جذب عناصر غذایی و عملکرد کلزا در شرایط شور زیر تأثیر سودوموناس‌های فلورسنت تولید کننده آنزیم ACC- دآمیناز

فرزاد جلیلی[۱*] ، کاظم خاوازی و ابراهیم پذیرا

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلای واحد خوی؛ farjalili@yahoo.com

عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب؛ kkavazi@yahoo.com

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلای واحد علوم و تحقیقات تهران؛ epazira@yahoo.com

چکیده

تجمع نمک در خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک یکی از مهمترین تنش های غیر زنده‌ای است که به طور گسترده‌ای بر تولید گیاهان زراعی تأثیر می‌گذارد. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر سودوموناس‌های فلورسنت تولید کننده آنزیم ACC- دآمیناز بر رشد و میزان جذب عناصر غذایی کلزا در سطوح مختلف شوری اجرا شد. آزمایش بصورت فاکتوریل در پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شرایط کنترل شده و در گلخانه صورت گرفت. فاکتور باکتری شامل سودوموناس فلورسنس، سویه های۱۱ و ۱۰۸ و سودوموماس پوتیدا سویه‌های ۱۶۹ و ۱۹۶ و یک تیمار بدون باکتری به عنوان شاهد، فاکتور شوری شامل شوری‌های ۰/۳۳۵ (به عنوان شاهد)، ۵، ۱۰و۱۵ دسی‌زیمنس بر متر از منبع آب شور طبیعی بود. نتایج نشان داد که تلقیح با باکتری‌های منتخب در تعدیل اثرات مضر شوری در دوره رشد رویشی و زایشی کلزا مؤثر بوده است. با افزایش در شوری جذب پتاسیم و کلسیم کاهش ولی، غلظت سدیم و کلر افزایش یافت. مقایسه میانگین نتایج نشان داد که در هر سطح شوری مورد مطالعه، تلقیح با سویه‌های منتخب باکتری باعث کند شدن روند کاهش در میزان عناصر غذایی ضروری، زیست توده و عملکرد دانه در اثر شوری بوده است. به طوری که تلقیح باکتری‌های با توان تولیدACC دآمیناز، توانست مقدار جذب عناصر غذایی و عملکرد کلزا را در شرایط شور بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، رشد کلزا، تلقیح بذر کلزا

مقدمه

تجمع نمک در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک دنیا یکی از مسائل مهم کشاورزی است که به طور گسترده‌ای بر تولید گیاهان زراعی تأثیر می‌گذارد. از مهمترین عوارض شوری می‌توان به کاهش آب قابل استفاده گیاه، ایجاد مسمومیت توسط برخی یونهای سمی، تنش‌های اسمزی، کمبود عناصر غذایی ضروری، نسبت‌های بالای Na/Ca، Na/K ، Mg/Ca و Cl/NO_3 در گیاه، ناهنجاری‌هایی تغذیه‌ای، کاهش رشد و کیفیت محصول اشاره نمود (مانس،۲۰۰۲).

نتایج پژوهش‌های انجام شده در خصوص اثرات متقابل شوری و جذب عناصر غذایی در کلزا مبین این نکته بوده است که در شورهای اندک، که پتانسیل اسمزی حاصل از آن کمتر از ۰/۱ مگاپاسکال است، کمبود عناصر غذایی می‌تواند عامل محدود کننده رشد باشد. حال آنکه در شوری‌های بسیار زیاد عملکرد گیاه توسط خود شوری تحت تأثیر قرار

[۱] نویسنده مسئول، آدرس: خوی، کیلومتر ۵ جاده ترانزیت خوی سلماس، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی، کد پستی ۱۷۵ - ۵۸۱۳۵

* دریافت: مهر ۱۳۹۰ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۱

می‌گیرد (پوستینی و سی و سه مرده، ۲۰۰۴).

شوری خاک مشکلات بی‌شماری را برای کشاورزی فاریاب بوجود آورده است استفاده از مهندسی ژنتیک در تولید گیاهان تراریخته مقاوم به شوری و همچنین استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه جهت تلقیح بذر یا گیاهچه از راهکارهای مفید و سودمند برای تسهیل رشد گیاهان در خاک‌های شور می‌باشد (باسیلیو و همکاران۲۰۰۴؛ مایاک و همکاران،۲۰۰۴ الف و ب). به باکتری‌های ریزوسفری غیر همزیست تقویت کننده رشد گیاه، باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه یا PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) گفته می‌شود که موجب افزایش رشد و عملکرد محصولات مهم زراعی می‌شوند (کلوپر،۲۰۰۳). مطالعات زیادی در مورد تأثیر باکتری‌هایPGPR بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی انجام شده است. PGPR ها در محصولات مختلف به منظور افزایش رشد، جوانه زنی بذور و عملکرد مجصول بکار رفته‌اند و برخی نیز تجاری شده اند (کلوپر،۲۰۰۳). همچنین این میکروارگانیسم‌ها برای تسهیل فرایند پالایش سبز و رشد گیاهان در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین مورد استفاده قرار گرفته‌اند (گامالرو و همکاران، ۲۰۰۹). یکی از اثرات مهم باکتری‌های محرک رشد روی گیاهان، افزایش رشد ریشه آنها می‌باشد که مورد توجه بسیاری از محققان بوده است (گلیک و همکاران، ۱۹۹۵، ۱۹۹۸؛ گریکو و همکاران، ۲۰۰۰؛ گریکو و گلیک، ۲۰۰۱). در شریط تنش‌زا مقدار اتیلن، در پاسخ به عامل تنش‌زا، در گیاه افزایش می‌یابد که یک هورمون بازدارنده رشد محسوب می‌شود. برخی از باکتری‌های محرک رشد با ترشح آنزیم ACC دآمیناز اثرات منفی تنش اتیلن را می‌توانند کاهش دهند، علاوه بر آن قادر به استفاده و جذب ترکیبات سیدروفور–آهن هستند (کافنر و همکاران، ۲۰۰۸). در خصوص تأثیر تلقیح باکتری بر افزایش تحمل به شوری گیاهان و دیگر شرایط تنش زا، تحقیقات زیادی صورت گرفته است که اکثرا مربوط به سال های اخیر می‌باشد (حمدی و همکاران، ۲۰۰۴؛ گریکو و گلیک،۲۰۰۱؛ مایاک و همکاران،۲۰۰۴ الف، ب). هال و همکاران (۱۹۹۶) نشان دادند *Pseudomonas putida* GR12-2 که یک باکتری ریزوسفری مفید با توان تولیدACC دآمیناز است موجب افزایش رشد گیاهچه‌های کلزا، کاهو و گوجه فرنگی شد. مایاک و همکاران (الف ۲۰۰۴) از ARV8 Achromobacter piechautii تولید کننده آنزیمACC دآمیناز جهت بررسی تأثیر آن بر ایجاد مقاومت به شوری در گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی استفاده کردند و نتایج نشان داد که تیمار با باکتری مذکور در دو شرایط تیمار با آب نمک و بدون نمک باعث افزایش وزن‌تر و خشک گیاه گردید.

