate application and PGPR decreased adverse effects of water deficit stress, but under this research conditions, irrigation cycle of 6 days and 50 kg.ha^{-1} Zinc sulphate application and seed inoculation by *Pseudomonas* recomended.

Keywords: Corn, Low Irrigation, *Pseudomonas*, Yield Components, Zinc

مقدمه

ذرت، پرمحصول‌ترین غلات محسوب می‌شود و به دلیل عملکرد بالا در واحد سطح به عنوان سلطان غلات معروف است (امام ۱۳۸۳). سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در ایران، ۲۳۳۶۲۰/۵ هکتار و عملکرد آن ۱۶۵۸۸۷۵ تن گزارش شده است (بی‌نام ۱۳۹٤).

در مناطق خشک و نیمه‌خشک تنش‌های محیطی به خصوص خشکی، شوری، دمای بالا و همچنین بادهای گرم تاثیر به سزایی بر رشد و عملکرد گیاهان دارد (گلیک و همکاران ۲۰۰۷). نبی‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.) شد. ربانی و امام (۱۳۹۰) دریافتند که اعمال تنش خشکی در مراحل گلدهی و پرشدن دانه به ترتیب موجب کاهش ۲۹/۲ و۱۸/۱ درصدی عملکرد دانه ذرت گردید.

باکتری‌های محرک رشد، میکرواورگانیسم‌هایی هستند که به طور آزاد در خاک زندگی می‌کنند و با پیوستن به بذر و نیز ریشه گیاه و برقراری ارتباط و

همزیستی با آن، به طور مستقیم و غیرمستقیم باعث ایجاد یک مقاومت سیستمیک القایی در ارتباط با تنش-های محیطی از جمله خشکی و شوری در گیاهان می-شوند (گلیک و همکاران ۲۰۰۷). مکانیسم‌های غیرمستقیم شامل تولید آنتی‌بیوتیک، تخلیه آهن ریزوسفر، تولید آنزیم‌های شکافنده دیواره سلولی قارچ و رقابت با پاتوژن‌ها برای بدست آوردن مکان‌ها و یا نقاط روی ریشه و پیوستن به آن می‌باشد. مکانیسم-های مستقیم نیز شامل کمک به تامین مواد غذایی مورد نیاز گیاه از طریق تثبیت ازت، انحلال فسفر، ایجاد مواد کلات‌کننده سیدروفور و تامین آهن، همچنین ترشح فیتوهورمون‌های مهم رشد از قبیل جیبرلین، سایتوکنین، اکسین و مهمتراز همه ترشح هورمون ACC دی‌آمیناز است که از اثرات مخرب ناشی از افزایش غلظت اتیلن که در شرایط تنش به وجود می‌آید، جلوگیری می‌کند. همچنین این باکتری‌ها موجب تولید ریشه‌ای بلندتر و شکل‌گیری یک سیستم جذب گسترده و قویتر برای گیاه شده و در مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی و شوری نقش موثری ایفا می‌کنند (گرهاردت و همکاران ۲۰۰۶ و گلیک و همکاران ۲۰۰۷).

ساندیا و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که تلقیح بذرهای ذرت با باکتری‌های جنس *باسیلوس* در شرایط تنش کم‌آبی، با ایجاد برخی واکنش‌های فیزیولوژیک که باعث گسترش ریشه، تنظیم اسمزی از راه افزایش پرولین، قندها، اسیدهای آمینه آزاد و حفظ محتوای نسبی آب برگ و اندام هوایی می‌گردد، موجب کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی شد. آقاخانی و احتشامی (۲۰۰۸) گزارش کردند که تحت شرایط تنش خشکی در تیمارهای قارچ میکوریزا و باکتری محرک رشد *Pseudomonas fluorescens* چه در ترکیب با هم و چه به صورت مجزا، اجزای عملکرد، شاخص برداشت، فسفر قابل دسترس خاک و درصد تشکیل و توسعه ریشه به طور معنی‌داری در بوته‌های ذرت افزایش یافت. همچنین دیگر محققین اعلام داشتند که تلقیح بذرهای آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) با کاربرد باکتری محرک رشد *Pseudomonas putida* سویه GAP-P45 در شرایط حداکثر تنش کم‌آبی، بقاء بیوماس گیاهی و گسترش بافت ریشه در این گیاه را به دنبال داشت (ساندیا و همکاران ۲۰۰۹). باراسی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند تلقیح صیفی‌جات با باکتری‌های محرک رشد باعث یک سری تغییرات فیزیولوژیکی در گیاه می‌شود که این امر می‌تواند رشد بیشتر گیاه و همچنین مقاومت سیستمیک گیاه به تنش‌های غیرزنده مانند کم‌آبی را باعث شود. لیدیکات و همکاران (۲۰۰۹) نیز اعلام داشتند که استفاده از گونه‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد *Pseudomonas*، در کشت مارچوبه (*Asparagus officinalis* L.) موجب افزایش رشد بوته ها در شرایط تنش کم‌آبی گردید.

عنصر روی در تولید و فعالیت اکسین‌ها که موجب القاء ریشه‌زایی می‌گردد، همچنین در سنتز پروتئین و کربوهیدارت‌ها، تولید دانه و سرعت تکامل دانه ضروری است (زند و همکاران ۱۳۸۹). همچنین این عنصر از طریق شرکت در متابولیسم و فعالیت سوپر اکسید دسماتاز، پراکسیداز و کاتالاز نقش مهمی در کم کردن سطح تولید اکسیژن فعال ناشی از تنش خشکی و حمایت سلول‌های گیاهی دربرابر حمله آن بازی می‌کند (هونگ و جیبون ۲۰۰۷). منگ و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که استفاده از کود روی، مقدارآسیب-دیدگی ریشه ذرت را بر اثر تنش خشکی کاهش داد. شیخ‌بیگلو و همکاران (۱۳۸۸) اعلام داشتند که محلول-پاشی سولفات روی و کلات روی، وزن هزار دانه، تعداد دانه درردیف و تعداد دانه در بلال ذرت سینگل کراس ۷۰٤ را تحت شرایط تنش کم‌آبی بهبود بخشید. دهقانیان و مدندوست (۱۳۸۷) با مصرف کلات روی در گندم

(*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش کم‌آبی گزارش کردند که مصرف این کود به طور معنی‌داری تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه درسنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت را افزایش داد.

با توجه به مطالب ارائه شده این تحقیق به منظور بررسی تاثیر دور آبیاری، کاربرد باکتری-های *Pseudomonas* و کود روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در اراضی کشاورزی واقع در روستای مهنه از توابع شهرستان مه ولات استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۱ انجام شد. محل آزمایش بر اساس سیستم طبقه‌بندی آمبرژه جزء مناطق گرم و خشک می‌باشد (بی‌نام ۱۳۹۲).

این تحقیق به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام پذیرفت که درآن دور آبیاری در سه سطح شامل دورهای آبیاری ۱۲ (تنش شدید)، ۹ (تنش ملایم) و ٦ (بدون تنش) روز به عنوان کرت اصلی و تیمارهای ترکیب باکتری و روی شامل باکتری *Pseudomonas putida* بدون مصرف روی، باکتری *Pseudomonas putida* با مصرف روی، باکتری *Pseudomonas fluorescens* بدون مصرف روی، باکتری *Pseudomonas fluorescens* با مصرف روی، عدم تلقیح بذر با باکتری و مصرف روی و عدم تلقیح بذر با باکتری و عدم مصرف روی به عنوان تیمارهای فاکتوریل در نظر گرفته شد.

هر کرت آزمایشی دارای ۵ متر طول و ۵ ردیف کاشت با فاصله ٦۰ سانتی‌متر بود و فاصله بین کرت-های فرعی ٦۰ و کرت‌های اصلی ۱۸۰ سانتی‌متر وفاصله بین تکرارها ۲ متردر نظر گرفته شد. در هر کرت آزمایشی دو ردیف کناری و همچنین ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر ردیف به عنوان اثرحاشیه‌ای در نظر گرفته شد.

بذر ذرت مورد استفاده، رقم سینگل کراس۷۰٤ بود. بذرها فاقد هرگونه سم قارچ‌کش بوده و قبل از تلقیح توسط محلول هیپوکلریت سدیم ضدعفونی شده و عاری از سایر باکتری‌ها و یا قارچ گردید. مایه تلقیح مورد استفاده نیزبه شکل پودری شامل باکتری *Pseudomonas fluorescens* سویه ۱٦۹ و *Pseudomonas putida* سویه ۱۰۸ به شکل خالص بود (مایه حامل باکتری‌ها پرلیت بود) که تراکم جمعیت باکتری در سویه ۱۰۸ و ۱٦۹ به ترتیب$۱۰^{۹}$×۱/۰۱ و $۱۰^{۹}$× ۱/۲۵ سلول به ازای هر گرم مایه تلقیح بود و از موسسه تحقیقات آب و خاک استان خراسان رضوی تهیه گردید. جدول ۱ بیانگر خصوصیات باکتری‌های مورد استفاده است (بی‌نام ۱۳۹۰). مقدار بذر مصرفی در هر کرت ۱۵ مترمربعی٦۰ گرم و مقدار سویه باکتری مورد استفاده برای تلقیح بذری ۰/٦ گرم (بر مبنای یک کیلوگرم از سویه باکتری برای صد کیلوگرم بذر ذرت) محاسبه گردید.

