به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۹ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۶
صفحه‌های ۳۳۳-۳۱۹

تاثیر جدایه‌های برتر سودوموناس فلورسنت به‌عنوان کود بیولوژیک بر رشد و تغذیه گیاه ذرت

پیمان عباس‌زاده دهجی[۱]* ، دیناالسادات رضایی[۲]، عبدالرضا اخگر[۳] و علی اشرف سلطانی[۴]

۱. استادیار، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج)، رفسنجان، ایران
۲. کارشناس ارشد، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج)، رفسنجان، ایران
۳. دانشیار، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج)، رفسنجان، ایران
۴. استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۱/۱۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۳/۱۹

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر جدایه‌های باکتریایی بر پارامترهای رویشی و جذب عناصر غذایی در دو رقم ذرت سینگل کراس ۷۰۴ و تری‌وی کراس ۶۴۵، دو آزمایش جداگانه در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان در سال ۱۳۹۳ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل چهار جدایه باکتری سودوموناس فلورسنت (P7، P15، P24، P29 و شاهد (تلقیح‌نشده)) بود. نتایج نشان داد که استفاده از جدایه‌های p۲۹، p۱۵، p۷، p۱۵، p۲۹ و p۲۴ در مقایسه با شاهد (تلقیح نشده)، به ترتیب موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی (۴۲/۹ درصد)، طول اندام هوایی (۲۳/۷ درصد)، سطح برگ (۴۳/۶ درصد)، کلروفیل (۱۵/۹ درصد)، وزن خشک ریشه (۴۹/۸ درصد) و حجم ریشه (۵۳ درصد) در رقم سینگل کراس ۷۰۴ شدند. کاربرد اکثر جدایه‌های مورد آزمایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم را در رقم سینگل کراس ۷۰۴ نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دادند. جدایه‌های مورد آزمایش جذب عناصر آهن، روی، مس و منگنز ساقه و ریشه رقم تری‌وی کراس ۶۴۵ را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دادند. بیشترین جذب روی ساقه و ریشه در رقم تری‌وی کراس ۶۴۵ در تیمار با جدایه p۲۹ مشاهده شد که جذب روی در ساقه و ریشه را به ترتیب ۴۱/۸ و ۶۶/۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. در سینگل کراس ۷۰۴ تمامی جدایه‌ها تأثیر معنی‌داری بر جذب روی ریشه داشتند و در ساقه بیشترین افزایش جذب روی مربوط به p۲۹ با ۶۰/۲ درصد افزایش نسبت به شاهد بود. در مجموع، یافته‌های این پژوهش نشان داد که تلقیح ذرت با جدایه‌های منتخب نقش مهمی در افزایش رشد ذرت و میزان جذب عناصر غذایی توسط این گیاه داشت.

کلیدواژه‌ها: حجم ریشه، فسفر، کلروفیل، نیتروژن، وزن خشک ریشه

* نویسنده مسئول Email: P.abbaszadeh@vru.ac.ir

۱. مقدمه

ذرت با نام علمی *Zea mays* L. گیاهی یکساله از خانواده گندمیان است که در بین گیاهان زراعی بیشترین تنوع مصرف را دارد. این گیاه علاوه بر مصرف به‌عنوان غذای انسان، به‌عنوان علوفه برای دام و تغذیه طیور، در صنایع تخمیری و تهیه فرآورده‌های صنعتی از جمله اتانول نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۵]. از مؤلفه‌های اساسی افزایش عملکرد محصولات، مصرف بیشتر انواع نهاده‌ها به‌ویژه کودهای شیمیایی است که کاربرد آن‌ها مشکلاتی را برای انسان، خاک و محیط زیست فراهم نموده است. از راه‌های برطرف کردن این مشکلات کاربرد کودهای زیستی جهت بهبود تغذیه گیاه برای رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد [۴۱].

به‌کارگیری جانداران مفید خاکزی تحت عنوان کودهای زیستی به‌عنوان طبیعی‌ترین و مطلوب‌ترین راه حل برای فعال نگه داشتن سیستم حیاتی خاک در زمین‌های کشاورزی مطرح است [۷]. در بین ریزجانداران خاک که فعالیت آن‌ها بر رشد، تغذیه و سلامت گیاه تأثیر مثبتی داشته و کاربرد آن‌ها به‌عنوان کود زیستی مورد توجه محققین قرار گرفته است، می‌توان به انواع باکتری‌های ریزوسفر اشاره نمود که به‌عنوان باکتری‌های محرک رشد گیاه[1] نامیده می‌شوند [۳۵]. در واقع باکتری‌های محرک رشد گیاه به گروه مختلفی از باکتری‌های ریزوسفری مفید اطلاق می‌شود که قادرند از طریق سازوکارهای مختلف به‌طور مستقیم و غیر مستقیم موجب افزایش رشد گیاه شوند. اثرات مستقیم شامل تولید فیتوهورمون‌ها و سیدروفور، انحلال فسفات‌های نامحلول، تثبیت نیتروژن [۲۶] و تولید ۱- آمینو-سیکلو پروپان -۱- کربوکسیل د-آمیناز[2] می‌باشند [۲۴]. از جمله مهمترین باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌توان به جنس‌های ازتوباکتر[3]، استوباکتر[4]، آزوسپریلوم[5]، باسیلوس[6]، سودوموناس[7] و برخولدریا[8] اشاره کرد [۳۱].

باکتری‌های جنس *سودوموناس* به‌دلیل توزیع گسترده آنها در خاک، توانایی کلونیزاسیون ریزوسفر بسیاری از گیاهان و تولید طیف متنوعی از متابولیت‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. یکی از ویژگی‌های بارز باکتری‌های سودوموناس تولید هورمون‌های گیاهی است [۲۷]. هورمون‌های گیاهی به‌ویژه ایندول تری استیک اسید (IAA)[9] نقش مهمی در کنترل رشد و توسعه گیاه دارند [۱۴]. محققین گزارش کردند که تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاه تولید کننده IAA موجب افزایش وزن ریشه، رشد طولی و انشعابات فرعی ریشه و تولید ریشه‌های نازکتر شده و در نتیجه جذب آب و عناصر غذایی را افزایش دادند [۳۳]. گزارشات زیادی مبنی بر تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی وجود دارد. گروهی از محققین نشان دادند که تلقیح باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش جذب و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه شد [۹]. در آزمایشی نشان داده شد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش ۹۶ و ۵۳ درصدی نیتروژن ساقه و ریشه شد [۲۹]. آزمایشی تحقیقاتی نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد به‌طور معنی‌داری جذب عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم، فسفر، آهن، مس، روی و منگنز نسبت به شاهد افزایش داد [۱۲]. گروهی از محققین گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های باسیلوس و سودوموناس موجب افزایش جذب فسفر در ذرت شد [۱۴].

1. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)
2. 1-amino-cyclopropan-1-carboxylate de-aminase(ACC-deaminase)
3. *Azotobacter*
4. *Acetobacter*
5. *Azospirillum*
6. *Bacillus*
7. *Pseudomonas*
8. *Burkholderia*
9. Indole-3-acetic acid

اکثر محققین به‌منظور انتخاب جدایه‌های باکتریایی تنها از باکتری‌های محرک رشد با صفات محرک رشدی بالا استفاده می‌کنند. اما، در این پژوهش از چهار جدایه سودوموناس فلورسنت تولید کننده اکسین که در آزمون گلخانه‌ای در شرایط استریل (کشت درون شن) بهترین تأثیر را بر پارامترهای رویشی ذرت داشتند استفاده شد. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر جدایه‌های منتخب سودوموناس فلورسنت تولید کننده اکسین بر پارامترهای رویشی، جذب عناصر غذایی در دو رقم ذرت سینگل کراس ۷۰۴ و تری‌وی کراس ۶۴۵ در شرایط خاک طبیعی می باشد.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر چهار جدایه سودوموناس فلورسنت تهیه شده از کلکسیون میکروبی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان که طی تحقیقات قبلی [۶] بیشترین تأثیر را بر پارامترهای رویشی ذرت داشتند، دو آزمایش گلخانه‌ای جداگانه در قالب طرح کاملاً تصادفی برای رقم‌های سینگل کراس ۷۰۴ و تری‌وی کراس ۶۴۵ در بهار ۱۳۹۳به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از چهار جدایه سودوموناس فلورسنت P7، P15، P24 ، P29 به‌ترتیب با توان تولید ۳/۰۶، ۴/۳۴، ۳/۰۴ و ۱۵/۳ میلی‌گرم در لیتر اکسین و شاهد (بدون باکتری). آزمایش با چهار تکرار انجام شد.

به‌منظور تهیه مایه تلقیح جهت استفاده در کشت گلخانه‌ای با استفاده از فیلدوپلاتین مقداری از کلنی باکتری در ارلن مایر حاوی ۲۵ میلی‌لیتر محیط کشت TSB کشت و روی شیکر با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سوسپانسیون‌های باکتری با جمعیت 10^{8} cell ml^{-1} همسان شده به‌عنوان مایه تلقیح مورد استفاده قرار گرفتند [۶].

برای آماده‌سازی بذرهای تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان، آن‌ها به مدت یک دقیقه در الکل ۹۶ درصد قرار داده شدند و سپس با هیپوکلریت سدیم ۱/۵ درصد به مدت سه دقیقه ضدعفونی و برای حذف هیپوکلریت سدیم چندین بار با آب مقطر استریل شست و شو شدند. بذرهای ضدعفونی سطحی شده بر روی محیط آب-آگار در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد جوانه‌دار شدند.

در آزمون گلخانه‌ای از گلدان‌های پلاستیکی (با ارتفاع ۱۵ و قطر ۱۴ سانتیمتر) با ظرفیت دو کیلوگرم خاک استفاده شد. برای بستر کشت از خاکی با شوری پایین (کمتر از ۲ میلی‌موس بر سانتی‌متر) و بافت استفاده گردید (جدول ۱). با توجه به کم بودن غلظت عناصر در خاک مورد آزمایش (جدول ۱)، به هر کدام از گلدان‌ها قبل از کشت عناصر غذایی اضافه شد. محلول غذایی شامل ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتروژن (در دو نوبت همراه با کشت و ۲۵ روز بعد از کشت) از منبع اوره، فسفر به غلظت ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از منبع مونوکلسیم فسفات و عناصر آهن، روی، مس و منگنز هر کدام با غلظت ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌ترتیب از منابع سکوسترین آهن، سولفات روی، سولفات مس و سولفات منگنز به خاک اضافه گردید. در هر گلدان تعداد ۱۰ بذر کشت شد و بعد از ۱۰ روز به شش گیاه کاهش یافت. هنگام کاشت، برای تلقیح باکتری به بذرها ۱۰۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون باکتری مورد نظر بعد از کشت بذر روی بذرها ریخته و برای گلدان‌های شاهد بدون تلقیح از ۱۰۰۰ میکرولیتر محیط کشت باکتری استفاده شد. گلدان‌ها با آب مقطر و به روش وزنی در حد ۸۰ درصد ظرفیت زراعی آبیاری شدند.

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه*

بافت	رس	سیلت	شن	ماده آلی	نیتروژن	pH	EC	فسفر	پتاسیم	آهن	مس	روی	منگنز	کلسیم	منیزیم
	٪						dSm^{-1}	mg kg^{-1}						meq L^{-1}	
لوم	۱۲	۳۹	۴۹	۰/۲۰	۰/۰۵	۷/۷۱	۱/۰۷	۷/۲۳	۳۲۰	۱/۰۴	۰/۶۱	۱/۰۲	۱/۰۰	۲۲/۰	۵/۴

*: آهن، مس، روی و منگنز با DTPA عصاره‌گیری شده است؛ فسفر به روش اولسن و پتاسیم با استات آمونیوم عصاره‌گیری شده است

در انتهای ۴۵ روز گیاهچه‌ها برداشت شدند و شاخص‌های وزن خشک اندام هوایی و ریشه (با ترازو با دقت دو رقم اعشار)، طول اندام هوایی (توسط خط کش)، سطح برگ به‌وسیله دستگاه سنجش سطح برگ[1] (Delta T, WD3,Uk)، شاخص کلروفیل برگ توسط دستگاه اسپد[2] (SPAD-502) و حجم ریشه با قرار دادن ریشه درون استوانه مدرج (۲۵۰ میلی‌لیتری) حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و اندازه‌گیری افزایش حجم آب با غوطه‌ور شدن ریشه درون آب (به روش سیلندر) اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری عناصر از روش خشک‌سوزانی استفاده شد. برای این منظور نمونه‌های گیاهی به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک شده و سپس آسیاب شدند. نیم گرم از نمونه‌های پودر شده را در بوته‌های چینی ریخته و ابتدا به‌مدت دو ساعت در دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس و سپس چهار ساعت در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس درون کوره قرار داده شدند تا خاکستر سفید رنگی حاصل شود. پس از سرد شدن نمونه‌ها، ۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک دو نرمال به آن‌ها اضافه و به درون بالن ۵۰ میلی‌لیتری صاف کرده و با آب مقطر به حجم رسانده شد. از این عصاره به‌طور مستقیم برای اندازه‌گیری عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس استفاده شد. عناصر آهن، روی، مس و منگنز با استفاده از دستگاه جذب اتمی awanta مدل GBC-۹۳۲ [۲۵] و فسفر به روش آمونیوم مولیبدات و آمونیوم وانادات زرد با اندازه‌گیری جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر و پتاسیم با استفاده از دستگاه شعله سنج مدل PFP7 و کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون اندازه‌گیری گردید. درصد نیتروژن در گیاه با استفاده از دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شد [۲].