فارول و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقات خود نشان دادند که استفاده از *P .putida* UW4 رشد کلزای تراریخته و کلزای معمولی را در یک خاک آلوده به نیکل و در شرایط غرقابی موقت، افزایش داد، با این حال تلقیح باکتری مذکور هیچ تأثیری بر غلظت نیکل در اندام هوایی گیاه در شرایط غرقاب شدید نداشت. بر اساس تحقیقات حوسناین و صبری (۱۹۹۶) تلقیح با *Pseudomonas* sp. رشد گندم را از طریق کاهش در جذب یون‌های سمی افزایش داد، این کار با افزایش مقدار اکسین و تشکیل پروتئین‌های ویژه تنش گیاه تحت تنش سمیت یون انجام گرفت. ذبیحی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی اثر سودوموناس های فلورسنت بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نشان دادند که در بین سویه‌های مورد مطالعه، بیشترین تأثیر در افزایش عملکرد مربوط به سویه سودوموناس پوتیدا ۱۰۸(*P.putida* 108) در شرایط شور بود.

نادیم و همکاران (۲۰۰۷) در آزمایش گلدانی اثر باکتری های حاوی آنزیم ACC– دآمیناز در شوری‌های ۴، ۸، ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بر عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا نشان دادند که با تلقیح سویه‌های منتخب رشد و عملکرد کلزا افزاش یافت به طوری که بیشترین تأثیر در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر اتفاق افتاد. همچنین سویه‌های منخب باعث افزایش نسبت پتاسیم به سدیم و کلروفیل در ماده خشک و برگ کلزا شد. جلیلی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی تأثیر سودوموناس‌های فلورسنت تولید کننده آنزیم ACC– دآمیناز بر شاخص‌های رشد کلزا در شرایط شور نشان دادند که با تلقیح سویه‌های دارای فعالیت آنزیم ACC– دآمیناز شاخص‌های رشد کلزا و نیز برخی صفات فیزیولوژیکی از قبیل پتانسیل آب بافت، مقدار آب نسبی، سطح برگ و مقاومت روزنه‌ای بهبود پیدا کرد.

در پژوهشی سه گونه باسیلوس دارای توان تولید آنزیم ACC– دآمیناز در شرایط استریل به کلزا تلقیح و در نتیجه محور رشد طولی ریشه، ارتفاع اندام هوایی و وزن خشک و تر گیاه افزایش یافت (گوش و همکاران، ۲۰۰۳). تحقیقات نشان داده که تلقیح *Pseudomonas putida* UW4 دارای آنزیم ACC– دآمیناز در حضور نمک به میزان ۱۵۰ میلی مول بر لیتر به طور معنی‌داری رشد کلزا را بهبود بخشیده است (چنگ و همکاران، ۲۰۰۷). به منظور بررسی تأثیر تلقیح باکتری *Azospirillum lipoferum* بر کاهش اثرات منفی تنش شوری بر گیاهچه‌های گندم، باسیلی یو و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که کلونیزاسیون ریشه‌های

گندم تحت شوری‌های ۸۰ و۱۶۰ میلی مولار NaCl مشابه کلونیزاسیون این گونه باکتری تحت شرایط غیر شور بود، این میزان شوری تأثیر بازدارندگی معنی‌داری بر توسعه گیاهچه‌ها داشت، اما رشد باکتری‌های مذکور را تحت تأثیر قرار نداد. همچنین تلقیح باکتری مذکور کاهش رشد گیاه را در شوری ۱۶۰ میلی مولار NaCl تعدیل کرد. این محققان در توضیح پدیده تعدیل تنش شوری کلرید سدیم توسط باکتری‌های *Azospirillum* spp. در گندم چنین اظهار داشته‌اند که این باکتری ممکن است به دلیل بهبود جذب آب و در نتیجه افزایش فشار تورمی بذرهای تلقیح شده منجربه بروز چنین عکس‌العملی شده باشد. در بررسی مکانیسم‌های تحمل به نمک و اثرات متقابل تلقیح با *Azospirillum brasilense* در ارقام ذرت در شرایط تنش شوری، حمدی و همکاران (۲۰۰۴) نشان داده‌اند که تحمل به نمک در ارقام تلقیح شده افزایش یافته است و لذا باعث افزایش عملکرد ماده خشک، سطح برگ، میزان قندهای کل و محلول، پروتئین محلول در بخش هوایی و پروتئین کل ریشه در تیمارهای تحت تنش شوری شده است. ایشان همچنین نتیجه‌گیری کرده‌اند که تجمع پرولین در گیاهان تلقیح شده به طور معنی‌داری کاهش یافته است. با این حال جذب سدیم کاهش، اما جذب پتاسیم و کلسیم افزایش یافته است. باکتری‌ها همچنین راهکارهای گوناگونی جهت مقابله با سمیت یونهای معدنی دارند. ریحانی تبار و همکاران (۱۳۸۱) در بررسی گلخانه‌ای نشان داد که پاسخ گندم به تلقیح با سودوموناس‌های فلورسنت بر اکثر شاخص‌های رشد گندم مثبت بود و تلقیح باعث افزایش در جذب عناصر غذایی توسط گندم شد.

محققان زیادی اثرات مثبت باکتری‌های محرک رشد گیاه تولید کننده آنزیم ACC دآمیناز در کاهش تنش و در نتیجه افزایش رشد در شرایط تنش‌زا مثل شرایط غرقاب (گریکو و گلیک، ۲۰۰۱)، آلودگی به فلزات سنگین (گریکو و همکاران، ۲۰۰۰)، حضور بیمارگرهای گیاهی (وقار و همکاران، ۲۰۰۴)، شوری و خشکی بالا (مایاک و همکاران، ۲۰۰۴ الف و ب) را گزارش نموده‌اند.