مراحل تلقیح بذور ذرت به این گونه بود که ابتدا کلیه بذرها به مقداری پرلیت اتوکلاو شده آغشته شد و سپس برای سهولت کار و دقت بیشتر، کل بذرها به سه قسمت (برای تیمارهای بدون تلقیح، تلقیح با *Pseudomonas fluorescens* و تلقیح با *Pseudomonas putida*) تقسیم شد. همچنین مقدار مایه تلقیح مورد نیاز از هر کدام از باکتری‌ها نیز به مقدار محاسبه شده برای بذر ۱۸ کرت (۱۰/۸ گرم) به کمک ترازوی دیجیتال آماده شد. سپس ضمن استفاده از دستکش، قاشق و ظرف یکبار مصرف، هر گروه از بذرهای مورد نظر را به طور جداگانه در کیسه نایلونی ریخته و بعد از اضافه کردن چند قطره چسب (صمغ عربی) و بستن درب کیسه نایلونی بذرها را تکان داده تا تمام بذرها به طور یکنواخت به صمغ آغشته گردند. جهت یکسان‌سازی شرایط بذور کشت شده در مزرعه، این

عمل چه برای بذرهای بدون تلقیح و چه برای بذرهای تیمارهای با تلقیح توسط باکتری انجام گرفت. به محض آغشته شدن بذرها به صمغ، مایه تلقیح مورد نظر به کیسه نایلونی حاوی بذرها اضافه شده و دوباره عمل تکان دادن تکرار گردید. بلافاصله پس از انجام تلقیح، به کمک ترازوی دیجیتال بذر مورد نیاز برای هر کرت آزمایشی توزین شد و در پاکت با کد مشخص قرارگرفت و جهت کاشت به مزرعه منتقل گردید. بذرها در تاریخ ۲۰ خرداد به صورت دستی و در عمق ٤ سانتی‌متری از سطح خاک کشت شد.

جدول ۱- برخی خصوصیات سویه‌های مورد استفاده باکتری *سودوموناس*

باکتری	فعالیت آنزیم ACCdeaminase[1]	مواد شبه اکسین (mg/l)	فسفرمعدنی حل شده (mg/l)	توان تولید سیدروفور	توان تولید اکسین
Pseudomonas putida	۵/۰۳۰	۸/۹	۵۷/۳۲	+	+
Pseudomonas fluorescens	۳/۵۰۸	۵/۸	۵۳/۵۰	+	+

۱- میکرومول آلفاکتوبوتیرات در میلی گرم پروتئین در ساعت

بر اساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۲)، میزان ٤۰۰، ۲۰۰ و۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب کود اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات روی (تنها برای تیمارهای کاربرد کود روی) مصرف شد. یک سوم از کود اوره و تمامی کود فسفات قبل از کاشت در مرحله آماده‌سازی بستر کشت با خاک مخلوط شد و باقیمانده کود اوره به طور مساوی در دو مرحله (مرحله ۸-۹ برگی و مرحله ظهور تاسل یا گل‌آذین نر ذرت) به صورت سرک به مزرعه داده شد. کود سولفات روی در مرحله کاشت و به شکل کودکاری در وسط پشته و در عمق حدود ۱۵ سانتی‌متری به خاک اضافه گردید. بلافاصله پس از کاشت زمین آبیاری شد. دور آبیاری در همه کرت‌ها در سه هفته اول ٦ روز در نظر گرفته شد و پس از آن اعمال تنش کم‌آبی ملایم و شدید (به ترتیب افزایش دور آبیاری به ۹ و ۱۲ روز) در کرت‌های آزمایشی انجام شد. عملیات تنک کردن به نحوی انجام شد که فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر باشد. عملیات مبارزه با علف‌های هرز نیز طی دو مرحله با وجین دستی انجام گرفت.

لازم به ذکر است که در تعیین اسیدیته خاک، از عصاره ۱:۱ خاک استفاده شد و پس از کالیبره کردن دستگاه pH متر (مدل BP-11 ساخت شرکت Sartorius) اندازه‌گیری اسیدیته انجام شد. همچنین اندازه‌گیری کربن آلی خاک نیز به روش والکلی بلک صورت گرفت و تعیین هدایت الکتریکی با استفاده از عصاره تهیه شده برای اسیدیته انجام شد (جعفری حقیقی ۱۳۸۲).

جدول ۲- نتیجه تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته	آهک (%)	کربن آلی (%)	ازت (%)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم)	روی (میلی‌گرم در کیلوگرم)
شنی لوم	۱/۳۷	۸/۲٤	۱۷/۰۲	۰/۳۱۵	۰/۰۳۱	۱	۲۹۰	٤/۸۲	۰/۹٦

برای اندازه‌گیری مساحت برگ بلال (A)، ۵ بوته به صورت تصادفی از ردیف‌های وسط با در نظر گرفتن نیم متر حاشیه از ابتدا و انتهای ردیف در مرحله شروع پر شدن دانه‌ها انتخاب و سپس با اندازه‌گیری طول برگ(L) و پهن‌ترین قسمت عرض هر برگ (W) بر حسب سانتی‌متر و با استفاده از رابطه زیرمساحت برگ بلال برای هر برگ انجام گرفت و در نهایت میانگین آنها به عنوان مساحت برگ بلال برای هر کرت بر حسب سانتی‌متر مربع در آنالیز داده‌ها استفاده گردید (مجدم و همکاران ۱۳۸۸).

$$A = L \times W \times 0.75$$

۱۰ بلال از بلال‌های برداشت شده به طور تصادفی انتخاب گردید و میانگین تعداد ردیف در آنها با شمارش ردیف‌های هر یک بدست آمد. همچنین در بلال‌های مذکور تعداد دانه در ۲۰ ردیف به طور تصادفی شمارش گردید و میانگین آن‌ها به عنوان تعداد دانه در ردیف بلال ثبت گردید و از حاصلضرب تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال بدست آمد.

برای بدست آوردن عملکرد بیولوژیک در بوته‌های جمع‌آوری شده از سطح ۱/۸ متر مربع (۱۵ بوته) از هر کرت فرعی در برداشت نهایی برگ‌ها، ساقه‌ها، تاسل‌ها و بلال‌ها جداسازی شده و پس از خشک شدن تعیین وزن شد و مجموع وزن آنها به عنوان عملکرد بیولوژیک ثبت و بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. برای تعیین عملکرد دانه نیز با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای، تمامی دانه‌های بدست آمده از بلال‌های ۱۵ بوته جمع-آوری شده به کمک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شد و سپس عملکرد هر کرت آزمایشی بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. از میان دانه‌های جدا شده از بلال‌های برداشت نهایی، تعداد ۱۰۰۰ دانه به طور تصادفی با دستگاه بذرشمار جداسازی شد و پس از تعیین وزن با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم، عدد مربوطه به عنوان وزن هزار دانه ثبت گردید. شاخص برداشت دانه در بوته نیز با استفاده از فرمول ذیل محاسبه گردید:

$$\text{شاخص برداشت} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} \times 100$$

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار MSTAT-C و برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار اکسل استفاده شد. همچنین مقایسه میانگین‌های صفات با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

مساحت برگ بلال

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تلقیح باکتریایی و سولفات روی و اثرات متقابل آبیاری و سولفات روی، باکتری و سولفات روی و نیز اثر متقابل آبیاری، باکتری و سولفات روی بر مساحت برگ بلال در سطح یک درصد معنی‌دار شد، اما اثر متقابل آبیاری و باکتری و اثر ساده آبیاری بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳).

هر چند که اثر آبیاری بر مساحت برگ بلال معنی-دار نشد اما مقایسه میانگین‌ها بیانگر اثر منفی تنش کم-آبی بر مساحت برگ بلال بود، به طوری که اعمال تنش کم آبی شدید موجب کاهش ۱۱/۲۳ درصدی مساحت برگ بلال نسبت به تیمار بدون تنش گردید و دور آبیاری ٦ روز در گروه آماری برتر قرار گرفت (جدول ٤). بوم اسما و وین (۲۰۰۸) نیز در ذرت نتایج مشابهی را گزارش کردند. بانزیگر و همکاران (۲۰۰۰) اعلام کردند که تنش کم‌آبی از تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها جلوگیری نموده و در نتیجه موجب کاهش سطح برگ می‌شود.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات ساده و متقابل آبیاری، تلقیح باکتریایی وسولفات روی بر صفات مورد مطالعه ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		مساحت برگ بلال	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	٦٩/١٦^{ns}	٤/٩٦^{ns}	٤٣/٩١٤**	٢٥٧٣/٥٦^{ns}	٢١٨/١٢^{ns}	١٤٨٤٠٠٦/٧٩ *	١٩٣٨٦٩٨/٠٩٦^{ns}	٨/٣٠٦^{ns}
آبیاری (I)	۲	٩٤٣٧/٩١^{ns}	١٥/٣^{ns}	١٥٨٤/٧٢**	٣٦٢٧٢٣/٨٥ **	١٠٥٧/٦*	٢٥٤٣٥٢٦٢٧/٤٩**	٧٥٥٤١٠٨٢٦/٣٥ **	٥٥٩/٤٤**
خطای a	٤	١٣٧٧/٧٤	٢/٦٩	١/٦١٥	٥٥٦/٣٤	١٣٦/٧٧	١٥٥٤٤٤/٧٦	٥٥٥١٦٤٨/٥٨	٩/٧٥٦
باکتری (B)	۲	١٢٩٠٥/٧٦ **	١/٤٥^{ns}	٣٦/٠٦٣**	٥٣٦٠/٨٢**	١٢٠٣/٠٣**	٨٥٢٥٣٩٣/٣٨**	٣٨٦٢١١٦٨/٧٢**	٤/٣٨٨^{ns}
I × B	٤	٢١٣/٨٥ ^{ns}	٢/٢٣^{ns}	٧/٣٤٨*	١٠٤٥/٨٠*	٢٠٨/٣١٣*	٦٦٤٦٥٥/٦٥**	١٤٨٩٠٩٢/١٩^{ns}	٥/١٨١*
روی (Z)	١	١٩٩٦٦/٠١**	٤/٩٦^{ns}	٢٧/٧٢٩**	٧٧٥٤/٤٤**	١٧٠٥/٤٥**	١١٢٣٤٦٢٩/٥٧**	٣٠٦٤٦٨١٦/٨٢**	٢١/٩١٤^{ns}
I × Z	۲	١٢٧٤/٣٢**	٣/٨٤^{ns}	١١/٤٦٢*	١٣٨٧/٨٤*	١٣٩/٦٠^{ns}	١٣٧٠٩٢٦/٩١**	٤٨٠٢٨٩١/٣٤**	٠/٦٠٨^{ns}
B × Z	۲	٢٧٨٤/٨٣**	١/٦٨^{ns}	١/٦٧٧^{ns}	٣٦٣/٣٩^{ns}	٦٥٢/٧٧**	٥٢٦٢٥٤/٤٠*	١١٤٢٠٤٣/٥٧^{ns}	٢/٩٨٩^{ns}
I × B × Z	٤	٥٩٧/٩٣**	١/٣٦^{ns}	٠/٩٣٥^{ns}	١١١/١٤^{ns}	٢٨/١٩ ^{ns}	١٨٦٢٤٧/٠٦^{ns}	٥٥٤٠٠٩/٥٢^{ns}	١/٩٦٦^{ns}
خطای b	٣٠	١٠٢/٤	١/٩٨	٢/٣٨٤	٣٠٢/٩٠	٥٧/٣٧	١٥٣٤٦٥/٠٥	٦٥٢٥٨٩/٢١	٣/٤٤٣
ضریب تغییرات (درصد)	–	٢/٨٨	١٠/٨٠	٥/٤٤	٤/٦٣	٢/٥٤	١٤/١٧	٣/٥٥	١٤/٦٠