در نهایت تجزیه واریانس همه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 5.1 صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. تأثیر باکتری‌ها بر شاخص‌های رشد ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴

نتایج تجزیه واریانس تأثیر جدایه‌های منتخب بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ نشان داد. کاربرد جدایه‌های مورد آزمایش موجب افزایش معنی‌دار پارامترهای اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک و پنج درصد شد. نتایج مربوط به تأثیر کاربرد تیمارهای باکتری بر شاخص‌های رشد ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ در جدول (۲) نشان داده شده است. وزن خشک ریشه در تیمار با تمامی جدایه‌ها نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد و بیشترین افزایش مربوط به جدایه P۲۹ با ۴۹/۸

1. Area measurement system
2. Chlorophyll meter Spad

درصد افزایش نسبت به شاهد بود. محققین گزارش کردند تلقیح ذرت شیرین با باکتری‌های محرک رشد افزایش وزن خشک ریشه را در پی داشت [۸]. کاربرد تیمارهای باکتری موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد شد و جدایه P۲۹ با ۴۲/۹ درصد افزایش نسبت به شاهد مؤثرترین جدایه در افزایش وزن خشک اندام هوایی بود (جدول ۲). پژوهشگران نیز افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی ذرت در نتیجه تلقیح با باکتری‌های سودوموناس، باسیلوس و ازتوباکتر را گزارش کردند [۲۰]. همان‌طور که مشاهده می‌شود حجم ریشه در تیمار با تمامی جدایه‌ها نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد و جدایه‌های P۲۴، P۲۹، P۱۵ و P۷ به ترتیب حجم ریشه را ۵۳، ۴۱، ۲۹ و ۲۴ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۲). این افزایش احتمالا ناشی از تولید اکسین توسط جدایه‌ها می‌باشد. باکتری‌های تولید کننده اکسین مانند سودوموناس [۲۷] با تولید ایندول استیک اسید (IAA) سبب افزایش سیستم ریشه‌ای می‌شوند [۲۱]. تیمار باکتری موجب افزایش طول اندام هوایی تا ۲۳/۷ درصد نسبت به شاهد شد. جدایه‌های مورد مطالعه میزان کلروفیل گیاه را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند. کاربرد تمام جدایه‌ها به‌غیر از جدایه P۱۵ موجب افزایش معنی‌دار سطح برگ گیاه در مقایسه با شاهد شد. استفاده از باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه موجب افزایش ارتفاع گیاه، سطح برگ و کلروفیل ذرت شد [۴۲]. همچنین افزایش سطح برگ ذرت در اثر تیمارهای باکتری می‌تواند به‌دلیل تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای و در نهایت افزایش دسترسی عناصر غذایی باشد [۱۶]. در گیاهان مختلف مشاهده شده است که استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه منجر به افزایش سطح برگ‌ها گردید که این امر به توانایی باکتری‌ها به تولید IAA نسبت داده شده است [۳۶].

جدول ۲. نتایج مقایسه میانگین تاثیر جدایه‌های مختلف بر پارامترهای رویشی ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ در آزمون گلخانه‌ای

شماره جدایه	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	حجم ریشه	طول اندام هوایی	سطح برگ	کلروفیل*
	$(g.pot^{-1})$		$(cm^3.pot^{-1})$	$(cm.plant^{-1})$	$(m^2.pot^{-1})$	
۷	۴/۰۹ ab	۱۱/۱ b	۷۰/۰ d	۴۶/۱ bc	۰/۱۸۴ a	۳۱/۰ a
۱۵	۳/۹۷ b	۱۱/۰ b	۷۳/۰ c	۵۰/۱ a	۰/۱۴۴ d	۳۱/۳ a
۲۴	۴/۱۵ ab	۱۰/۰ b	۸۶/۶ a	۴۸/۳ ab	۰/۱۴۶ c	۲۸/۸ b
۲۹	۴/۳۳ a	۱۲/۳ a	۸۰/۰ b	۴۴/۸ c	۰/۱۷۰ b	۲۸/۳ b
شاهد	۲/۸۹ c	۸/۶۱ c	۵۶/۶ e	۴۰/۵ d	۰/۱۳۰ d	۲۷/۰ c

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

*: شاخص اسپد (بدون واحد)

۲.۳. تأثیر باکتری‌های منتخب بر شاخص‌های رشد ذرت رقم تری‌وی کراس ۶۴۵

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که جدایه‌های منتخب تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد بر شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شده داشت. جدول (۳) تأثیر کاربرد جدایه‌های منتخب بر شاخص‌های رشد ذرت رقم تری‌وی کراس ۶۴۵ نشان می‌دهد. چنان که ملاحظه می‌شود تمامی جدایه‌های مورد آزمایش وزن خشک ریشه را نسبت به شاهد افزایش دادند. جدایه‌های P۷، P۱۵، P۲۹ و P۲۴ به ترتیب وزن خشک ریشه را ۲۹/۱، ۲۸/۶، ۲۷/۱ و ۱۷/۹درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. کاربرد تیمارهای باکتری وزن خشک اندام هوایی را نسبت به شاهد افزایش داده به‌طوری‌که این افزایش در جدایه P۷ با ۱۲/۷ درصد افزایش از نظر آماری نیز معنی‌دار شد. تلقیح ذرت با باکتری‌های محرک رشد گیاه منجر به افزایش وزن خشک ساقه شد [۱۲]. با انجام آزمایشی روی ذرت شیرین نتایج نشان داد که کاربرد باکتری‌های سودوموناس پوتیدا افزایش وزن خشک ریشه و ساقه را در پی داشت [۳۲]. با توجه به جدول (۳) جدایه‌های P۷ و P۱۵ حجم ریشه را نسبت به شاهد به‌میزان ۱۰/۶ درصد به طور معنی‌داری افزایش دادند. که این افزایش را می‌توان به تولید اکسین توسط این جدایه‌ها و نقش این هورمون در توسعه سیستم ریشه‌ای نسبت داد [۳۴]. تولید IAA توسط باکتری‌های محرک رشد موجب طویل شدن و تکثیر سلول‌های ریشه می‌شود [۲۲]. تمامی جدایه‌های مورد مطالعه طول اندام هوایی را نسبت به شاهد افزایش دادند. جدایه‌های P۷، P۲۹، P۱۵ و P۲۴ طول اندام هوایی را به‌ترتیب ۴۱/۵، ۳۲، ۲۷/۴ و ۱۰/۸ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۳). نتایج محققین نشان داد که تلقیح ذرت با باکتری‌های آزوسپریلیوم و سودوموناس موجب افزایش وزن خشک ریشه، ساقه و طول اندام هوایی نسبت به شاهد شد [۱۹]. در پژوهشی دیگر کاربرد دو باکتری سودوموناس و باسیلوس موجب افزایش طول اندام هوایی ذرت نسبت به شاهد شد [۲۰]. تنها جدایه P۲۴ سطح برگ را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری و به میزان ۱۱/۷ درصد افزایش داد. جدایه‌های مورد مطالعه میزان کلروفیل گیاه را به‌صورت معنی‌دار نسبت به شاهد افزایش دادند. گزارش شده است که تلقیح باکتری‌های محرک رشد با افزایش فراهمی عناصر غذایی موجب افزایش میزان کلروفیل برگ ذرت گردید [۴۲].