سودوموناس‌های فلورسنت دارای اثرات مثبت در افزایش رشد گیاه بوده و سبب افزایش توانایی گیاه در تحمل بیمارگرهای گیاهی شده و در نتیجه باعث افزایش عملکرد محصول می‌گردد (نادانکومار و همکاران، ۲۰۰۱). با این حال دانش در مورد مکانیسم عمل سودوموناس‌های فلورسنت (*Fluorescent pseudomonads*) در گیاه در مقابله با تنش نمک ناچیز می‌باشد. از سوی دیگر سودوموناس‌های فلورسنت و بالاخص گونه‌های *putida* و *fluorescens* از مهمترین انواع باکتری‌های محرک رشد گیاه به حساب می‌آیند (گلیک،۱۹۹۵؛ گلیک و همکاران، ۱۹۹۵؛ ۱۹۹۸؛ رسولی صدقیانی و همکاران، ۲۰۰۵؛ ریحانی تبار و همکاران، ۲۰۰۲)، با این حال تحقیقات اندکی در خصوص اثرات محرک رشدی آنها در شرایط تنش‌زا به خصوص شوری صورت گرفته است. نکته دیگر اینکه اکثر مطالعات در ارتباط با باکتری‌های محرک رشد در بهبود رشد گیاه در شرایط تنش‌زای غرقاب، خشکی، بیمارگرهای گیاهی و تنش فلزات سنگین بوه و کمتر به تأثیر این باکتری‌ها بخصوص انواعی که دارای آنزیم ACC دآمیناز هستند در کاهش تنش شوری گیاهان پرداخته است. بنابراین باتوجه به اینکه سویه‌های بومی سودوموناس‌های فلورسنت از نظر نقش مفیدی که احتمالاً به طور مستقیم در تحریک رشد و نمو گیاه در شرایط تنش شوری داشته باشند مورد بررسی قرار نگرفته است. از طرفی نظر به اهمیت کلزا به عنوان یک دانه روغنی مهم، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر گونه‌های مختلف سودوموناس‌های گروه فلورسنت بر روند جذب عناصر غذایی و عملکرد کلزا در سطوح مختلف شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر سودوموناس‌های فلورسنت دارای فعالیت آنزیم ACC دآمیناز بر میزان جذب عناصر غذایی و عملکرد کلزا در سطوح مختلف شوری آزمایش گلدانی بصورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار در گلخانه اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل فاکتور شوری با ۴ سطح ۰/۳۳۵ (شوری آب آبیاری به عنوان شاهد)، ۵،۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر، باکتری با ۴ سویه شامل سویه‌های Pp.108 ,Pp.11, Pf.169 و Pf.196 و یک تیمار بدون تلقیح باکتری بود. در این تحقیق Pp. بیانگر *Pseudomonas putida* و Pf. بیانگر *Pseudomonas flurescence* می‌باشد. سطوح شوری طوری انتخاب گردید که بالاتر و پائین‌تر از آستانه تحمل به شوری کلزا باشد تا مطالعه اثر باکتری‌های منتخب بر آستانه تحمل به شوری کلزا امکان‌پذیر باشد (ماس و هافمن حداکثر آستانه تحمل به شوری کلزا را ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر گزارش کرده‌اند). خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمون گلخانه‌ای در جدول۱ آمده است. فسفر خاک به روش اولسن، پتاسیم خاک با استفاده از استات آمونیوم، pH و EC در عصاره گل اشباع و عناصر کم مصرف با استفاده از عصاره‌گیر DTPA استخراج شد (علی احیائی، ۱۳۷۸).

برای تهیه محلول‌های شور مورد استفاده از آب شور طبیعی دریاچه نمک واقع در قم استفاده شد. مشخصات آن در جدول۲، ارائه شده است.

از طریق اضافه نمودن آب آبیاری با EC ۳۳۵ میکروزیمنس بر متر به نمونه آب شور دریاچه نمک، شوری‌های ۵،۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر تهیه گردید.

به منظور خارج نمودن نمک اضافی در گلدان از نسبت آبشویی حدود ۰/۵ بهره گرفته شد (بی نام، ۱۳۸۱). برای ایجاد شرایط یکسان در گلدان‌ها، در تیمار شاهد بدون شوری نیز از همان نسبت آبشویی استفاده شد. سویه‌های مورد استفاده در این تحقیق توسط رسولی صدقیانی و همکاران (۲۰۰۵) جداسازی و شناسایی شده بودند، برخی از این باکتری‌ها شامل Pp.11, Pp.108, Pf.169 و Pf.196 دارای فعالیت آنزیم ACC دآمیناز بوده و نشان داده شده بود که توانایی افزایش شاخص های رشد کلزا را در شرایط شور دارا هستند میزان فعالیت آنزیمی این سویه‌ها بر حسب میکرومول آلفاکتوبوتیرات در میلی-گرم پروتئین در ساعت به ترتیب۵/۰۳، ۳/۲،۵۱/۴۱ و ۲/۰۹ بود و مطالعه قدرت ماندگاری باکتری‌های منتخب از طریق اندازه‌گیری میزان رشد و فعالیت نوری آنها در محیط شور ارزیابی شده است که نتایج در جدول۳ نشان داده شده است (جلیلی و همکاران، ۲۰۰۸).

بذور کلزا رقم Hayola 308 تهیه شده از بانک ژن موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر با استفاده از الکل ۷۰ درصد به مدت یک دقیقه و هیپوکلریت سدیم ۱/۵ درصد به مدت ۱۰ دقیقه استریل سطحی شدند. سپس به منظور حذف هیپوکلریت سدیم، بذرها با استفاده از آب مقطر استریل ۱۰ بار شستشو شده و به مدت ۲۴ ساعت در زیر هود بیولوژیک و در پتری دیش‌های حاوی کاغذ صافی قرار داده شدند.

برای تهیه مایه تلقیح جدایه‌ها، یک لوپ از هر سویه باکتری با رعایت کامل شرایط استریل به ارلن‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری حاوی ۵۰ میلی‌لیتر محیط مایع TSB انتقال داده شد. سپس ارلن‌ها روی شیکر با دور ۱۲۰ و دمای ۲۸ درجه قرار داده شدند. پس از ۳۶ ساعت رشد باکتری‌ها در این محیط، مایه تلقیح سویه‌ها آماده شد. جهت تلقیح، بذرهای استریل سطحی شده به ارلن‌های حاوی مایه تلقیح باکتری اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه بر روی شیکر با دور ۱۲۰ و دمای ۲۸ درجه سلسیوس قرار داده شدند. قبل از تلقیح، تراکم جمعیت باکتری‌ها به روش شمارش کلونی تعیین گردید به طوری که در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح 10^7 سلول باکتری وجود داشت. پس از کاشت، گلدان‌ها درون اتاق رشد قرار داده شدند. بعد از سبز شدن کامل، بوته‌ها تنک شده و تا مرحله گلدهی در هر گلدان ۳ بوته و نهایتاً یک بوته نگه داشته شد. طول مدت روشنایی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت بوده و گلدان‌ها در دمای۲±۲۶ درجه سلسیوس و رطوبت در محدوده ظرفیت مزرعه‌ای به مدت ۱۵۰ روز نگهداری شدند.