**، * وns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ ، ۰/۰۵ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد باکتری‌های *Pseudomonas putida* و *Pseudomonas fluorescens* به ترتیب موجب افزایش ١٢/٨٤ و ١٥/٦٤ درصدی مساحت برگ بلال نسبت به تیمار عدم تلقیح شد (جدول ٤). این نتایج با نتایج بدست آمده توسط غلامی و همکاران (۲۰۰۹) مبنی بر تاثیر مثبت کاربرد بکترهای محرک رشد در ذرت مطابقت داشت. از آنجا که این باکتری‌ها قادر به تولید هورمون ACC دی‌آمیناز می‌باشند و این هورمون می‌تواند از اثرات مخرب ناشی از افزایش غلظت اتیلن به عنوان یک هورمون محدودکننده رشد، جلوگیری کند (گرهاردت و همکاران ٢٠٠٦)، برخی محققین (گرهاردت و همکاران ٢٠٠٦ و آرشاد و همکاران ٢٠٠٨) نقش مثبت کاربرد باکتری‌های محرک رشد را در افزایش سطح برگ به این کارکرد هورمون ACC دی‌آمیناز مربوط دانسته‌اند. همچنین غلامی و همکاران (۲۰۰۹) مکانیسم‌های مورد استفاده توسط این ریزموجودات در تجمع مواد فتوسنتزی و افزایش بیوماس اندام هوایی قبل از گلدهی را در افزایش سطح برگ دخیل دانستند. ساندیا و همکاران (۲۰۱۰) نیز اعلام کردندکه باکتری‌های جنس *Pseudomonas* باعث افزایش قند در گیاه ذرت شده که تولید قند بیشتر در گیاه را استوبانزیگر و همکاران (۲۰۰۰) عامل افزایش سطح برگ دانستند. به علاوه احتمالا تکثیر و طویل شدن سلول‌ها توسط هورمون ایندول استیک اسید که با ترشح از باکتری غلظت آن در گیاه افزایش می‌یابد (گلیک و همکاران ۲۰۰۷) نیز در افزایش سطح برگ موثر است.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه ذرت در سطوح آبیاری،تلقیح باکتریایی و سولفات روی

تیمار	مساحت برگ بلال (سانتیمتر مربع)	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
دور آبیاری (روز)								
٦	٣٧٧/٦٩a	١٣/٦٤a	٣٧/٤٧a	٥١٠/٩٩a	٣٠٧/٣٦a	١٣١١٠/٨٥a	٢٩٤٢٧/١٥a	٤٤/٥٣a
٩	٣٤١/٥٤ b	١٣/٤٤ab	٢٨/٩٩b	٣٨٩/٣٧b	٢٩٣/٨٧b	٩٥٠٩/١٧b	٢٢٣٦٩/٧٨b	٤٢/٤٨a
١٢	٣٣٥/٢٧ b	١١/٩٧b	١٨/٧٣c	٢٢٨/٠١c	٢٩٤/٣٠b	٥٥٩٤/٨٥c	١٦٤٨٨/٥٢c	٣٤/٠١b
باکتری عدم تلقیح	٣٢١/٠٢c	١٣/١٨a	٢٦/٧٧b	٣٥٦/٢١b	٢٨٩/٣١b	٨٦١٦/٤٨b	٢١٠٧٢/٣٥b	٤٠/٠١a
Pseudomonas putida	٣٦٢/٢٥b	١٣/١٨a	٢٩/٠٣a	٣٨٥/٤٤a	٣٠١/٣٠a	٩٧١٣/٣٧a	٢٣٦٧٦/٤٩a	٤٠/١٠a
Pseudomonas fluorescens	٣٧١/٢٣a	١٢/٦٩a	٢٩/٣٨a	٣٨٦/٧١a	٣٠٤/٩٣a	٩٨٨٥/٠٢a	٢٣٥٣٦/٦١a	٤٠/٩١a
سولفات روی (کیلوگرم در هکتار)								
٠	٣٣٢/٢٧b	١٢/٧١a	٢٧/٦٨b	٣٦٤/١٤b	٢٩٢/٨٩b	٨٩٤٨/٨٣b	٢٢٠٠٨/٤٧b	٣٩/٧٠b
٥٠	٣٧٠/٧٣a	١٣/٣٢a	٢٩/١١a	٣٨٨/١٠a	٣٠٤/١٣a	٩٨٦١/٠٨a	٢٣٥١٥/١٦a	٤٠/٩٨a

میانگین‌های صفاتی که در هر ستون دارای حروف مشابه می‌باشند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ٥٪ هستند.

مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر ساده کود روی بر مساحت برگ بلال بیانگر افزایش ١١/٥٨ درصدی مساحت برگ بلال در تیمار کاربرد سولفات روی نسبت به تیمار عدم مصرف روی است (جدول ٤). تالوث و همکاران (٢٠٠٦) در ماش نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. نامبردگان معتقدند که علت این موضوع را می‌توان اثرات مطلوب عنصر روی در متابولیسم، فعالیت‌های بیولوژیک و تاثیرات محرک آن بر پیگمان‌های فتوسنتزی و نیز تاثیر بر فعالیت آنزیم‌هایی که در ترغیب رشد رویشی گیاه نقش دارند، دانست.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و سولفات روی نشان داد که بیشترین مساحت برگ بلال با میانگین ٤٠٦/٢ سانتی‌متر مربع از تیمار آبیاری مطلوب و مصرف ٥٠ کیلوگرم سولفات روی در هکتار و کمترین آن با میانگین ٣١٨/١ سانتی‌متر مربع از تیمار دور آبیاری ١٢ روز و عدم مصرف سولفات روی بدست آمد (جدول ٦). هر چند در شرایط آبیاری بدون تنش، کاربرد روی کارایی بیشتری در افزایش مساحت برگ بلال داشت (١٦/٣ درصد نسبت به عدم کاربرد روی) اما در شرایط تنش کمبود آب خصوصا تنش شدید کم‌آبی (دور آبیاری ١٢ روز) نیز مصرف روی به میزان ١٠/١٨ درصد مساحت برگ بلال را نسبت به تیمار عدم کاربرد روی افزایش داد (جدول ٦). تالوث و همکاران (٢٠٠٦) در ماش نتایج مشابهی گزارش کردند. این محققین اظهار داشتند که این نتایج ممکن است به دلیل نقش روی در ایجاد مقاومت به خشکی با مکانیسم‌های نگهدارنده گیاه در مقابل تنش باشد. از جمله این مکانیسم‌ها افزایش فعالیت آنزیم‌های موثر در دفاع آنتی‌اکسیدانتی در مقابل آسیب‌های اکسیداتیو و شرکت در ساخت هورمون اکسین که باعث القاء ریشه‌زایی (زند و همکاران ١٣٨٩ و هونگ و جییون ٢٠٠٧) و در نتیجه گسترش سیستم جذب آب می‌گردد، اشاره کرد. همچنین اگر چه تنش کم‌آبی تقسیم سلولی را کاهش می‌دهد، اما عنصر روی با شرکت در متابولیسم اسید جیبرلیک که نقش به سزایی در تحریک فرآیند تقسیم سلولی دارد (ملکوتی و همایی ١٣٨٣)، احتمالا توانسته است تقسیم سلولی در شرایط تنش کم‌آبی را تحت تاثیر قرار داده و از این طریق نیز افزایش سطح برگ را باعث شود.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل باکتری و روی نیز نشان داد که بیشترین مقدار مساحت برگ بلال از تیمار باکتری سویه ۱٦۹ و مصرف ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار با میانگین ۳۸۵/٦ سانتیمتر مربع و کمترین آن با میانگین ۲۸۷/۷ سانتیمتر مربع از تیمار عدم مصرف باکتری و عدم مصرف سولفات روی بدست آمد (جدول ۷). استفاده از سولفات روی در همه سطوح باکتری (چه استفاده و چه عدم استفاده) منجر به افزایش معنی‌دار مساحت برگ بلال ذرت شده است اما نکته حائز اهمیت آن است که تاثیر کاربرد کود روی در شرایط عدم استفاده از باکتری به مراتب بیشتر از شرایط استفاده از باکتری بوده است و حضور باکتری، اهمیت روی را در افزایش مساحت برک بلال ذرت کاهش داده است. به عبارتی وضعیت گسترش سطح برگ بلال در شرایط عدم استفاده از کود روی با حضور هر یک از باکتری-های سودوموناس مشابه استفاده از کود روی بدون استفاده از باکتری‌ها بود، اما در شرایط استفاده توام از کود روی و باکتری‌ها اثر سینرژیستی آنها بر رشد برگ بلال مشاهده می‌شود (جدول۷).

تعداد ردیف در بلال

نتایج تجزیه واریانس در خصوص صفت تعداد ردیف در بلال نشان داد که هیچکدام از اثرات ساده و متقابل مورد بررسی، اثر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۳). ربانی و امام (۱۳۹۰) بیان کردند که معنی‌دار نشدن اثر آبیاری بر این صفت نشان‌دهندهٔ ثبات نسبی این جزء از عملکرد دانه در مقابل تغییرات محیطی است. از آنجا که تعداد نهایی ردیف دانه قبل از سایر اجزای عملکرد بلال تعیین می شود، احتمالا در مرحله تعیین تعداد ردیف در بلال رقابت چندانی بین مقصدهای فیزیولوژیک برای دریافت مواد پرورده وجود نداشته و به این ترتیب دور آبیاری اثر معنی‌داری در این صفت ایجاد نکرده است. شیخ‌بیگلو و همکاران (۱۳۸۸) و ربانی و امام (۱۳۹۰) در خصوص عدم تاثیر معنی‌دار تنش کم‌آبی و بدوی و ماهاسن (۲۰۱۱) در خصوص عدم تاثیر مصرف عنصر روی بر صفت تعداد ردیف در بلال، نتایج مشابهی را گزارش نمودند. بدوی و ماهاسن (۲۰۱۱) و ربانی و امام (۱۳۹۰) نیز اعلام داشتند که صفت تعداد ردیف در بلال تحت کنترل ژنتیک بوده و به ندرت تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد.