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین تاثیر جدایه‌های منتخب بر پارامترهای رویشی ذرت رقم تری وی کراس ۶۴۵ در آزمون گلخانه‌ای

شماره جدایه	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	حجم ریشه	طول اندام هوایی	سطح برگ	کلروفیل*
	(g.pot^{-1})		(cm^3.pot^{-1})	(cm.plant^{-1})	(m^2.pot^{-1})	
۷	۴/۴۷ a	۱۴/۲ a	۷۰/۰ a	۵۵/۲a	۰/۱۷۱ b	۲۸/۶ c
۱۵	۴/۴۵ a	۱۲/۵ b	۷۰/۰a	۴۹/۷b	۰/۱۷۲ b	۳۰/۵ a
۲۴	۴/۰۸ b	۱۳/۰ b	۶۶/۶ ab	۴۳/۲c	۰/۱۸۰ a	۲۴/۶ b
۲۹	۴/۴۰ a	۱۳/۱ b	۶۳/۳b	۵۱/۵b	۰/۱۶۷ b	۲۹/۸ b
شاهد	۳/۴۶ c	۱۲/۶ b	۶۳/۳b	۳۹/۰d	۰/۱۷۰ b	۲۷/۳ d

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

*: شاخص اسپد (بدون واحد)

۳.۳. تأثیر جدایه‌ها بر جذب عناصر غذایی پرمصرف در ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴

نتایج تجزیه آماری نشان داد جدایه‌های سودوموناس بر جذب عناصر غذایی ساقه و ریشه در سطح احتمال یک و پنج درصد تأثیر معنی‌داری داشتند. نتایج مربوط به تأثیرجدایه‌های منتخب بر جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم ساقه و ریشه در جدول (۴) آورده شده است. چنانچه در جدول (۳) ملاحظه می‌شود، تمامی جدایه‌ها جذب نیتروژن را در ساقه و ریشه به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند. جدایه P۲۹ بیشترین تأثیر را بر افزایش جذب نیتروژن ساقه (۱۴۱/۶ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) و جدایه‌های P۲۹ و P۷ بر جذب نیتروژن ریشه داشته‌اند. کاربرد تیمارهای باکتری جذب فسفر ساقه و ریشه را نسبت شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دادند (جدول ۴) به صورتی‌که جدایه P۲۹، ۵۴/۶ درصد جذب فسفر ساقه و جدایه‌های P۷ و P۲۴ به‌ترتیب ۷۱/۹ و ۶۹/۳ درصد جذب فسفر در ریشه را افزایش دادند. همان‌طور که مشاهده می‌شود جذب پتاسیم ساقه و ریشه در تیمار با تمامی باکتری‌های منتخب نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد و جدایه‌های P۲۹، P۱۵، p۷ و ۲۴ جذب پتاسیم ساقه را به ترتیب ۵۶/۱، ۵۰، ۳۲ و ۳۱/۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داده و جدایه‌های P۷، P۱۵، P۲۴ و P۲۹ به ترتیب ۱۱۶/۳، ۹۶/۹، ۹۶/۹ و ۷۲/۴ درصد جذب پتاسیم ریشه را نسبت به شاهد افزایش دادند. جدایه‌های مورد مطالعه موجب افزایش میزان جذب کلسیم ساقه و ریشه نسبت به شاهد شدند. جدایه P۲۹ بیشترین تأثیر را بر جذب کلسیم ساقه داشت. کاربرد تمامی جدایه-ها موجب افزایش میزان جذب منیزیم ساقه و ریشه شده است و جدایه‌های P۷ و P۲۹ مقدار جذب منیزیم در ساقه و ریشه را به ترتیب ۱۲۵/۲ درصد و ۴۷/۳ درصد افزایش دادند (جدول ۴).

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین جدایه‌های مختلف بر جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم،کلسیم و منیزیم ساقه و ریشه ذرت سینگل کراس ۷۰۴

شماره جدایه	ساقه					ریشه				
	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم
	میلی‌گرم در گلدان									
۷	۲۳۱b	۱۴/۶ bc	۴۰۹ b	۴۷/۶ b	۷۱/۶ a	۸۵/۷ a	۳/۴۲ a	۵۵/۶ a	۳۴/۷ a	۱۸/۱ b
۱۵	۱۹۳ c	۱۵/۷ b	۴۶۵ a	۴۹/۹ b	۴۵/۶ b	۷۴/۲ b	۳/۰۲ b	۵۰/۶ b	۳۴/۹ a	۱۷/۷ b
۲۴	۲۳۰ c	۱۴/۱ c	۴۰۷ b	۵۰/۶ b	۳۹/۰ c	۶۴/۵ c	۳/۳۷ a	۵۰/۶ b	۳۷/۸ a	۲۰/۲ ab
۲۹	۳۷۲ a	۱۸/۴ a	۴۸۴ a	۶۶/۰a	۴۴/۲ bc	۸۰/۸ a	۳/۱۰ b	۴۴/۳ c	۳۵/۸ a	۲۱/۵ a
شاهد	۱۵۴ d	۱۱/۹ d	۳۱۰ c	۳۶/۸ c	۳۱/۸ d	۵۱/۲ d	۱/۹۹ c	۲۵/۷ d	۱۹/۹b	۱۴/۶ c