پس از رسیدن گیاه به مرحله گلدهی از ۳ بوته موجود در گلدان، ۲ بوته را از طوقه بریده بعد در انکوباتور با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۹۶ ساعت خشک و سپس توزین شد. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی در نمونه‌های خشک شده، برای اندازه‌گیری نیتروژن از روش هضم‌تر و برای اندازه‌گیری عناصر B، Cu، Zn، Mn ، Fe، Mg، Ca، Na، K، P از روش هضم خشک به طریق سوزاندن و برای اندازه‌گیریCl، از عصاره‌گیری با استفاده از آب مقطر استفاده شد (امامی، ۱۳۷۵).

در پایان دوره رشد و رسیدگی کامل گیاه طوقه بر شد، کل اندام هوایی به مدت ۹۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سلسیوس در انکوباتور خشک گردید و به عنوان وزن کل زیست توده در نظر گرفته شد و با تعیین میزان دانه هر گلدان عملکرد دانه محاسبه شد.

تجزیه واریانس کلیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان می‌دهد که اثر شوری بر کلیه صفات مورد مطالعه به جز مس معنی‌دار بود در حالی که اثر باکتری بر صفات نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم، منگنز، بر و زیست توده معنی‌دار بود. اثر متقابل شوری و باکتری بر صفات نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم، آهن و منگنز معنی‌دار بوده است (جدول۴).

اثر تیمارها بر میزان عناصر غذایی پر مصرف، سدیم و کلر

بررسی اثر شوری نشان می‌دهد که با افزایش در میزان شوری از غلظت پتاسیم در اندام هوایی کاسته می‌شود که چنین روندی در مورد کلر برعکس می‌باشد (جدول۵).

بررسی اثر متقابل شوری و باکتری نیز نشان می‌دهد که در شرایط غیر شور، سویه‌های Pf.196 ، Pp11 و Pp.108 غلظت فسفر، سویه‌های Pf.196، Pp108 و Pf169 غلظت کلسیم و سویه Pf.196 غلظت نیتروژن، فسفر و منیزیم را به طور معنی‌داری افزایش دادند (جدول۶).

همه سویه‌های سودوموناس باعث افزایش میزان فسفر در بخش‌های رویشی کلزا، در شوری ۵ دسی زیمنس بر متر شدند، در چنین شرایطی مقدار کلسیم را سویه Pp.108 و سویه P.f.196 مقدار نیتروژن را افزایش

داد، در حالی‌که سویه‌های Pp.108 ، Pp.11 و Pf.169 مقدار منیزیم را به طور معنی‌داری کاهش دادند.

در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر گیاهان تلقیح شده با سویه‌های Pf.196، Pp.11 و Pf.169 مقدار نیتروژن و در تیمارهای تلقیح شده با سویه‌های Pp.108 و Pf.196 مقدار منیزیم به طور معنی‌داری افزایش یافت. تلقیح با هر چهار سویه، مقدار کلسیم گیاه را به طور معنی‌داری افزایش داد، در حالی‌که تلقیح با سویه‌های Pp.11، Pf.169 و Pf.196 باعث کاهش مقدار سدیم و کلر گیاه شدند.

در شوری ۱۵دسی‌زیمنس بر متر در اثر تلقیح با سویه Pf.196 مقدار نیتروژن نیز به طور معنی‌داری افزایش یافت. تلقیح با سویه Pf.169 نیز در چنین شرایطی باعث افزایش غلظت کلسیم و منیزیم گیاه شد. در اثر تلقیح با سویه‌های Pp.108 و Pf.169 مقدار فسفر، تلقیح با سویه Pf.196 مقدار سدیم را به طور معنی‌داری کاهش دادند.

اثر تیمارها بر غلظت عناصر غذایی کم مصرف

نتایج مقایسه میانگین صفات نشان می‌دهد که شوری تأثیر معنی‌داری بر غلضت روی در ماده خشک گیاهی داشت (جدول۵). همچنین شوری باعث تغییراتی در میزان مس در ماده خشک گردید لیکن تغییرات معنی‌دار نبود.

بررسی اثر متقابل شوری و باکتری نیز نشان می‌دهد که در شرایط غیر شور، در گیاهان تلقیح شده با سویه‌های Pp.11 و Pf.169 مقدار منگنز یافت، در چنین شراطی تلقیح با سویه‌های Pp.11 و P.108 مقدر روی و تلقیح با سویه‌های P.p.11، Pp.108 و P.f.196 مقدار بر در ماده خشک گیاهی را به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول۶).

تلقیح کلزا با سویه‌های سودوموناس در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر، بر روند جذب عناصر غذایی کم مصرف اثرات معنی‌دار نداشت. اما در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر تلقیح با سویه‌های Pp.11 و Pf.196 جذب آهن را افزایش داد. در حالی که در شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر تلقیح با سویه‌های Pp.108 و Pf.169 مقدار آهن و تلقیح با سویه‌های Pf.169 و Pf.196 مقدار منگنز را در گیاه افزایش داد.

اثر تیمارها بر وزن کل زیست توده و عملکرد دانه

شوری اثر معنی‌داری بر زیست توده و عملکرد دانه داشت (جدول۴). با افزایش در میزان شوری صر دو صفت روند کاهشی نشان داد به طوری که بیشترین مقدار مقدار در هر دو صفت مربوط به شرایط بدون شوری بود (جدول۵). تیمار با باتری‌های منتخب بر زیست توده هم اثر معنی‌داری داشت (جدول۴) و همان طور که مقایسه میانگین این صفت نشان می‌دهد (شکل۱) بیشترین مقدار زیست توده به میزان ۱۱/۱۳ گرم در گلدان مربوط به سویه Pp.108 می‌باشد که در تیمار تلقیح با سویه‌های Pp.11 و Pf.169 در یک گروه آماری قرار دارد. تلقیح با سویه‌های متخب باعث تغییراتی در عملکرد دانه شده بود لیکن این تغیرات از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول۴).

بحث

مواد معدنی و آلی گوناگونی از قبیل یون‌های سدیم، پتاسیم و کلر، پرولین و گلایسین بتائین وجود دارند که براساس گزارش‌ها در تنظیم اسمزی شرکت می‌کنند (نتندو همکاران، ۲۰۰۴). در این آزمایش مشاهده شده است که یون سدیم و تا حدودی پتاسیم چنین اثری را داشته است (جدول ۵) به طوری که در شرایط شور غلظت آنها در ماده خشک گیاهی افزایش یافته است. در گیاهان تحت تنش نمک، با افزایش در میزان سدیم، غلظت پتاسیم کاهش یافته و چنین وضعیتی منجر می‌شود برخی از جنبه های متابولیسمی گیاه تغییر کند (نتندو و همکاران، ۲۰۰۴).