تعداد دانه در ردیف

نتایج تجزیه واریانس مربوط به تعداد دانه در ردیف بیانگر آن است که اثرات ساده آبیاری، باکتری و سولفات روی بر صفت مذکور در سطح یک درصد و اثرات متقابل آبیاری و باکتری و نیز آبیاری و سولفات روی در سطح ۵ درصد بر این صفت معنی‌دار شد، اما سایر اثرات متقابل بر صفت مذکور معنی‌دار نشد (جدول ۳). .مقایسه میانگین‌های اثر ساده آبیاری نشان-دهنده نقش موثر رطوبت خاک بر تعداد دانه در ردیف بود به طوری که افزایش دور آبیاری از ٦ به ۱۲ روز، موجب کاهش ۵۰ درصدی تعداد دانه در ردیف شد (جدول ٤). ربانی و امام (۱۳۹۰) طی تحقیقات خود در خصوص نقش تنش کم‌آبی بر تعداد دانه در ردیف بلال به نتایجی منطبق با نتایج این پژوهش دست یافتند. به نظر می‌رسد کاهش در تلقیح تخمک‌ها در بلال و کاهش مواد فتوسنتزی در اثر تاثیرات منفی تنش کم‌آبی از مهمترین دلایل کاهش تعداد دانه در ردیف باشد (قورچیانی و همکاران ۱۳۹۰ و ربانی و امام ۱۳۹۰).

مقایسه میانگین‌های اثر ساده باکتری بر تعداد دانه در ردیف نشان داد که تلقیح باکتریایی بذور ذرت با *Pseudomonas putida* و *Pseudomonas fluorescens* به ترتیب موجب افزایش معنی‌دار ۸/٤۱ و ۹/۷٤ درصدی تعداد دانه در ردیف نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ٤). نایدو و همکاران (۲۰۰۳) نیز با کاربرد باکتری‌های محرک رشد، افزایش تعداد دانه در ردیف را گزارش

نمودند. در این تحقیق افزایش طول بلال و احتمالا افزایش باروری در نتیجه کاربرد باکتری محرک رشد، تاثیر مستقیمی بر این صفت داشت.همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار، موجب افزایش ۵/۱۷ درصدی تعداد دانه در ردیف نسبت به تیمار عدم کاربرد سولفات روی شد (جدول ٤). شیخ‌بیگلو و همکاران (۱۳۸۸) و بدوی و ماهاسن (۲۰۱۱) نیز نتایجی مشابه را گزارش کردند. به نظر می‌رسد سولفات روی موجب افزایش طول بلال و در نتیجه تعداد دانه در ردیف بلال می‌گردد. بدوی و ماهاسن (۲۰۱۱) نیز علت حصول این نتایج را نقش ضروری عنصر روی به عنوان فعال‌کننده آنزیم‌های دهیدروژناز، پروتئیناز و الکل دهیدروژناز دانستند.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دور آبیاری و مصرف باکتری بیانگر نقش معنی‌دار و موثر این باکتری‌ها بر تعداد دانه در دیف بلال در شرایط بدون تنش (دور آبیاری ٦ روز) بود. بیشترین تعداد دانه در ردیف با میانگین ۳۹/۳ دانه از تیمار دور آبیاری ٦ روز و کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* و کمترین تعداد دانه در ردیف با میانگین ۱۷ از تیمار دور آبیاری ۱۲ روز و عدم تلقیح با باکتری بدست آمد (جدول ٥). آقاخانی و احتشامی (۲۰۰۸) نیز نتایج مشابهی در این خصوص گزارش نمودند. به نظر می‌رسد که باکتری‌های حاوی آنزیم ACC دی‌آمیناز با کاهش اثر منفی اتیلن بسیاری از اثرات تنش کم‌آبی را کاهش می‌دهند. در این تحقیق نیز استفاده از آنها منجر به افزایش طول بلال شد که این موضوع نیز موجب افزایش تعداد دانه در ردیف گردید.

میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و سولفات روی نشان‌دهنده نقش مثبت این کود بر تعداد دانه در ردیف در شرایط دور آبیاری ٦ روز بود. این در حالی است که با افزایش دور آبیاری به ۹ و ۱۲ روز، کاربرد روی نتوانست تاثیر معنی‌داری بر این صفت داشته باشد. بیشترین تعداد دانه در ردیف با میانگین ۳۹ دانه در تیمار دور آبیاری ٦ روز و مصرف ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار و کمترین آن با میانگین ۱۸/۵ دانه در ردیف از تیمار دور آبیاری ۱۲ روز و مصرف سولفات روی بدست آمد که البته با تیمار دور آبیاری ۱۲ روز و عدم مصرف روی در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ٦). شیخ‌بیگلو و همکاران (۱۳۸۸) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. به نظر می‌رسد کاربرد سولفات روی در شرایط آبیاری مطلوب توانسته است افزایش جذب این عنصر و نقش آن در تولید مواد فتوسنتزی بیشتر و بلال بلندتر را سبب شده و در نتیجه بهبود صفت تعداد دانه در ردیف بلال موجب می‌گردد.

تعداد دانه در بلال

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده آبیاری، باکتری و سولفات روی در سطح ۱ درصد و اثر متقابل آبیاری و باکتری و اثر متقابل آبیاری و سولفات روی در سطح ٥ درصد بر صفت تعداد دانه در بلال معنی‌دار شد، اما سایر اثرات بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر آبیاری بر تعداد دانه در بلال حاکی ازبرتری ۳۱/۲ و ۱۲٤ درصدی تیمار دور آبیاری ٦ روز به ترتیب نسبت به تیمارهای دور آبیاری ۹ و ۱۲ روز بود (جدول ٤). ربانی و امام (۱۳۹۰) و قورچیانی و همکاران (۱۳۹۰) به نتایج مشابهی در خصوص نقش منفی تنش کم‌آبی در کاهش تعداد دانه در بلال دست یافتند. به نظر می‌رسد تنش کم‌آبی موجب اختلال در رشد کاکل بلال و در نتیجه تاخیر در ظهور آن می‌شود، بدین ترتیب در زمان گرده‌افشانی کاکل هنوز از بلال خارج نشده است که نتیجه آن عقیم ماندن تخمک‌ها در بلال و کاهش تعداد دانه است (ربانی و امام ۱۳۹۰).

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه ذرت در ترکیبات تیماری آبیاری و تلقیح باکتریایی

تیمار		تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم درهکتار)
دور آبیاری (روز)	باکتری				
٦	عدم تلقیح	٣٥/٠b	٤٧٩/٦b	٢٩٧/٦bcd	١١٩٢٣/٢٤b
	Pseudomonas putida	٣٨/١a	٥١٥/٧ab	٣١٣/٥a	١٣٤٧٨/٩٨a
	Pseudomonas fluorescens	٣٩/٣a	٥٣٧/٦a	٣١١/٠ab	١٣٩٣٠/٣٣a
٩	عدم تلقیح	٢٨/٣c	٣٧٨/٧c	٢٨٠/٠e	٨٨٣٨/٥٩d
	Pseudomonas putida	٣٠/٠c	٤٠٢/٦c	٢٩٤/٤cde	٩٧٨٩/٩٩c
	Pseudomonas fluorescens	٢٨/٦c	٣٨٦/٨c	٣٠٧/٢abc	٩٨٩٨/٩٥c
١٢	عدم تلقیح	١٧/٠e	٢١٠/٣d	٢٩٠/٣de	٥٠٨٧/٦٣f
	Pseudomonas putida	١٨/٩de	٢٣٨/٠d	٢٩٦/١bcd	٥٨٧١/١٥b
	Pseudomonas fluorescens	٢٠/٣d	٢٣٥/٧d	٢٩٦/٦bcd	٥٨٢٥/٧٧a

میانگین‌های صفاتی که در هر ستون دارای حروف مشابه می‌باشند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ٥٪هستند.

مقایسه میانگین‌های اثر ساده باکتری نشان داد که تلقیح باکتریایی بذور با *Pseudomonas fluorescens* و *Pseudomonas putida* به ترتیب موجب افزایش معنی-دار ٨/٥٦ و ٨/٢ درصدی این صفت نسبت به تیمار عدم تلقیح با باکتری شد (جدول ٤). این نتایج با نتایج تحقیقات سیدشریفی و همکاران (٢٠١١)، غلامی و همکاران (٢٠٠٩) و قورچیانی و همکاران (١٣٩٠) تطابق دارد. همانطور که در جدول ٤ مشاهده می‌شود با توجه به اینکه اثر مصرف سولفات روی بر صفت تعداد ردیف در بلال موثر نبود از اینرو کاربرد آن از طریق افزایش تعداد دانه در ردیف توانسته است منجر به افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بلال گردد. خدابنده (١٣٦٢) اعلام کرد فسفر عامل مهمی در گرده‌افشانی ذرت می‌باشد و با کمبود آن گرده‌افشانی گیاه به تعویق افتاده و به طور ناقص انجام می‌شود و در نتیجه باعث پوکی و عدم تشکیل دانه در بلال می‌گردد. همچنین حمیدی و همکاران (١٣٨٦) اعلام کردند که فسفر از عوامل مهم در دانه‌بندی و شکل‌گیری دانه در ذرت است. بنابر این به نظر می‌رسد باکتری‌های *Pseudomonas* با انحلال فسفات‌های نامحلول خاک، امکان دریافت فسفر برای گیاه را بیشتر کرده و باعث افزایش معنی‌دار تعداد کل دانه در بلال می‌شود (قورچیانی و همکاران ١٣٩٠). البته به نظر می‌رسد افزایش طول بلال با کاربرد باکتری‌های *Pseudomonas* نیز در افزایش تعداد دانه در بلال نقش داشته است.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و باکتری نشان داد که هر چند در شرایط تنش کم‌آبی (دورهای آبیاری ٩ و ١٢ روز) وجود باکتری تفاوت معنی‌داری را بر تعداد دانه در بلال نسبت به تیمار عدم استفاده از باکتری نداشته است اما در دورآبیاری ٦ روز، تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescens* به لحاظ آماری در گروه برتر نسبت به تیمار عدم کاربرد باکتری قرار گرفت (جدول ٥). قورچیانی و همکاران (١٣٩٠) نیز گزارش کردند که ریز موجودات حل‌کننده فسفات در شرایط آبیاری مطلوب موجب افزایش ١٠/١٢ درصدی تعداد دانه در بلال شدند.به نظر می‌رسد در شرایط رطوبت کافی در خاک با توجه به نقش باکتری‌های *Pseudomonas* در آزادسازی فسفر موجود در کمپلکس