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

در پژوهشی نشان داده شد که تلقیح ذرت با باکتری سودوموناس منجر به افزایش جذب آب و عناصر غذایی توسط این گیاه شد [۳۳]. تأثیر باکتری سودوموناس بر جذب عناصر غذایی در برخی از ارقام برنج نشان داد که استفاده از باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش جذب عناصر غذایی فسفر، نیتروژن، پتاسیم، کلسیم و آهن در بافت‌های گیاه شد [۴]. در پژوهشی مشخص شد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش قابل ملاحظه‌ای در جذب نیتروژن ساقه تا ۷۶ درصد و نیتروژن ریشه تا ۳۲ درصد در گیاه گندم شدند [۲۶]. محققین اثرات باکتری‌های محرک رشد بر جذب عناصر غذایی در ذرت را بررسی نمودند. نتایج این محققین نشان داد که تلقیح باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه موجب افزایش جذب و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه شد [۹]. تلقیح باکتری‌های سودوموناس و باسیلوس به ذرت موجب افزایش قابل ملاحظه‌ای در غلظت نیتروژن و فسفر برگ ذرت شد [۱۷]. محققین با بررسی اثر باکتری محرک بر رشد و جذب عناصر غذایی ذرت نشان دادند کاربرد این باکتری‌ها موجب افزایش جذب عناصر غذایی در ذرت شدند و بیان کردند پتاسیم بیشترین غلظت را نسبت به بقیه عناصر به خود اختصاص داد. همچنین، این محققین گزارش کردند غلظت پتاسیم در ساقه و ریشه به ترتیب ۹۲ و ۴۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت [۴۰]. احتمالاً تولید اکسین توسط جدایه‌ها و افزایش طول و حجم ریشه موجب افزایش جذب و غلظت عناصر در گیاه شده است. تنظیم کننده‌های رشدی چون اکسین سبب گسترش ریشه شده و در نهایت جذب آب و مواد غذایی را بالا می‌برد [۳۴]. توسعه سریع ریشه‌ها چه از طریق افزایش طول ریشه‌های ابتدایی و چه با ازدیاد ریشه‌های جانبی و نابجا، راه مناسبی برای گیاهچه‌های جوان است که توانایی خود را برای استقرار در خاک و جذب عناصر غذایی افزایش دهند [۲۷].

۴.۳. بررسی تأثیر جدایه‌های منتخب بر جذب عناصر غذایی پرمصرف در ذرت رقم تری‌وی کراس ۶۴۵

جدایه‌های مورد آزمایش بر جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم (به غیر از جذب پتاسیم ساقه) در ریشه و اندام هوایی در سطح احتمال یک و پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر رقم تری‌وی کراس ۶۴۵ داشتند. کاربرد تمامی جدایه‌های منتخب جذب نیتروژن ساقه و ریشه را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش دادند. جدایه‌های P۷ و P۱۵ بیشترین تأثیر را به‌ترتیب بر جذب نیتروژن ساقه و ریشه داشتند. اکثر جدایه‌های منتخب به طور معنی‌داری جذب فسفر در ساقه و ریشه را افزایش دادند (جدول ۵). تمامی جدایه‌ها جذب پتاسیم در ریشه را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند در حالی که نتوانستند جذب پتاسیم در ساقه را افزایش دهند. جدایه‌های P۲۹ و P۷ به طور معنی‌داری جذب کلسیم در ساقه را نسبت به شاهد افزایش دادند. همچنین جدایه‌های P۱۵، P۷، P۲۹ و P۲۴ به ترتیب ۱۰۱/۷، ۸۷/۰، ۴۰/۲ و ۳۸/۵ درصد جذب کلسیم ریشه را افزایش دادند (جدول ۵). اکثر جدایه‌های منتخب تأثیر معنی‌داری بر جذب منیزیم ساقه در مقایسه با شاهد نداشتند و تنها جدایه P۲۹ موجب افزایش معنی‌دار جذب منزیم ساقه به میزان ۱۴/۴ درصد گردید. جذب منیزیم ریشه با کاربرد اکثر جدایه‌ها به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت.

در آزمایشی بررسی تأثیر جنس‌های مختلف باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه بر غلظت و جذب عناصر غذایی در ذرت نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش ۹۶ درصدی غلظت نیتروژن ساقه و ۵۳ درصدی ریشه شد [۲۹]. همچنین، غلظت فسفر ساقه و ریشه به ترتیب ۵۶ و ۱۰۰ درصد افزایش داشته و پتاسیم ساقه و ریشه ۳۰ درصد

نسبت به شاهد افزایش یافت. آزمایشات محققین نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد به طور معنی‌داری جذب عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم، فسفر، آهن، مس، روی و منگنز نسبت به شاهد افزایش داد [۱۲]. باکتری‌های محرک رشد گیاه از جمله سودوموناس‌ها، علاوه بر تولید اکسین، قادر به انحلال ترکیبات معدنی کم محلول عناصر مختلف از جمله فسفر می‌باشد. این باکتری‌ها با سازوکارهای مختلفی از جمله تولید اسیدهای آلی، معدنی و ترشح پروتون موجب کاهش pH ریزوسفر شده و و در نتیجه فراهمی عناصر غذایی برای گیاه را افزایش می‌دهد [۳۷].

۵.۳. بررسی تأثیر جدایه‌های مختلف بر جذب عناصر ریزمغذی در ساقه و ریشه ذرت سینگل کراس ۷۰۴

نتایج تجزیه آماری نشان داد جدایه‌های مورد آزمایش تأثیر معنی‌داری بر جذب عناصر غذایی آهن، روی، مس و منگنز اندام هوایی و ریشه در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد داشتند. همانطور که مشاهده می‌شود تمامی جدایه‌ها جذب آهن در ساقه و ریشه گیاهان را به طور معنی‌داری افزایش دادند (جدول ۶). بیشتر جدایه‌های مورد آزمایش نتوانستند به طور معنی‌داری جذب روی ساقه را نسبت به شاهد افزایش دهند. بیشترین جذب روی ساقه در تیمار با جدایه p۲۹ (۱۷۳ میکروگرم بر گلدان) مشاهده شد. تمامی جدایه‌های مورد مطالعه جذب روی ریشه را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند. جدایه‌های مورد مطالعه جذب مس در ساقه و ریشه را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند به طوری که جدایه‌های P۲۹، P۲۴، P۱۵ و P۷ به‌ترتیب ۱۸۹/۳، ۷۴/۲، ۶۶/۴ و ۴۵/۱ درصد جذب مس در ساقه و جدایه‌های P۲۴ ، P۱۵، P۲۹ و P۷ به‌ترتیب ۴۲/۵، ۳۰/۰، ۲۷/۵و ۲۰/۸ درصد جذب مس در ریشه را افزایش دادند. اکثر جدایه‌های منتخب به طور معنی‌داری جذب منگنز ساقه و ریشه را نسبت به شاهد افزایش دادند. جدایه‌های P۲۹ و P۷ جذب منگنز ساقه (۹۳۳ و ۸۳۱ میکروگرم بر کیلوگرم) و جدایه P۷ جذب منگنز ریشه (۸۵۳ میکروگرم بر کیلوگرم) را به‌طور موثرتری نسبت به سایر جدایه‌ها افزایش دادند (جدول ۶).