در این تحقیق شور شدن محیط ریشه غلظت سدیم را به طور قابل ملاحظه‌ای در کلزا افزایش داد، لیکن تلقیح سویه‌های منتخب باعث کاهش در جذب سدیم شد. در گیاهان تحت تنش نمک، غلظت پتاسیم و کلسیم، با افزایش شوری کاهش یافت همچنین تجمع کلر در اندام هوایی با افزایش میزان شوری در محیط ریشه افزایش یافت. کلر و پتاسیم، به برگ‌های (یا اندام‌های هوایی) گیاه در معرض تنش منتقل شده در حالی که سدیم به طور یکنواخت در کلیه قسمت‌های گیاه توزیع شده است. تحقیقات نشان داده است که در شرایط شور جذب سدیم افزایش اما کلسیم و پتاسیم کاهش می‌یابد (نیل و همکاران، ۲۰۰۲). بر اساس تحقیقات هان و لی (۲۰۰۵ الف و ب) تلقیح دو گونه از PGPR، شامل *Serratia proteamaculans* و *R.leguminosarum* bv.vicia به کاهو در یک خاک شور با میزان شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر، جذب کلسیم و فسفر بطور معنی‌داری افزایش یافت اما اثر معنی‌داری بر روند جذب پتاسیم و سدیم نداشت. تلقیح باکتری‌های مذکور در شرایط غیر شور، باعث افزایش معنی‌دار در جذب سدیم، پتاسیم و فسفر شد، اما بر جذب کلسیم مؤثر نبوده است. ایشان در تحقیق دیگری نشان دادند که با تلقیح دو سویه از PGPR شامل *Bacillus subtilis* SU-12 و *B.megaterium* SU-13 به سویا در شوری ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر میزان جذب نیتروژن، پتاسیم، کلسیم افزایش یافت اما بر میزان جذب سدیم تأثیری نداشت. در تحقیق ایشان، در شوری ۵ دسی‌زیمنس

بر متر هم، تلقیح باعث افزایش در جذب پتاسیم و کاهش معنی‌دار در جذب سدیم شد که علت کاهش در جذب سدیم در شوری۵ دسی‌زیمنس بر متر را به ترشح اگزوپلی ساکاریدها توسط باکتری‌ها نسبت دادند که پیوند سدیم با این مواد از جذب بیشتر آن توسط گیاه ممانعت شده است. حمدی و همکاران (۱۹۹۷) نیز نشان دادند که تلقیح ذرت با *Azospirillum* جذب سدیم، پتاسیم و کلسیم را بهبود بخشید، به طوری که افزایش در جذب پتاسیم و کلسیم بیشتر از سدیم بوده است. علت آن شاید به خاطر افزایش رشد گیاه در اثر تلقیح و در نتیجه نیاز بیشتر به عناصر غذایی باشد. همانطوری که جداول ۶ و ۷ نشان می‌دهد تلقیح با برخی سویه‌های منتخب در سطوح مختلف شوری باعث افزایش در جذب کلسیم، فسفر، نیتروژن، آهن و منگنز شده است که با یافته‌های محققان مذکور مطابقت دارد. در تحقیقات هامااوئی و همکاران (۲۰۰۱) نیز نشان داده شده است که تلقیح نخود و باقلا با *Azosprillum* در شرایط آبیاری با آب شور، افزایش رشد و جذب بهتر عناصر غذایی، نسبت به گیاهان تلقیح نشده مشاهده است. وقار و همکاران (۲۰۰۴) نیز نشان داده بودند که تلقیح بذر گندم با سویه‌های مختلف باکتری‌های دارای فعالیت آنزیم ACC دآمیناز در یک آزمایش گلدانی، باعث افزایش عملکرد دانه و کلش، طول ریشه، تعداد خوشه و مقدار برداشت عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و فسفر توسط دانه و کلش گندم شد.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که شرایط غیر شور در تیمارهای تلقیح شده با سویه‌های Pp.11, Pf.169 و Pf.196 جذب کلسیم افزایش یافت. این نتایج با یافته‌های هان و لی (۲۰۰۵ الف) مطابقت نداشت. تلقیح ذرت با *Azospirillum* sp. در شرایط شوری حاصل از NaCl، باعث افزایش معنی‌دار در میزان کلروفیل، پتاسیم، کلسیم، قندهای محلول و پروتئین نسبت به شاهد بدون تلقیح شد (حمدیا و الکومی،۱۹۹۷). مایاک و همکاران (۲۰۰۴ الف) نیز نشان دادند با تلقیح سویه *A. piechaudii* مقدار جذب سدیم کاهش نیافت. اما جذب فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آهن اندکی افزایش یافت. تلقیح همچنین کارایی مصرف آب را افزایش داد، در نتیجه باعث افزایش تعدیل اثرات سوء شوری در گوجه‌فرنگی شد. تحقیقات نادیم و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که تلقیح ذرت با گونه S20 دارای فعالیت آنزیم ACC دآمیناز باعث افزایش در وزن خشک اندام هوایی و ریشه، میزان کلروفیل a و b، پتاسیم و فسفر و کاهش در میزان جذب کلر و سدیم در شوری‌های ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر حاصل از نمک NaCl شد. نتایج مشابهی نیز در تحقیقات شاهارونا و همکاران (۲۰۰۶) بدست آمده است. ویواس و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش کرده‌اند که غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در کاهوی تلقیح شده با *Bacillus* sp. تحت شرایط شور به ترتیب ۵، ۷۰ و ۵۰ درصد نسبت به شاهد تلقیح نشده افزایش یافت. نتایج مشابهی نیز در تحقیقات ایگامبردییوا (۲۰۰۷) در دو نوع خاک آهکی ازبکستان بر روی ذرت بدست آمده است. دو مکانیسم برای تحمل به نمک در گیاهان عالی شناخته شده است (مانس، ۲۰۰۲). در مکانیسم اول، محیط شور باعث اثرات ویژه یونی بر روی گیاه می‌گردد، در نتیجه گیاه با خروج یون‌های سمی از قبیل Na وCl از برگ‌ها با شوری مقابله می‌کند. در مکانیسم دوم یون‌های جذب شده توسط گیاه در واکوئل انباشته می‌شود در نتیجه از اثرات مضر آن کاسته شده و به عنوان تنظیم کننده اسمزی عمل می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که ممکن است مکانیسم دوم در رقم مورد مطالعه در این تحقیق مؤثر بوده باشد و تلقیح باکتری‌های منتخب به این امر نیز کمک کرده است.