خاک، امکان انتقال این عنصر به گیاه فراهم‌تر و بیشتر بوده و از آن جا که فسفر نقش مهمی در فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان مانند فتوسنتز، میزان کلروفیل برگ و تبدیل قند به نشاسته ایفا می‌کند، احتمالا افزایش جذب و انتقال فسفر در گیاه در دور آبیاری ٦ روز ،سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی گشته و در نتیجه در مرحله پرشدن دانه شیره پرورده کافی به بلال انتقال یافته و باعث کاهش طول کچلی بلال و افزایش تعداد دانه در بلال می‌گردد. این در حالی است که در شرایط تنش کم-آبی احتمالا کاهش انتقال فسفر به گیاه علیرغم حضور باکتری‌های *Pseudomonas* نتوانسته است افزایش معنی‌دار این صفت را نسبت به تیمار عدم کاربرد باکتری باعث گردد.

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه ذرت در ترکیبات تیماری آبیاری و سولفات روی

تیمار		مساحت برگ بلال	تعداد	تعداد	عملکرد	عملکرد
دور آبیاری (روز)	سولفات روی (کیلوگرم در هکتار)	(سانتی‌متر مربع)	دانه در ردیف	دانه در بلال	دانه (کیلوگرم در هکتار)	بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)
٦	۰	۳٤۹/۲bc	۳٦/۲b	٤۹۳/۱b	۱۲۳۷۳/۱٦b	۲۸۱۹٦/۸٦ b
	۵۰	٤۰٦/۲a	۳۹/۰a	۵۲۸/۹a	۱۳۸٤۸/۵٤a	۳۰٦۵۷/٤۳ a
۹	۰	۳۲۹/۵bc	۲۷/۹c	۳۷۳/۲d	۹۰٦٤/٦۰d	۲۱۵۵۳/۷۹ c
	۵۰	۳۵۳/٦b	۳۰/۱c	٤۰۵/۵c	۹۹۵۳/۷۵c	۲۳۱۸۵/۷۸ c
۱۲	۰	۳۱۸/۱c	۱۸/۹d	۲۲٦/۱e	۵٤۰۸/۷۵e	۱٦۲۷٤/۷٦ d
	۵۰	۳۵۲/۵b	۱۸/۵d	۲۲۹/۹e	۵۷۸۰/۹۵e	۱٦۷۰۲/۲۹ d

میانگین‌های صفاتی که در هر ستون دارای حروف مشابه می‌باشند،فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪هستند.

مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر ساده سولفات روی نیز نشان داد که با کاربرد این کود تعداد دانه در بلال، به طور معنی‌دار و به میزان ٦/۵۸ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد سولفات روی افزایش یافت (جدول ٤). شیخ‌بیگلو و همکاران (۱۳۸۸) نیز نتایج مشابهی مبنی بر تاثیر مثبت این عنصر در افزایش تعداد دانه در بلال گزارش کردند. به نظر می‌رسد مصرف سولفات روی می‌تواند از طریق افزایش فتوسنتز و مواد فتوسنتزی موجب افزایش طول بلال و مساحت برگ بلال شده و در نتیجه منجر به افزایش تعداد دانه در بلال گردد.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و سولفات روی نشان‌دهنده نقش مثبت و معنی‌دار عنصر روی بر افزایش تعداد دانه در بلال در شرایط آبیاری مطلوب و تنش متوسط کم‌آبی است، در حالی که در شرایط تنش شدید کم‌آبی (دور آبیاری ۱۲ روز) استفاده از سولفات روی نتوانسته است تفاوت معنی‌داری را در پتانسیل تولید دانه در بلال ذرت داشته باشد (جدول ٦). این نتایج با نتایج حاصل از تحقیقات شیخ‌بیگلو و همکاران (۱۳۸۸) در ذرت و دهقانیان و مدندوست (۱۳۸۷) در گندم مطابقت داشت. احتمالا علت این امر مربوط به امکان جذب موثر روی در دورهای آبیاری ٦ و ۹ روز و نقش روی در افزایش تولید اکسین و القاء ریشه زایی و افزایش توان گیاه در جذب آب و عناصر ضروری باشد. علاوه بر آن مصرف سولفات روی در این پژوهش موجب افزایش سطح برگ در شرایط تنش شد که مجموع این عوامل به افزایش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی کمک کرده و این موضوع خود باعث انتقال بیشتر مواد پرورده به دانه های تلقیح شده و جلوگیری از پوکی آنها می شود. این در حالی است که در شرایط تنش حداکثر و اعمال دور آبیاری ۱۲ روز، کمبود آب

قابل دسترس خاک باعث شده است تا علیرغم کاربرد سولفات روی جذب موثر آن توسط گیاه صورت نگرفته و در نتیجه بین تیمارهای مصرف و عدم مصرف روی در دور آبیاری ۱۲ روز تفاوت آماری معنی‌داری از نظر تعداد دانه در بلال مشاهده نشد (جدول ٦).

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده آبیاری و اثر متقابل آبیاری و باکتری در سطح ٥ درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود. همچنین اثرات ساده و متقابل باکتری و سولفات روی در سطح ۱ درصد بر صفت مذکور معنی‌دار شد، اما سایر اثرات متقابل بر وزن هزار دانه ذرت معنی‌دار نشد (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌های وزن هزار دانه در تیمارهای مختلف آبیاری بیانگر این واقعیت است که تنش کم‌آبی به طور معنی‌داری باعث کاهش تجمع ماده خشک در دانه‌ها و کاهش وزن هزار دانه گردید. افزایش دور آبیاری از٦ به ۹ و ۱۲ روز به ترتیب موجب کاهش ٤/۳۸ و٤/٢٤ درصدی وزن هزار دانه گردید (جدول ٤). در مطالعه اثر کم‌آبی بر وزن هزار دانه ذرت، ربانی و امام (۱۳۹۰) و شیخ‌بیگلو و همکاران (۱۳۸۸) نیز نتایج مشابهی را بدست آوردند. احتمالا تنش کم‌آبی با تحت تاثیر قراردادن درجه بازشدن روزنه‌ها و کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین، می‌تواند میزان تولید مواد پرورده را به میزان زیادی کاهش داده و از این راه به طور مستقیم موجب کاهش وزن هزار دانه شود. به عبارتی کاهش فتوسنتز جاری گیاه و به دنبال آن کاهش مواد پرورده (محدودیت منبع) در شرایط تنش کم‌آبی در مرحله پر شدن دانه، موجب چروکیدگی دانه‌ها و کاهش وزن هزار دانه می‌گردد. علاوه بر آن زودرسی گیاه و کاهش طول دوره رشد دانه در نتیجه تنش کم-آبی نیز دلیل دیگری برای کوچک ماندن دانه‌ها و کاهش وزن هزار دانه در شرایط کمبود آب گزارش شده است (ربانی و امام ۱۳۹۰).

مقایسه میانگین‌ها حاکی از افزایش وزن هزار دانه در تیمارهای تلقیح با باکتری‌های *Pseudomonas putida* و *Pseudomonas fluorescens* به ترتیب به مقدار٤/١٤ و٥/٣٩ درصد نسبت به تیمارعدم مصرف باکتری است (جدول ٤). به نظر می‌رسد با توجه به اینکه مراحل تشکیل دانه و انتقال مواد به مخزن وابستگی زیادی به میزان آب و تعرق گیاه دارد، باکتری‌های محرک رشد از طریق از بین بردن اثر اتیلن و ترشح هورمون‌های رشد موجب افزایش رشد ریشه و در نتیجه افزایش سطح جذب آب توسط گیاه شده و بهبود فتوسنتز و انتقال مواد به دانه را باعث می‌شوند (ذبیحی و همکاران ۱۳۸۸). از طرفی کاهش اثر اتیلن موجب جلوگیری از پیری زودرس برگ‌ها و ریزش آنها و افزایش سطح برگ فعال گیاه شده که این امر موجب افزایش تولید مواد پرورده و انتقال آن به دانه می‌شود. همچنین طول دوره پر شدن دانه نیز با کاهش اتیلن افزایش یافته (گلیک و همکاران ۲۰۰۷) و گیاه فرصت بیشتری برای پر کردن دانه و در نتیجه افزایش وزن هزار دانه دارد.

همچنین مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و باکتری نیز نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه از تیمار دور آبیاری ٦ روز و مصرف باکتری *Pseudomonas putida* با میانگین ۳۱۳/٥ گرم و کمترین مقدار آن از تیمار دور آبیاری ۹ روز و عدم مصرف باکتری با میانگین ۲۸۰ گرم بدست آمد (جدول ٥). با این وجود باید توجه داشت که در شرایط دور آبیاری ٦ روز، تلقیح بذور با باکتری *Pseudomonas putida* و در شرایط دور آبیاری ۹ روز، تلقیح بذور با باکتری *Pseudomonas fluorescens* منجر به افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه نسبت به تیمار عدم تلقیح بذور باکتری

در هر یک از این دورهای آبیاری شده است و در شرایط تنش شدید کم‌آبی (دور آبیاری ۱۲ روز) تلقیح با باکتری‌های مذکور تاثیر معنی‌داری بر افزایش وزن هزار دانه ذرت نداشت. غلامی و همکاران (۲۰۰۹) نتایجی مشابهی را در خصوص نقش مثبت باکتری‌های محرک رشد در شرایط بدون تنش بر افزایش وزن هزار دانه ذرت گزارش کردند.