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین جدایه‌ها بر جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم ساقه و ریشه رقم تری‌وی کراس ۶۴۵

	ساقه					ریشه				
	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم
شماره جدایه	میلی‌گرم در گلدان									
۷	۴۰۹a	۱۷/۴ a	۴۵۴ a	۶۲/۷ab	۵۶/۷ b	۹۱/۱ b	۳/۹۸ a	۵۴/۷ a	۳۱/۶ b	۲۹/۶ a
۱۵	۳۵۱ bc	۱۶/۷ b	۴۴۲ a	۵۶/۳ bc	۵۳/۹ b	۱۰۰ a	۳/۷۱ ab	۴۹/۹ b	۳۴/۱ a	۲۴/۲ bc
۲۴	۳۳۷ c	۱۸/۰ a	۳۹۸ a	۵۲/۲c	۵۷/۱ b	۸۶/۱ b	۳/۳۲ c	۴۷/۳ b	۲۳/۴ c	۲۴/۹ a-c
۲۹	۳۷۶ b	۱۶/۵ b	۴۳۰ a	۶۸/۸ a	۶۶/۱ a	۸۴/۷ b	۳/۴۴ bc	۵۱/۶ ab	۲۳/۷ c	۲۷/۶ ab
شاهد	۲۸۹ d	۱۶/۴ b	۴۴۴ a	۵۳/۴ c	۵۷/۸ b	۶۳/۵ c	۲/۶۹ c	۳۷/۶ c	۱۶/۹ d	۲۲/۳ c

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند

جدول ۶. نتایج مقایسه میانگین جدایه‌های مختلف بر جذب آهن، روی، مس و منگنز ساقه و ریشه رقم سینگل کراس ۷۰۴

شماره جدایه	ساقه				ریشه			
	آهن	روی	مس	منگنز	آهن	روی	مس	منگنز
	میکروگرم در گلدان							
۷	۲۰۰۲ a	۱۱۹ c	۹۳/۳ c	۸۳۱ b	۱۳۱۴۱b	۵۷/۳ a	۱۴۵ b	۸۵۳ a
۱۵	۱۵۶۶ c	۱۱۹ c	۱۰۷ b	۷۱۰ c	۱۴۱۲۵ b	۵۲/۸ a	۱۵۶ab	۶۹۲ c
۲۴	۱۴۵۶ c	۱۳۵ b	۱۱۲ ab	۷۱۵ c	۱۸۲۱۲ a	۵۱/۸ a	۱۷۱a	۷۶۴ b
۲۹	۱۷۲۷ b	۱۷۳ a	۱۸۶ a	۹۳۳ a	۱۴۰۰۹ b	۵۴/۴ a	۱۵۳ b	۷۹۷ab
شاهد	۱۰۶۳ d	۱۰۸ c	۶۴/۳ d	۵۸۳ d	۹۴۰۸ c	۳۰/۳ b	۱۲۰ c	۴۶۶ d

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

در تحقیقات انجام شده بر روی ذرت و گندم مشاهده کردند که تلقیح این گیاهان با سودوموناس موجب افزایش جذب آهن اندام هوایی شد و علت این افزایش را تولید سیدروفور توسط این باکتری‌ها گزارش کردند [۲۸ و ۱۱]. همچنین، در پژوهشی اثر تلقیح ازتوباکتر بر میزان آهن گندم بررسی و مشخص گردید که این باکتری توانست تغذیه گیاه را از نظر جذب عناصر غذایی کم مصرف از جمله آهن بهبود بخشد [۵]. افزایش معنی‌دار جذب عنصر روی در گیاهان ذرت و جو در نتیجه کاربرد باکتری‌های محرک رشد گزارش شده است [۱۳ و ۱۷]. استفاده از باکتری‌های محرک رشد منجر به افزایش منگنز اندام هوایی در نخود گردید [۳۰]. باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه با ترشح اسیدهای آلی منجر به کاهش pH ریزوسفر گیاه و در نتیجه افزایش جذب منگنز توسط گیاه گردیدند [۱۸]. با توجه به اینکه این باکتری‌ها توانایی تولید سیدروفور را نیز دارند، جذب عناصر کم مصرف به‌ویژه آهن، منگنز و روی ممکن است مربوط به توانایی تولید سیدروفورهای میکروبی باشد [۱]. تولید سیدروفور در باکتری‌های محرک رشد گیاه به اثبات رسیده است و گیاهان می‌توانند از سیدروفورهای تولید شده توسط باکتری‌ها به‌عنوان عاملی برای تأمین آهن مورد نیازخود استفاده کنند [۱۰].

۶.۳. تأثیر جدایه‌های منتخب بر جذب عناصر ریزمغذی در ساقه و ریشه رقم تری‌وی کراس ۶۴۵

نتایج تجزیه واریانس نشان داد جدایه‌های منتخب بر جذب عناصر غذایی آهن، روی، مس و منگنز در ساقه و ریشه (به غیر از جذب منگنز ساقه) ذرت رقم تری‌وی کراس ۶۴۵ تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد داشتند. همان طور که مشاهده می‌شود بیشتر جدایه‌های منتخب موجب افزایش معنی‌دار جذب آهن ساقه و ریشه نسبت به شاهد شدند و جدایه P۲۴ ۱۷/۲ درصد آهن ساقه و جدایه‌های P۲۴ و P۱۵ به‌ترتیب ۱۴۵/۲ و ۱۳۷/۹ درصد آهن ریشه را نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۷). بیشتر جدایه‌های مورد آزمایش نتوانستند به طور مؤثر بر جذب روی در ساقه تأثیر بگذارند، ولی جدایه‌های مورد آزمایش جذب روی ریشه را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند. میزان جذب مس ساقه و ریشه در

بیشتر گیاهان تلقیح شده در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین جذب مس ساقه مربوط به جدایه‌های P۷، P۲۴ و P۲۹ که به ترتیب ۱۷/۶، ۹/۲ و ۱۱/۳ درصد و جدایه‌های P۱۵ و P۲۴ مس ریشه را به ترتیب ۳۴/۹ و ۳۸/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. جدایه‌های منتخب تأثیر معنی‌داری بر جذب منگنز در ساقه نداشتند و جدایه‌های P۲۴، P۷، P۱۵ و P۲۹ به ترتیب ۴۹، ۳۸، ۳۷/۶ و ۲۸/۱ درصد میزان جذب منگنز در ریشه را نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۷).