سطوح بالای یون سدیم در محیط رشد، فعالیت کلسیم محلول را کاهش داده و ممکن است جایگزین یون کلسیم موجود در غشاء پلاسمایی سلول‌ها گردد، در نتیجه نسبت Na/K به نفع سدیم تغییر می‌کند. این غلظت پایین یون کلسیم در شرایط شور، ممکن است به شدت عمل غشاء را متأثر کند که به عنوان مانعی برای ورود یون‌ها به داخل سلول عمل می‌کند (نتندو همکاران،۲۰۰۴). در تحقیق حاضر تلقیح Pp.11 در شرایط غیر شور باعث افزایش معنی‌دار نسبت Na/K در اندام هوائی کلزا شد. در شرایط شور نیز تلقیح با سویه‌های منتخب باعث افزایش نسبت مذکور شد، لیکن این افزایش معنی‌دار نشد.

به‌طورکلی، بر اساس نتایج این تحقیق، سویه‌های با فعالیت آنزیمی ACC دآمیناز می‌توانند با بهبود جذب عناصر غذایی، اثرات حاصل از تنش شوری را کاهش دهند و به تبع آن موجب افزایش در عملکرد گیاه شوند، با این حال تحقیقات زیادی جهت بررسی تأثیر آنها در شرایط مزرعه لازم است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد مطالعه

Cu	Zn	Mn	Fe	K	P	OC (%)	N (%)	کلاس بافت	SP (%)	EC (dS/m)	pH گل اشباع
mg.kg $^{-1}$											
۱/۳۲	۰/۸	۱۴/۴	۵/۴	۲۶۹	۸/۱	۰/۴۷	۰/۰۵	Loam	۳۰	۲/۱۹	۷/۵۷

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب شور مورد استفاده در زمان نمونه‌برداری

B	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{-2}	Na	K	Ca	Mg	EC (dS/m)	pH
me.l $^{-1}$									
۵۴	۳۶۸۷/۱	۱۴۴/۶	۱۴۱/۵	۳۴۸۵/۳	۷/۷	۳۴۱/۲	۳۷۶	۵۲۱	۸/۵

جدول ۳- بررسی تأثیر شوری بر رشد و توانایی سویه های منتخب در استفاده از ACC به عنوان منبع نیتروژن در محیط شور

نام سویه	DF	DF+ACC	$DF+(NH_4)_2SO_4$	DF+ACC / DF+(NH4)2SO4	DF+ACC+S1	LB+S1	LB+S2
P.p.11	۰/۱۶۶	۱/۶۶۶	۲/۷۷۹	۰/۶۰۰	۱/۶۸۷	۲/۷۷۳	۲/۸۵
P.p.108	۰/۲۰۲	۱/۷۷۷	۲/۷۴۳	۰/۶۴۸	۱/۵۱۷	۲/۵۹۳	۲/۶۰
P.f.169	۰/۱۹۷	۱/۹۴۷	۲/۸۰۷	۰/۶۹۳	۲/۰۷۳	۲/۸۳۷	۲/۹۷۷
P.f.196	۰/۲۰۲	۱/۷۷۳	۲/۸۲۹	۰/۶۲۹	۱/۵۵۹	۲/۲۸۰	۲/۳۷۷
LSD(0.05)	۰/۲۲۲	۰/۱۸۴	۰/۱۸۴	۰/۰۷۸	۰/۱۶۶۱	۰/۰۵۵۴	۰/۰۵۵۴

در جدول s_1 وs_2 به ترتیب بیانگر ۵ و ۱۰ گرم در لیتر NaCl ، DF و LB نام محیط کشت میکروبی می‌باشد.

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	سدیم	کلر	K/Na
شوری	۳	۰/۰۵۹**	۰/۰۱۲**	۴/۴۸۶*	۸/۴۱**	۰/۴۱۳**	۲۷/۲۲**	۵۴/۳۰**	۱۱۲/۱۶**
سویه باکتری	۴	۰/۴۳۱**	۰/۰۱۲*	۰/۰۹۷^{ns}	۰/۲۴۰**	۰/۰۰۶*	۰/۱۸۶*	۱/۰۱^{ns}	۰/۶۷۸**
شوری*سویه	۱۲	۰/۰۷۲**	۰/۰۰۵**	۰/۰۵۸^{ns}	۰/۲۳۱**	۰/۰۰۲**	۰/۰۶۱*	۰/۲۰۴^{ns}	۰/۴۶۷**
خطا	۴۰	۰/۰۱۸	۰/۰۰۱	۰/۰۸۳	۰/۰۵۷	۰/۰۰۱	۰/۰۳۶	۰/۲۷۱	۰/۱۲۵
ضریب تغییرات		۳/۰۴	۵/۸۷	۶/۴۸	۶/۰۱	۴/۱۴	۷/۹۳	۱۰/۷۶	۱۲/۱۷

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

۵ - تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

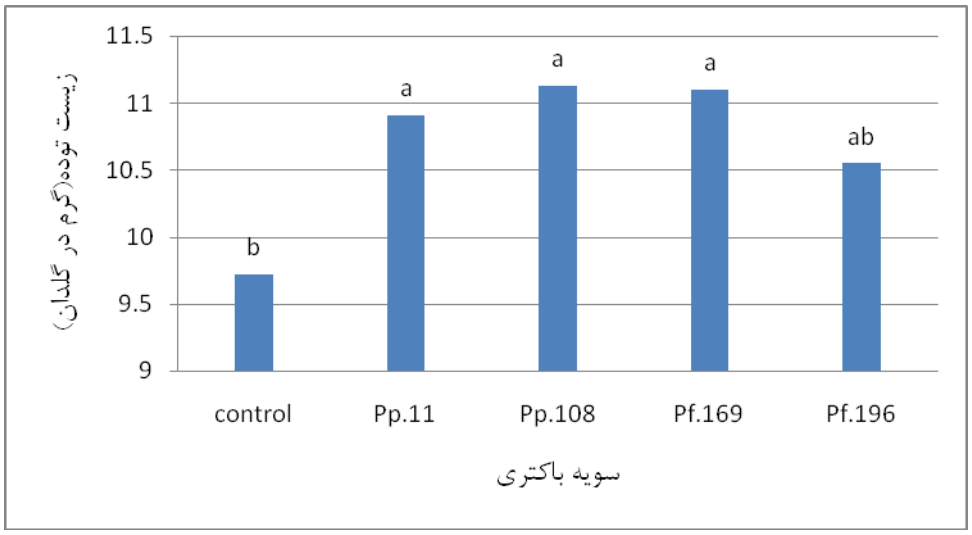
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		آهن	منگنز	روی	مس	بر	زیست توده	عملکرد دانه
شوری	۳	۶۹۰/۳۶**	۳۱۸۳/۰۸**	۴۸۴/۵۳^{ns}	۲/۹۸ ^{ns}	۷۶/۷۷*	۶۱/۴۴**	۴/۶۰**
سویه باکتری	۴	۱۳۵/۶۹^{ns}	۸۹/۷۲*	۲۸/۵۶ ^{ns}	۲/۵۹ ^{ns}	۷۷/۸۶*	۵/۴۵**	۰/۴۱ ^{ns}
شوری*سویه	۱۲	۱۴۶/۳۷*	۴۹/۹۰**	۱۳/۴۹ ^{ns}	۰/۵۲ ^{ns}	۶۵/۸۷**	۱/۴۲ ^{ns}	۰/۰۵۱ ^{ns}
خطا	۴۰	۹۰/۸۸	۲۴/۱۵	۲۰/۴۰	۰/۰۲۴	۲۷/۳۰	۱/۴۱	۰/۲۱۵
ضریب تغییرات		۸/۷۶	۵/۶۰	۱۱/۲۲	۱۱/۷۱	۷/۶۷	۱۱/۱۱	۱۳/۷۸