مقایسه میانگین‌های اثر ساده سولفات روی بر وزن هزار دانه حاکی از افزایش۳/۸۳ درصدی این صفت در تیمار مصرف سولفات روی نسبت به تیمار عدم مصرف سولفات روی دارد (جدول ٤). شیخ‌بیگلو و همکاران (۱۳۸۸) و بدوی و مهاسن (۲۰۱۱) نیز نقش عنصر روی بر وزن هزار دانه در ذرت را مثبت ارزیابی و نتایج مشابهی با تحقیق حاضر را گزارش نمودند. از آنجا که مصرف سولفات روی منجربه افزایش سطح فتوسنتزکننده می‌شود و از طرفی روی نقش موثری در القاء ریشه‌زایی (زند و همکاران ۱۳۸۹) و در نتیجه افزایش گستره ریشه و به دنبال آن سطح جذب گیاه دارد، به نظر می‌رسد مجموعه این عوامل موجب افزایش مقدار فتوسنتز و نهایتا توزیع مواد پرورده بیشتری دربین مخازن فیزیولوژیکی (دانه‌ها) شده است.

همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف سولفات روی فقط در شرایط عدم تلقیح باکتریایی وزن هزار دانه ذرت را افزایش داد و مصرف سولفات روی در شرایط تلقیح باکتریایی، افزایش معنی‌داری وزن هزار دانه ذرت را باعث نشد (جدول ۷). به نظر می‌رسد که در این تحقیق استفاده از باکتری به تنهایی توانسته است شرایط مطلوب برای تولید مواد فتوسنتزی و انتقال آنها را به دانه‌ها فراهم آورد و در این شرایط کاربرد کود روی هر چند منجر به افزایش وزن هزار دانه شده است اما این افزایش معنی‌دار نبوده است.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده دور آبیاری، تلقیح باکتریایی و مصرف سولفات روی به طور معنی‌دار و در سطح ۱ درصد بر عملکرد دانه تاثیرگذار بود. همچنین اثرات متقابل آبیاری و مصرف باکتری، آبیاری و مصرف سولفات روی در سطح ۱ درصد و اثر متقابل باکتری و سولفات روی نیز در سطح ٥ درصد بر صفت مذکور معنی‌دار بود اما اثر متقابل آبیاری و باکتری و سولفات روی بر عملکرد دانه معنی‌دار نشد (جدول ۳).

جدول ۷ – مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه ذرت در ترکیب تیماری تلقیح باکتریایی و سولفات روی

تیمار		مساحت برگ بلال (سانتی‌متر مربع)	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
باکتری	سولفات روی (کیلوگرم در هکتار)			
عدم تلقیح	۰	۲۸۷/۷d	۲۷٦/۷۳ b	۷۹۹۸/۱٦c
	٥۰	۳٥٤/٤c	۳۰۱/۸۸ a	۹۳٤٦/۸۱b
Pseudomonas putida	۰	۳٥۲/۳c	۲۹۹/۱۹ a	۹۲٤۰/۸٥b
	٥۰	۳۷۲//۲ b	۳۰۳/٤۱ a	۱۰۱۸٥/۸۹a
Pseudomonas fluorescens	۰	۳٥٦/۹ c	۳۰۲/۸۷ a	۹٦۰۷/٤۹b
	٥۰	۳۸٥/٦ a	۳۰۷/۱۱ a	۱۰۱٦۲/٥٥a

میانگین‌های صفاتی که در هر ستون دارای حروف مشابه می‌باشند،فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ٥٪هستند.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه در تیمار دور آبیاری ٦ روز با میانگین ۱۳۱۱۰/۸۵ کیلوگرم در هکتار دارای برتری معنی‌دار ۳۷/۸۷ و ۱۳٤/۳٤ درصدی به ترتیب نسبت به دورهای آبیاری ۹ و ۱۲ روز بود (جدول ٤). ربانی و امام (۱۳۹۰)، حبیبی و همکاران (۲۰۱۰)، فرجزاده و همکاران (۲۰۱۱) و قورچیانی و همکاران (۱۳۹۰) نیز کاهش عملکرد دانه ذرت را در شرایط تنش کم‌آبی گزارش نمودند. به نظر می‌رسد که تنش خشکی منجر به کاهش فشار تورژسانس سلول و رشد و تقسیم سلولی، فتواکسیداسیون کلروفیل، کاهش فعالیت آنزیم‌ها، بسته شدن روزنه‌ها (قورچیانی و همکاران ۱۳۹۰)، ترشح هورمون اتیلن و پیری زودرس برگ‌ها (گلیک و همکاران ۲۰۰۷) و کاهش سطح برگ می‌گردد. همچنین تنش کم‌آبی باعث کاهش تولید مواد پرورده و انتقال آن به اندام‌ها و مخازن فیزیولوژیک، تاخیر در کاکل‌دهی و عقیم ماندن تخمک در بلال می‌شود (قورچیانی و همکاران ۱۳۹۰) و مجموعه این عوامل نهایتا کاهش اجزای عملکرد و عملکرد دانه ذرت را باعث می‌گردد. در این آزمایش نیز کاهش اجزای عملکرد موجب کاهش عملکرد دانه گیاه در شرایط تنش کم‌آبی گردید.

کاربرد باکتری‌های محرک رشد نقش موثری در افزایش عملکرد دانه داشت، به طوری که مقایسه میانگین‌ها در این خصوص حاکی از افزایش ١٤/٧٢ و ۱۲/۷۳ درصدی عملکرد دانه به ترتیب در اثر استفاده از باکتری‌های *Pseudomonas fluorescens* و *Pseudomonas putida* نسبت به تیمار عدم مصرف باکتری بود (جدول ٤). غلامی و همکاران (۲۰۰۹) و سیدشریفی و همکاران (۲۰۱۱) در ذرتنیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند. همان طور که قبلا نیز ذکر شد در این تحقیق باکتری‌های محرک رشد با کاربرد مکانیسم‌های متعدد موجب کاهش لوله‌ای شدن برگ و همچنین مساحت برگ بلال (سطح فتوسنتز کننده)، افزایش طول بلال و افزایش تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه شد که در مجموع این عوامل موجب افزایش عملکرد دانه گیاه گردید.

همچنین مقایسه میانگین‌های اثر ساده سولفات روی بر عملکرد دانه در هکتار نشان داد که مصرف ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار موجب افزایش ۱۰/۱۹ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ٤). بدوی وماهاسن (۲۰۱۱)، جمالی و همکاران (۱۳۹۰) و فرجزاده و همکاران (۲۰۱۱) نیز در ذرت نتایج مشابهی گزارش کردند. کاربرد سولفات روی در این آزمایش با افزایش مساحت برگ بلال و طول بلال که متعاقب آن افزایش تعداد دانه در بلال و سایر اجزای عملکرد از قبیل وزن هزار دانه موجب افزایش عملکرد دانه گردید.

مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل آبیاری و باکتری حاکی از اثر معنی‌دار کاربرد باکتری‌های محرک رشد حاوی آنزیم ACC دی‌آمیناز (سویه‌های ۱۰۸ و ١٦٩) در کاهش اثرات سوء تنش کم‌آبی بر عملکرد دانه بود. بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۱۳۹۳۰/۳۳ کیلوگرم در هکتار از تیمار دور آبیاری ٦ روز و مصرف باکتری *Pseudomonas fluorescens* و کمترین عملکرد دانه با میانگین ٥٠٨٧/٦٣ کیلوگرم در هکتار از تیمار دور آبیاری ۱۲ روز و بدون تلقیح با باکتری بدست آمد (جدول ٥). آقاعلیخانی و احتشامی (۲۰۰۸) و قورچیانی و همکاران (۱۳۹۰) در ذرت، آرشاد و همکاران (۲۰۰۸) در نخود، ذبیحی و همکاران (۱۳۸۸) و ارزنش و همکاران (۲۰۱۱) در گندم، نتایجی مشابه در خصوص اثر مثبت باکتری‌های محرک رشد حاوی آنزیم ACC دی‌آمیناز در کاهش اثر تنش‌های محیطی (کاهش ترشح اتیلن) بر عملکرد دانه گزارش نمودند. به نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد با از بین بردن اثر