در تحقیقی کاربرد باکتری سودوموناس موجب افزایش جذب آهن در ذرت شد [۱۱]. در تحقیقات دیگر محققین مشاهده کردند با کاربرد باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه، میزان جذب روی در برنج و ذرت افزایش یافت [۳۸ و ۱۷]. نتایج پژوهشی افزایش شش درصدی غلظت روی اندام هوایی سویا در نتیجه کاربرد باکتری‌های محرک رشد را نشان داد [۴]. نتایج پژوهشی نشان داد که کاربرد باکتری‌های باسیلوس موجب افزایش معنی‌دار جذب منگنز برگ فلفل دلمه‌ای شد [۴۳]. تلقیح باکتری‌های محرک رشد به گندم موجب افزایش معنی‌دار منگنز نسبت به شاهد شد [۳۹]. پژوهشگران نشان دادند که تلقیح ذرت و برنج با باکتری‌های محرک رشد گیاه موجب افزایش جذب عناصر میکرو در این گیاهان شد [۳ و ۱۲]. باکتری‌های محرک رشد از جمله سودوموناس‌ها با سازوکارهای مختلفی از قبیل تولید اسیدهای آلی، پروتون و ترشح سیدروفور موجب انحلال ترکیبات کم محلول می‌گردند [۳۵]. در شرایط کمبود آهن باکتری‌های محرک رشد با ترشح سیدروفور کمپلکس پایداری با آهن (III) می‌دهد و آن را به صورت محلول و قابل دسترس درمی‌آورند و منجر به افزایش فراهمی آهن در خاک می‌گردد [۲۳].

جدول ۷. نتایج مقایسه میانگین جدایه‌های منتخب بر جذب آهن، روی، مس و منگنز ساقه و ریشه رقم تری‌وی کراس ۶۴۵

شماره جدایه	ساقه				ریشه			
	آهن	روی	مس	منگنز	آهن	روی	مس	منگنز
	میکروگرم در گلدان							
۷	۱۶۰۷ b	۱۵۳ bc	۱۶۷ a	۷۷۸ a	۱۶۶۴۳ b	۵۸b	۱۷۸ b	۸۲۸ ab
۱۵	۱۳۴۴ c	۱۴۱bc	۱۵۰ bc	۷۷۷ a	۱۷۹۵۷ ab	۶۲ ab	۱۹۷ a	۸۲۶ ab
۲۴	۲۲۹۳ a	۱۵۸ bc	۱۵۵a-c	۸۳۲ a	۱۸۵۰۳ a	۵۲/۸ c	۲۰۲a	۸۹۴ a
۲۹	۱۵۶۹ b	۲۲۷ a	۱۵۸ab	۷۴۷a	۱۲۳۶۱ c	۶۶/۳ a	۱۸۱ b	۷۶۹ b
شاهد	۱۳۳۹ c	۱۶۰ b	۱۴۲ c	۸۳۰ a	۷۵۴۵ d	۳۹/۹d	۱۴۶ c	۶۰۰ c

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به اثرات بسیار موثر جدایه‌های منتخب بر رشد فیزیولوژیک و تغذیه ذرت، به‌نظر می‌رسد که انجام آزمایش در شرایط استریل به‌منظور انتخاب جدایه‌های برتر یک امر ضروری می‌باشد. همچنین، کاربرد این جدایه‌ها تأثیر مثبت و معنی‌داری بر شاخص‌های رویشی و تغذیه

ذرت داشتند. با توجه به اثرات مثبت و افزاینده کود زیستی سودوموناس بر شاخص‌های رویشی، جذب عناصر در دو رقم ذرت، به نظر می‌رسد که می‌توان از این کودها به عنوان یک راهکار مناسب، اقتصادی و دوست‌دار محیط زیست در جهت افزایش عملکرد در واحد سطح و کاهش مصرف کودهای شیمیایی استفاده کرد.

منابع

۱. ارزانش م ح، بنی‌عقیل ن، قربانلی م و شهبازی م (۱۳۹۱) تأثیر باکتری های محرک رشد گیاه بر پارامترهای رشدی و غلظت عناصر کم مصرف در دو رقم کلزا تحت تنش شوری. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار. جلد ۲ (۲): ۱۶۳-۱۵۳.

۲. امامی ع (۱۳۷۵) روش‌های تجزیه گیاه.جلد اول. نشریه فنی شماره ۹۸۲. موسسه تحقیقات خاک و آب. انتشارات دانشگاه تهران .ص: ۲۴۸.

۳. امین دلدار ز، احتشامی س م ر، شهدی کوملـه ع و خاوازی ک (۱۳۹۱) تأثیر سویه های باکتری سودوموناس (Pseudomonas fluorecens) بر صفات مرفوفیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در برخی ارقام برنج. مجله تولید گیاهان زراعی. ۵(۱): ۱۴۹-۱۴۱.

۴. راثی‌پور ل و اصغرزاده ن (۱۳۸۶) اثرات متقابل باکتری‌های حل کننده فسفات و bradyrhizobium بر شاخص‌های رشد، غده‌بندی و جذب برخی عناصر غذایی در سویا. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۵۳: ۶۵-۴۰.

۵. رجایی س و رییسی ف (۱۳۸۶) اثر پتانسیل‌های محرک رشد سویه‌های بومی ازتوباکتر کروکروم روی رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی در گندم. مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۱: ۲۹۶-۲۸۵.

۶. رضایی د، عباس‌زاده دهجی پ، اخگر ع و سلطانی ع ا (۱۳۹۴) تاثیر زمان و محیط کشت‌های حداقل و غنی بر تولید IAA توسط جدایه‌های مختلف سودوموناس فلورسنت و تاثیر جدایه‌ها بر رشد ذرت (Zea maze L). مجله تحقیقات کاربردی خاک. ۲(۲): ۱۴-۲۹.

۷. صالح راستین ن. (۱۳۸۰) کودهای بیولوژیک و نقش آنها در راستای نیل به کشاورزی پایدار .ضرورت تو لید صنعت کودهای بیولوژیک در کشور. ۵۴-۱.

۸. عرب س م، اکبری غ، علیخانی ح، ارزانش م ح و اله دادی ا (۱۳۸۷) بررسی توانایی تولید اکسین توسط باکتری‌های جداسازی شده بومی جنس آزوسپریلوم و ارزیابی اثرات محرک رشدی جدایه برتر بر گیاه ذرت شیرین. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۶ (۲): ۲۱۷-۲۲۵.

9. Abbas Z, Zia M A, Ali S, Abbas Z, Waheed A, Bahadur A, Hameed T, Iqbal A, Muhammad I, Roomi S, Ahmad M Z and Sultan T (2013) Integrated effect of plant growth promoting rhizobacteria, phosphate solubilizing bacteria and chemical fertilizers on growth of maize original research article. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 6 (13): 913-921.