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

جدول۶- تأثیر سطوح مختلف شوری بر میانگین صفات مورد مطالعه

شوری (دسی‌زیمنس برمتر)	پتاسیم (٪)	کلر (٪)	روی (میلی‌گرم‌درکیلوگرم)	زیست توده (گرم در گلدان)	عملکرد دانه (گرم در گلدان)
شاهد(بدون شوری)	۵/۱۷a	۲/۳۹d	۳۵/۹۳b	۱۲/۱۱a	۳/۹۹a
۵	۴/۵۱b	۴/۵۸c	۳۵/۱۳b	۱۱/۷۱a	۳/۳۳ab
۱۰	۴/۲۳b	۵/۴۸b	۴۳/۲۳a	۱۰/۷۱a	۳/۳۲ab
۱۵	۳/۸۴c	۶/۹۳a	۴۶/۸۷a	۸/۲۱b	۲/۸۲ab

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارند



شکل ۱- تأثیر تیمار با باکتری‌های منتخب بر زیست توده کلزا

جدول ۷- تأثیر باکتری‌های منتخب بر صفات مورد مطالعه در سطوح مختلف شوری

شوری (dS/m)	سویه	درصد																	
		نیتروژن		فسفر		سدیم		کلسیم		منیزیم		K/Na		آهن		منگنز		بر	
۰/۳۳۵ (شاهد)	شاهد	۴/۳۱	fh	۰/۴۶	f	۰/۷۹	h	۴/۱۸	df	۰/۴۲	g	۶/۶۸	b	۹۸/۷	bd	۶۸/۳	e	۵۵/۳	d
	P.p.11	۴/۴۶	dg	۰/۵۵	ac	۰/۶۳	h	۴/۸۸	a	۰/۴۶	fg	۸/۳۶	a	۹۹/۳	bd	۷۸/۳	cd	۷۶/۰	a
	P.p.108	۴/۰۹	h	۰/۵۴	bd	۰/۸۰	h	۴/۳۵	bd	۰/۴۶	fg	۶/۴۷	b	۱۰۵/۷	ad	۶۸/۷	e	۶۴/۷	bc
	P.f.169	۴/۲۹	fh	۰/۴۹	df	۰/۷۷	h	۵/۰۴	a	۰/۴۵	fg	۶/۶۷	b	۹۹/۳	bd	۸۵/۳	c	۵۶/۳	cd
	P.f.196	۴/۵۸	be	۰/۵۸	ac	۰/۷۷	h	۴/۸۹	a	۰/۴۸	fg	۶/۵۴	b	۱۰۹/۷	ac	۷۳/۳	de	۷۱/۳	ab
۵	شاهد	۴/۴۳	dg	۰/۴۷	f	۲/۴۰	fg	۴/۱۸	ac	۰/۶۲	de	۲/۰۱	cd	۱۱۴/۰	ab	۷۴/۴	cd	۶۹/۰	ab
	P.p.11	۴/۲۲	gh	۰/۵۴	bd	۱/۹۳	g	۴/۲۷	ce	۰/۵۲	fg	۲/۲۹	c	۱۱۴/۷	ad	۷۷/۳	e	۷۱/۷	ab
	P.p.108	۴/۳۲	fh	۰/۵۷	ac	۲/۲۳	fg	۴/۷۲	ab	/۵۰	ef	۲/۱۴	cd	۱۱۴/۳	ac	۷۵/۳	de	۶۷/۳	ab
	P.f.169	۴/۳۳	eh	۰/۵۹	ab	۲/۱۳	fg	۴/۲۶	cf	۰/۵۵	de	۲/۱۶	cd	۱۲۱/۳	a	۷۵/۴	de	۷۱/۷	ab
	P.f.196	۴/۸۲	ab	۰/۵۳	ce	۲/۳۳	ef	۴/۲۸	ce	۰/۵۶	d	۱/۹۰	ce	۱۱۵/۱	bd	۷۷/۷	cd	۶۷/۳	ab
۱۰	شاهد	۴/۳۲	fh	۰/۵۷	ac	۳/۰	c	۳/۳۷	gh	۰/۶۴	c	۱/۳۴	eh	۱۰۵/۰	ad	۹۷/۰	b	۶۸/۶	ab
	P.p.11	۴/۷۸	ab	۰/۶۱	a	۲/۵	df	۳/۸۱	f	۰/۶۸	c	۱/۶۹	cf	۱۲۳/۳	a	۹۸/۶	b	۶۸/۰	ab
	P.p.108	۴/۱۳	h	۰/۵۹	ac	۲/۷۷	cd	۳/۸۸	ef	۰/۷۵	b	۱/۶۴	cf	۱۱۲/۳	ac	۹۷/۷	b	۷۰/۷	ab
	P.f.169	۴/۷۲	ac	۰/۵۸	ac	۲/۵	df	۳/۸۹	ef	۰/۶۸	c	۱/۷۷	ce	۱۱۰/۷	ac	۹۷/۰	b	۷۰/۰	ab
	P.f.196	۴/۶۳	ad	۰/۵۷	ac	۲/۶۳	de	۳/۹۶	df	۰/۷۵	b	۱/۵۷	dg	۱۲۳/۰	a	۹۹/۰	b	۶۷/۶	ab
۱۵	شاهد	۴/۴۴	dg	۰/۴۶	f	۴/۱۷	a	۲/۸۰	i	۰/۷۹	ab	۰/۹۰	h	۹۳/۷	cd	۹۸/۷	b	۶۷/۰	ab
	P.p.11	۴/۴۷	dg	۰/۴۸	ef	۴/۰	a	۲/۹۵	hi	۰/۸۳	a	۰/۹۲	h	۱۰۸/۰	ad	۹۷/۰	b	۷۱/۳	ab
	P.p.108	۴/۲۷	fh	۰/۴۸	df	۴/۰۳	a	۲/۸۸	i	۰/۸۳	a	۰/۹۷	gh	۱۱۰/۰	ac	۱۰۱/۶	a	۷۰/۶	ab
	P.f.169	۴/۵۰	cf	۰/۵۹	ab	۴/۲۰	a	۳/۴۰	g	۰/۸۴	a	۰/۹۱	h	۱۱۱/۳	ac	۱۰۸/۰	a	۶۸/۳	ab
	P.f.196	۴/۸۷	a	۰/۵۹	ab	۳/۶۷	b	۲/۹۷	hi	۰/۸۳	a	۱/۱۱	fh	۹۳/۷	cd	۱۰۷/۷	a	۶۹/۴	ab