اتیلن و افزایش غلظت هورمون ایندول استیک اسید، افزایش گستره ریشه و متعاقبا سطح جذب گیاه، افزایش سطح فتوسنتزکننده از طریق دوام سطح برگ و جلوگیری از پیری و ریزش و افزایش سطح برگ و تولید مواد پرورده بیشتر و نهایتا افزایش طول عمر گیاه و نیز تولید سیدروفور و تامین آهن مورد نیاز گیاه (گلیک و همکاران ۲۰۰۷)، از طریق افزایش تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه، سبب افزایش عملکرد دانه ذرت شدند.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و سولفات روی نشان داد که بیشترین عملکرد دانه ذرت با میانگین ۱۳۸٤۸/٥٤ کیلوگرم در هکتار از تیمار دور آبیاری ٦ روز و مصرف ٥۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار بدست آمد و کمترین آن با میانگین ٥٤۰۸/۷٥ کیلوگرم در هکتار به تیمار دور آبیاری ۱۲ روز و عدم مصرف سولفات روی تعلق داشت. لازم به ذکر است که هر چند در شرایط بدون تنش و تنش متوسط (دورهای آبیاری ٦ و ۹ روز) استفاده از کود روی به طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد دانه گردید، اما در شرایط دور آبیاری ۱۲ روز، دو تیمار کاربرد و عدم کاربرد روی از نظر عملکرد دانه در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ٦). دهقانیان و مدندوست (۱۳۸۷) در گندم، بنی-عباس شهری و همکاران (۲۰۱۲) در آفتابگردان، تالوث و همکاران (۲۰۰٦) در ماش و موحدی و همکاران (۲۰۰۹) در گلرنگ نیز نتایج مشابهی را بدست آوردند. به نظر می‌رسد در این آزمایش مصرف سولفات روی در دورهای آبیاری ٦ و ۹ روز عمدتا از طریق افزایش تعداد دانه در بلال، افزایش عملکرد دانه را باعث شده است. احتمالا عنصر روی به تنهایی منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نشده باشد. برخی محققین اعلام کردند که مصرف روی در برهمکنش با پتاسیم خاک باعث افزایش جذب پتاسیم و درنتیجه افزایش غلظت پتاسیم در اندام‌های هوایی می‌شود (ملکوتی ۱۳۸۳). پتاسیم نیز نقش موثری در افزایش غلظت کلروفیل و افزایش فتوسنتز (جمالی و همکاران، ۱۳۹۰) و در نتیجه افزایش تولید مواد فتوسنتزی و انتقال آنها داشته و کمبود این ترکیبات آلی در شرایط تنش را نیز جبران می‌نماید. همچنین با ایجاد فشار اسمزی باعث حفظ آب سلول‌ها و جلوگیری از تخلیه آن در شرایط خشکی می-گردد (تالوث و همکاران، ۲۰۰٦). فرجزاده و همکاران (۲۰۱۱)، جمالی و همکاران (۱۳۹۰) و هونگ و جییون (۲۰۰۷) نیز اعلام کردند که در شرایط تنش شدید کم‌آبی مصرف روی نتوانست موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شود که نتایج تحقیق حاضر را تائید می‌کند. عدم تاثیرگذاری روی برافزایش عملکرد دانه ذرت در دور آبیاری ۱۲ روز را نیز می‌توان به عدم جذب موثر کود روی به علت کمبود رطوبت خاک مربوط دانست.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل باکتری و سولفات روی نیز نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۱۰۱۸٥/۸۹ کیلوگرم در هکتار از تیمار باکتری *Pseudomonas putida* و مصرف ٥۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار و کمترین مقدار آن با میانگین ۷۹۹۸/۱٦ کیلوگرم در هکتار از تیمار عدم مصرف باکتری و سولفات روی حاصل شد (جدول ۷). به نظر می‌رسد مصرف توام باکتری و سولفات روی از طریق افزایش در مساحت برگ بلال و افزایش تعداد دانه در بلال منجر به افزایش عملکرد دانه می‌گردد .نکته حائز اهمیت آن است که بیشترین تاثیر کود روی در افزایش عملکرد دانه ذرت در این تحقیق در شرایط عدم کاربرد باکتری سودوموناس بوده است، به طوری که دراین شرایط کاربرد روی توانست افزایش ۱٦/۹ درصدی عملکرد دانه را به دنبال داشته باشد در حالی که با کاربرد باکتری‌های *Pseudomonas fluorescens* و *Pseudomonas putida* مصرف کود روی نسبت به عدم مصرف آن به ترتیب ٥/۸ و ۱۰/۲ درصد افزایش این صفت را باعث گردید (جدول ۷).

عملکرد بیولوژیک

نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از تاثیر معنی‌دار اثرات ساده دور آبیاری، تلقیح باکتریایی و مصرف سولفات روی و همچنین اثر متقابل دور آبیاری و سولفات روی در سطح ۱ درصد بر عملکرد بیولوژیک ذرت بود. این در حالی است که سایر اثرات متقابل بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌های عملکرد بیولوژیک در دورهای مختلف آبیاری نشان از تاثیر جدی تنش کم‌آبی بر پتانسیل تولید ماده خشک در گیاه ذرت داشت. افزایش دور آبیاری از ٦ روز به ۹ و ۱۲ روز، عملکرد بیولوژیک را به ترتیب به میزان ۲۳/۹۸ و ٤۳/۹٦ درصد نسبت به تیمار آبیاری مطلوب کاهش داد (جدول ٤). نتایج حاصله با آنچه که برخی محققین از قبیل ربانی و امام (۱۳۹۰)، هونگ و جیبون (۲۰۰۷) و قورچیانی و همکاران (۱۳۹۰) در ذرت اعلام نمودند، مطابقت دارد. به طور کلی تولید ماده خشک در گیاه به سطح فتوسنتزکننده وابسته است. از آنجایی که پیامد تنش کم‌آبی، پیری زودرس برگ‌ها و ریزش آنها و در نتیجه کاهش سطح برگ می‌باشد، این امر باعث کاهش منبع فیزیولوژیک و در نهایت کاهش پتانسیل فتوسنتزی و تولید و تجمع ماده خشک در گیاه شده و کاهش عملکرد بیولوژیک ذرت را به دنبال دارد (ربانی وامام ۱۳۹۰). افزایش هورمون اتیلن در اثر تنش نیز منجر به کاهش طول دوره زندگی گیاه و کاهش تجمع ماده خشک و در نتیجه عملکرد بیولوژیک گیاه می‌شود (گلیک و همکاران ۲۰۰۷). در این تحقیق نیز تنش کم آبی با تاثیر منفی بر عملکرد ساقه، برگ و اجزای عملکرد دانه سبب کاهش عملکرد بیولوژیک شده است.

کاربرد باکتری‌های محرک رشد اثر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک داشت و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تلقیح بذر ذرت با باکتری‌های با *Pseudomonas putida* و *Pseudomonas fluorescens* عملکرد بیولوژیک را نسبت به تیمار عدم تلقیح به ترتیب ۱۲/۳۵ و ۱۱/٦۹ درصد افزایش داد (جدول ٤). نتایج حاصله با نتایج گزارش شده توسط غلامی و همکاران (۲۰۰۹)، حمیدی و همکاران (۱۳۸٦)، ساندیا و همکاران (۲۰۱۱) در ذرت و اشرف الزمان و همکاران (۲۰۰۹) در برنج مطابقت دارد. به طور کلی می‌توان گفت که در شرایط این تحقیق باکتری‌های محرک رشد نیز با افزایش عملکرد ساقه، برگ و همچنین اجزاء عملکرد، توانست عملکرد بیولوژیک ذرت رابه طور معنی‌داری افزایش دهد.

همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار موجب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک به میزان ٦/٨٤ درصد نسبت به تیمار عدم مصرف سولفات روی شد. بیشترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۲۳۵۱۵/۱٦ کیلوگرم در هکتاراز تیمار مصرف سولفات روی بدست آمد (جدول ٤). هونگ و جیبون (۲۰۰۷) و فرجزاده و همکاران (۲۰۱۱) نتایجی مشابه مبنی بر افزایش عملکرد بیولوژیک با کاربرد کود روی گزارش نمودند. به نظر می‌رسد در این آزمایش افزایش سولفات روی از طریق افزایش در سطح برگ و فزونی در عملکرد برگ و ساقه و بلال توانسته است عملکرد بیولوژیک را افزایش دهد. احتمالا القاء ریشه‌زایی و همچنین تنظیم فشار اسمزی ریشه که مکانیسمی است در جهت جذب بهترآب و مواد غذایی از خاک (ملکوتی و طهرانی ۱۳۸٤)، باعث افزایش پتانسیل آب گیاه و نیز غلظت بیشتر شیره خام در گیاه و درنتیجه افزایش پتانسیل تولید می‌شود. به علاوه عنصر روی درسنتز کلروفیل (جمالی و همکاران ۱۳۹۰) و متابولیسم قندها و پروتئین‌ها شرکت داشته که مجموع این عوامل سبب افزایش بیوماس ذرت می‌شود.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و سولفات روی نشان داد که تنها در تیمار آبیاری مطلوب با کاربرد ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار عملکرد بیولوژیک به طور معنی‌داری افزایش یافت، در حالی که در تیمارهای آبیاری ۹ و ۱۲ روز یعنی اعمال تنش متوسط و شدید کم‌آبی، مصرف سولفات روی نسبت به تیمار عدم مصرف آن تفاوت آماری معنی‌داری بر این صفت نداشته است (جدول ٦). این نتایج با نتایج بدست آمده توسط هونگ و جیبون (۲۰۰۷) و فرجزاده و همکاران (۲۰۱۱) در ذرت و تالوث و همکاران (۲۰۰٦) در ماش مطابقت دارد.

شاخص برداشت دانه در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش کم‌آبی و مصرف سولفات روی به طور معنی‌دار و به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد شاخص برداشت دانه در بوته را تحت تاثیر قرارداد، در حالی که اثر ساده باکتری و اثرات متقابل بر صفت مذکور معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های این صفت نشان داد که شاخص برداشت در تیمار بدون تنش از برتری ٤/۸۳ و ۳۰/۹۲ درصدی به ترتیب نسبت به تیمارهای تنش متوسط و شدید کم‌آبی برخوردار بود (جدول ٤). ربانی و امام (۱۳۹۰) نتایج مشابهی را گزارش نمودند. به نظر می‌رسد که تنش کم‌آبی تاثیر منفی بیشتری بر عملکرد دانه ذرت در مقایسه با بیوماس ذرت داشته است که احتمالا علت این موضوع را می‌توان به کاهش بیشتر فتوسنتز جاری بوته در زمان پر شدن دانه‌ها و کاهش سرعت انتقال مواد فتوسنتزی به مخازن فیزیولوژیکی در شرایط تنش کم‌آبی مربوط دانست. به عبارتی حساسیت ذرت به تنش خشکی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه بیشتر از مرحله رشد رویشی است و لذا تاثیر آن بر دانه بیشتر از سایر اندام‌ها مانند برگ و ساقه می‌باشد که نتیجه این امر کاهش شاخص برداشت بر اثر تنش کم‌آبی است (ربانی و امام ۱۳۹۰).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف سولفات روی به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین شاخص برداشت ٤۰/۹۸ درصد موجب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به تیمار عدم مصرف روی شد (جدول ٤). دهقانیان و مدندوست (۱۳۸۷) در گندم نتایج مشابهی را گزارش کردند. احتمالا عنصر روی نیز با شرکت در سنتز کلروفیل و متابولیسم قندها و در نتیجه افزایش تجمع آن‌ها در دانه و همچنین با فعال کردن ایندول استیک اسید که در تبدیل اسیدهای آمینه به پروتئین نقش دارد، موجب افزایش شاخص برداشت شده است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که اعمال تنش کم‌آبی به شدت اجزای عملکرد و عملکردهای بیولوژیک و دانه را کاهش می‌دهد. همچنین کاربرد باکتری‌های محرک رشد یا مصرف سولفات روی چه در شرایط تنش کم‌آبی و چه در شرایط بدون تنش منجر به افزایش اجزای عملکرد وعملکردهای بیولوژیک و دانه می‌گردد. در یک نگاه کلی، این موضوع حاکی از توانایی باکتری‌های محرک رشد و همچنین کود سولفات روی در کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی در ذرت است. با این وجود کود روی در شرایط تنش شدید کم‌آبی و اعمال دور آبیاری ۱۲ روز تاثیری بر افزایش عملکرد دانه نداشت. همچنین هر چند مصرف توام باکتری و سولفات روی از طریق افزایش در مساحت برگ بلال و افزایش تعداد دانه در بلال منجر به افزایش عملکرد دانه می‌گردد اما بیشترین تاثیر کود روی در افزایش عملکرد دانه ذرت در این تحقیق در شرایط عدم کاربرد باکتری *Pseudomonas* بوده است، در نهایت با توجه به مطالب فوق در شرایط تحقیق حاضر دور آبیاری ٦ روز، استفاده از باکتری و کاربرد ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار را برای زراعت ذرت می‌توان پیشنهاد نمود.