10. Ahmad F, Ahmad I and Khan MS (2008) Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. Microbiological Research. 163(2): 173-181.

11. Alipour ZT and Sobhanipour A (2012) The effect of Thiobacillus and Pseudomonas fluorescent inoculation on maize growth and Fe uptake. Annals of Biological Research. 3(3): 1661-1666.

12. Biari A, Gholami A and Rahmani HA (2008) Growth promotion and enhanced nutrient uptake of maize (Zea mays L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria in arid region of Iran. Journal of Biological Sciences. 8(6): 1015-1020.

13. Cakmakci R, Donmez MF and Erdogan U (2007) The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 31: 189-199.

14. Egamberdieva D (2008) Plant growth promoting properties of rhizobacteria isolated from wheat and pea growth in loamy sand soil. Turkish Journal of Biology. 32: 9-15.

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

16. Gholami S, Shahsavani A 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 Technology. 49: 19-24.

17. Goteti PK, Amalraj Emmanuel LD, Desai S and Ahmed Shaik MH (2013) Prospective zinc solubilising bacteria for enhanced nutrient uptake and growth promotion in maize (Zea mays L.). International Journal of Microbiology. 2013: 1-7.

18. Gyaneshwar P, Naresh Kumar G, Parekh LJ and Poole PS (2002) Role of soil micro-organisms in improving P nutrition of plants. Plant and soil. 245(1): 83-93.

19. Hamidi A, Asgharzadeh A, Chaokan R and Khalvati MA (2011) Maize (Zea mays L.) seed Biofortification by plant growth promoting bacteria (PGPB). International Journal of Agronomy and Plant Production. 5: 194-205.

20. Jarak M, Mrkovacki N, Bjelic D, Josic D, Hajnal-Jafari T and Stamenov D (2012) Effects of plant growth promoting rhizobacteria on maiz in greenhouse and field trial. African Journal of Microbiology. 6(27): 5683-5690.

21. Khalid A, Arshad M and Zahir ZA (2004) Screening plant growth promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. Journal of Applied Microbiology. 96:473-480.

22. Kloepper JW, Ryu CM and Zhang S (2004). Induced systemic resistance and promotion of plant growth by Bacillus spp. Phytopathology. 94: 1259-1266.

23. Leoni L, Ambrosi C, Petrucca A and Visca P (2002) Transcriptional regulation of pseudobactin synthesis in the plant growth-promoting Pseudomonas B10. FEMS Microbiology Letters. 208(2): 219-25.

24. Lim JH, An CH, Kim YH, Jung BK and Kim S D (2012) Isolation of auxin and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase-producing bacterium and its effect on pepper growth under saline stress. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry. 55(5): 607−612.

25. Lindsay WL and Norvell WA (1978) Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal. 42: 421-428.

26. Majeed A, Abbasi MK, Hameed S, Imran A and Rahim N (2015) Isolation and characterization of plant growth promoting rhizobacteria from wheat rhizosphere and their effect on plant

growth promotion. Frontiers in Microbiology. 6(198): 1-10

27. Patten CL and Glick BR (2002) Role of pseudomonas putida indoleacetic acid in development of host plant root system. Applied and Environmental Microbiology. 68 (8): 3795-3801.

28. Rasouli Sadaghiani MH, Malakouti MJ, Kavazi K and Ghannadi Maragheh M (2008) The role of fluorescent Pseudomonads Siderophore on Zn absorption using 65Zn. Nuclear Science and Technology. 43: 20-30.

29. Sabir S, Asghar HN, Kashif SUR, Khan MY and Akhtar MJ (2013) Synergistic Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria and kinetin on maize. The Journal of Animal and Plant Sciences. 23(6): 1750-1755.

30. Sahni S, Sarma BK, Singh DP, Singh HB and Singh KP (2008) Vermicompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in Cicer arietinum rhizosphere against Sclerotium rolfsii and quality of strawberry. Crop Protection. 27(3-5): 369–376.

31. Saleem M, Arshad M, Hussain S and Bhatti AS (2007) Perspective of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) containing ACC deaminase in stress agriculture. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology. 34:635-648.

32. Samina M, Kowalik T, Reynold B and Lazarovits G (2010) Growth promoting effects of corn (Zea mays) bacterial isolates under greenhouse and field conditions. Soil Biology and Biochemistry. 42: 1848-1856.

33. Shaharroona B, Arshad M, Zahir Z A and Khalid A (2006) Performance of Pseudomonas spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (Zea mays L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil Biology and Biochemistry. 38: 2971-2975.

34. Sheng XF (2005) Growth promotion and increased potassium uptake of cotton and rape by a potassium releasing strain of Bacillus edaphicus. Soil Biology and Biochemistry. 37: 1918-1922.

35. Sindhu SS, Suneja S, Goel AK, Parmar NK and Dadarwal R (2002) Plant growth promoting effects of Pseudomonas sp. on coinoculation with Mesorhizobium sp.Cicer strain under sterile and wilt sick soil conditions. Applied Soil Ecology. 19: 57-64.

36. Spaen S, Vanderleyden J and Okon Y (2009) Plant growth-promoting actions of rhizobacteria. Canadian Journal of Microbiology. 51: 283-320.

37. Sundra B, Natarajam V and Hari K (2002) Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yields. Field Crops Research. 77: 43–49.

38. Tarig M, Hameed S, Malik KA and Hafeez FY (2007) Plant root associated bacteria for zinc mobilization in rice. Pakistan Journal of Botany. 39 (1): 245-253.

39. Turan M, Gulluce M, Cakmakci R, Oztas T and Sahin F (2010) The effect of PGPR strain on wheat yield and quality parameters. World congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 140-143.

40. Ullah S, Mumtaz A and Bano A (2013) Effect of PGPR on growth and performance of Zea mays. Research Journal of Agriculture and Environmental Management. 2(12): 434-447.

41. Vessey JK (2003) Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil. 255: 571–586.

42. Zafar M, Rahim N, Shaheen A, Khaliq A, Arjamand T, Jamil M, Rehman ZU and Sultan T (2011) Effect of combining poultry manure, inorganic phosphorus fertilizers and phosphate solublizing bacteria on growth, yield, protein content and P uptake in maize. Advances in Agriculture and Botanics. International Journal of the Bioflux Society. 3(1): 46-58.

43. Zaki MF, Fawzy ZF, Ahmad AA and Tantawy AS (2012) Application of phosphate dissolving bacteria for improving growth and productivity of two sweet pepper (Capsicum annuum L.) Cultivars under newly reclaimed soil. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 6(3): 826-839.