منابع مورد استفاده

احمدی ک، قلی‌زاده ح، عبادزاده حر، حسین‌پور ر، حاتمی ف، فضلی ب، کاظمیان ا و رفیعی م. ۱۳۹٤. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، جلد اول: محصولات زراعی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

امام ی. ۱۳۸۳. غلات. انتشارات دانشگاه شیراز.

بی‌نام. ۱۳۹۰. خصوصیات باکترهای محرک رشد. موسسه تحقیقات آب و خاک استان خراسان رضوی.

بی‌نام. ۱۳۹۲. پهنه‌بندی اقلیمی خراسان جنوبی. اداره کل هواشناسی خراسان جنوبی.

جعفری‌حقیقی م، ۱۳۸۲. روش‌های تجزیه خاک .انتشارات ندای ضحی.

جمالی ج، انتشاری ش و حسینی سم‌ا، ۱۳۹۰. بررسی تعدیل اثر تنش خشکی با کاربرد عناصر پتاسیم و روی در ذرت. نشریه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۳(۳): ۲۲۲-۲۱٦.

حمیدی ا، اصغرزاده ا، چوکان ر، دهقان شعار م، قلاوند ا و ملکوتی مج، ۱۳۸٦. بررسی کاربرد کودهای ریزوباکتریایی افزاینده رشد گیاه (PGPR) در ذرت با نهاده کافی. نشریه علوم محیطی،٤(٤):۲۰-۱.

خدابنده ن، ۱۳٦۲. غلات. انتشارات سپهر.

دهقانیان م و مدندوست م، ۱۳۸۷. تاثیر کلات روی بر مقاومت به خشکی گندم (*Triticum aestivum* L.). نشریه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(٤٥): ٤۰۱-۳۹۳.

ذبیحی حر، ثواقبی غر، خاوازی ک و گنجعلی ع، ۱۳۸۸. بررسی تاثیر کاربرد سویه‌هایی از *Pseudomonas fluorescence* بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در سطوح مختلف شوری خاک. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۳(۱): ۲۰۸-۱۹۹.

ربانی ج و امام ی، ۱۳۹۰. پاسخ عملکرد دانه هیبریدهای ذرت به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۱(۲): ۷۸-٦٥.

زند ب، سروش‌زاده ع، قناتی ف و مرادی ف، ۱۳۸۹. اثر محلول‌پاشی روی و اکسین بر فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در ذرت دانه‌ای. نشریه زیست‌شناسی گیاهی ایران، ۲(۱): ٤۷-۳٥.

شیخ‌بیگلو ن، حسن‌زاده قورت‌تپه عا ، باغستانی مع وزند ب، ۱۳۸۸. بررسی تأثیر محلول‌پاشی عنصر روی بر عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای تحت شرایط تنش آب. نشریه الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۲(۲): ۷٤-٥۹.

قورچیانی م، اکبری غع ، علیخانی حع، دادی اا و زارعی م، ۱۳۹۰. اثر قارچ میکوریزا آربسکولار و باکتری *Pseudomonas fluorescence* بر ویژگی‌های بلال، میزان کلروفیل و عملکرد گیاه ذرت در شرایط تنش رطوبتی. نشریه دانش آب و خاک، ۲۱(۱): ۱۱٤-۹۷.

مجدم م، نادری ا، نورمحمدی ق، سیادت سعا و آینه‌بند ا، ۱۳۸۸. تاثیر تنش کمبود آب و مدیریت نیتروژن بر عملکرد دانه، میزان انتقال مجدد ماده خشک و فتوسنتز جاری ذرت دانه‌ای در شرایط آب و هوایی خوزستان (رامین). نشریه فیزیولوژی گیاهان زراعی،۱(۱):۹٥-۸٦.

ملکوتی مج و همایی م، ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، مشکلات و راه حل‌ها. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس تهران.

ملکوتی مج و طهرانی مم، ۱۳۸٤. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس تهران.

ملکوتی مج، ۱۳۸۳. تغذیه متعادل گندم راهی به سوی خودکفایی در کشور و تامین سلامت جامعه (مجموعه مقالات). نشر آموزش کشاورزی.

Aghaalikhani M and Ehteshami SMR, 2008. Biological profitability of maize inoculation with selected rhizosphere microorganisms (*Pseudomonas fluorescens and Glomus intraradices*) under water deficit stress. 16th Ifoam organic world congress, Modena, Italy, June 16-20.

Arshad M, Shahroona B and Mahmood T, 2008. Inoculation with *pseudomonas spp*. containing acc-deaminase partially eliminates the effects of drought stress on growth, yield and ripening of Pea (*Pisum sativum* L.). Pedosphere, 18(5): 611–620.

Arzanesh MH, Alikhani HA, Khavazi K, Rahimian HA and Miransari M, 2011. Wheat (*Triticum aestivum* L.) growth enhancement by *Azosprillium* sp. under drought stress. World Journal Micribiology and Biotecnology, 27: 197-205.

Ashrafuzzaman M, Hossen FA, Ismail MR, Hoque MA, Zahurul Islam M, Shahidullah SM and Meon S, 2009. Efficiency of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. African Journal of Biotechnology, 8(7): 1247-1252.

Baniabbass Shahri Z, ZamaniGR, Sayyari-ZahanMH, 2012. Effect of drought stress and zinc sulfat on the yield and some physiological characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Advance in Environmental Biology, 6(2): 518-525.

Banziger M, Edmeades GO, Beck D and Bellon M, 2000. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize: from theory to practice. CIMMYT Institutional Multimedia Publications Repository. http://repository.cimmyt.org.

Barassi CA, Sueldo RJ, Creus CM, Carrozzi LE, Casanovas EM and Pereyra MA, 2007. *Azospirillum* spp. a dynamic soil bacterium favorable to vegetable crop production. Dynamic Soil, Dynamic Plant, 1(2): 68-82.

Boomsma CR and Vyn TJ, 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis?. Field Crops Research, 108: 14–31.

Badawy ME and Mehasen SAS, 2011. Multivariate analysis for yield and its components in maize under zinc and nitrogen fertilization levels. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(12): 3008-3015.

Farajzadeh E, Yarnia M, Ahmadzadeh V and Farajzadeh N, 2011. Priming effect of different times of maize seeds with nutrient elements in water stress on corn yield. Annals of Biological Research, 2(3): 419-423.

Gerhardt KE, Greenberg BM and Glick BR, 2006. The role of ACC deaminase in facilitating the phytoremediation of organic, metals and salt. Current Trends in Microbiology, 2: 61-73.

Gholami A, Shahsavani S and Nezarat S, 2009. The Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. World Academy of Science, Engineering and Technology, 49: 19-24.

Glick BR, Todorovic B, Czarny J, Cheng Z, Duan J and McConkey B, 2007. Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase. Critical Reviews in Plant Sciences, 26:227–242.

Habibi D, Moslemi Z, Ardakani MR, Mohammadi A and Asgharzadeh A, 2010. Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and oxidative damage of maize under drought stress. Chemistry and Chemical Engineering (ICCCE), International Conference on 1-3 Aug. Pp. 253-257.

Hong W and Jj-yun J, 2007. Effects of zinc deficiency and drought on plant growth and metabolism of reactive oxygen species in maize (*Zea mays* L.). Agricultural Sciences in China, 6(8): 988-995.

Liddycoat SM, Greengerg BM and Wolyn DJ, 2009. The effect of plant growth-promoting rhizobacteria on asparagus seedlings and germinating seeds subjected to water stress under greenhouse conditions. Canadian Journal of Microbiology, 55(4): 388-394.

Meng L, Xin-chun L, Xiao-hong T, Wen-xuan M, Xi-wen Y and Xiong-xiong N, 2009. Effect of zinc on the growth of maize roots and activity of the protective enzyme of maiz leaves under the drought conditions. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 188: 92-105.

Movahhedy M, Sanavy SAM and Bidgoli AM, 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. Industrial Crops and Products, 30(1): 82-92.

Nabizadeh E, Banifazel M and Taherifard E, 2012. The effects of plant growth promoting on some of traits in maize under drought stress condition. European Journal of Experimental Biology, 2(4): 875-881.

Naido VS, Panvar JDS and Annapurna K, 2003. Yield response to rice on auxin application and inoculation *Azospirillum brasilense*. Indian Journal Plant Physiology, 8: 96-98.

Sandya V, Ali SZ, Grover M, Reddy G and Venkateswarlu B, 2009. Alleviation of drought stress effect in sunflower seedlings by the exopolysaccharides producing *Pseudomonas putida* strain GAP-P45. Biology and Fertility of Soils, 46: 17-26.

Sandya V, Ali SZ, Grover M, Reddy G and Venkateswarlu B, 2010. Effect of plant growth promoting *Pseudomonas spp*. on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. Plant Growth Regulation, 62: 21-30.

Sandya V, Ali SZ, Grover M, Reddy G and Bandi V, 2011. Drought-tolerant plant growth promoting *Bacillus spp*.: effect on growth, osmolytes and antioxidant status of maize under drought stress. Journal of Plant Interactions, 6(1): 1–14.

Seyed Sharifi R, Khavazi K and Gholipouri AG, 2011. Effect of seed priming with plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on dry matter accumulation and yield of maize (*Zea mays* L.) hybrids. International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics, 1(3):76-83.

Thalooth AT, Tafik MM and Mohamed H, 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants grown under water stress conditions. World Journal of Agricultural Sciences, 2(1): 37-46.