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارند

فهرست منابع:

۱. بی نام.۱۳۸۱. دستورالعمل آبشویی خاک‌های شور و سدیمی ایران، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی، نشریه فنی شماره ۲۵۵.

۲. امامی،ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه، تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۷۹.

۳. جلیلی،ف.،ک.خاوازی، ه.اسدی رحمانی.۱۳۹۰. تأثیر سودوموناس‌های فلورسنت با فعالیت آنزیم ACC- دآمیناز بر شاخص‌های رشد کلزا در شرایط شور، مجله دانش خاک و آب،ج.۲۱. ش.۲. صفحات۱۸۸-۱۷۵.

۴. علی احیایی،م.۱۳۷۸. روش های تجزیه خاک،موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۲۷۳.

۵. ذبیحی،ح.، غ.ر.ثوابقی،ک. خاوازی، ع.گنجعلی.۱۳۸۸.تأثیر سودوموناس‌های فلورسنت بر عملکرد و اجزاع عملکرد گندم در سطوح مختلف شوری، مجله خاک و آب،ج.۲۳.ش.۱. صفحات ۲۰۸-۱۹۹.

6. Bacilio, M., H. Rodriguez, M. Moreno, J. P. Hernandez, and Y. Bashan. 2004. Mitigation of salt stress in wheat seedling by agfp-taged Azospirillum lipoferum. Biol. Fertil. Soils, 40:188-193.
7. Cheng, Z.,E. Park, and B.R.Glick. 2007. 1- Aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase from Pseudomonase putida UW4 faciliate the growth of canola in the precence of salt. Can. J. Microbiol., 53: 912-918.
8. Egamberdiyeva. D. 2007. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. Appl. Soil. Ecol., 36:184-189.
9. Farwell, A. J., S. Vesely, V. Nero, H. Rodriguez, K. McCormack, S. Shah, D. G. Dixon, and B. R. G. Glick. 2007. Tolerance of transgenic canola plants (Brassica napus L.) amended with plant growth-promoting bacteria to flooding stress at a metal-contaminated field site, Environ. Pollut. 147 : 540e545.
10. Gamalero, E., G. Lingua, G. Berta, and B. G. Glick. 2009. Beneficial role of plant growth promoting bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on plant responses to heavy metal stress. Can. J. Microbiol., 55: 501-514.
11. Glick, B. R. 1995. The enhancement of plant growth promotion by free living bacteria.Can. J. Micribiol., 41:109-117.
12. Glick, B. R., D. Karaturovic, and P. Newell. 1995. A novel procedure for rapid isolation of plant growth-promoting rhizobacteria. Can. J. Microbiol. 41: 533–536.
13. Glick, B. R., D. M. Penrose, and J. Li. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentration by plant growth promoting bacteria. J. Theor. Biol., 190:63-68.
14. Gosh, S., J.N. Penterman, R.D. Little, R. Chavez, and B.R.Glick. 2003. Three newly isolated plant growth-promoting bacilli facilitate the seedling growth of canola
15. (*Brassica campestris*). Plant Physiology and Biotechnology, 41: 277-281.
16. Grichko.V.P., B. Filby, and B. R. Glick. 2000. Increased of transgenic plants expressing the bacterial enzyme ACC deaminase to accumulate Cd, Co, Cu, Ni, Pb, and Zn. J. Biotech., 81:45-53.
17. Grichko, V. P., and B. R. Glick. 2001. Amelioration of flooding stress by ACC deaminase-containing plant growth promoting bacteria. Plant Physiol. Biochem., 39:11-17.
18. Hall,J.A., D.Peirson, S.Ghosh, andB.R.Glick. 1996. Root elongation in various agronomic crops by the plant growth-promoting rhizobacterium Pseudomonas putida GR12-2 . Israel J. Plant Sci. 44: 37- 42.
19. Hamaoui, B., J. M. Abbadi, S. Burdman, A. Rashid, S. Sarig, and Y. Okon. 2001. Effects of inoculation with Azospirillum brasilense on chickpeas(Cicer arietinum) and faba beans(Vicia faba) under different growth condition. Agronomie, 21:553-560.

20. Hamdi, M. A., M. A. K. Shaddad, and M. M. Doaa. 2004. Mechanisms of salt tolerance and interactive effects of Azospirillum brasilense inoculation on maize cultivars grown under salt stress conditions. Plant Growth Regulation, 44: 165–174.
21. Hamdia , M.A., and El-Komy , H.M. 1997. Effects of salinity, gibberelic acid and Azosbirillum inoculation on growth and nitrogen uptake of Zea mays. Biol.Plant 40:109-120
22. Han, H. S., and K. D. Lee. 2005a. Plant Growth Promoting Rhizobacteria Effect on Antioxidant Status, Photosynthesis,Mineral Uptake and Growth of Lettuce under Soil Salinity. Res. J. Agric. Biol. Sci., 1: 210-215.
23. Han, H.S., and K.D. Lee. 2005b. Physiological Responses of Soybean - Inoculation of Bradyrhizobium japonicum with PGPR in Saline Soil Conditions. Res. J. Agric. Biol. Sci., 1: 216-221.
24. Husnain, S., and A. N. Sabri. 1996. Growth stimutation of Triticum aestivum seedling under Cr – stress by nonrhizospheric Pseudomonas strain . In: Abstract Book of 7th int Symp . on Nitrogen fixation with Non – legumes . Faisalabad , Pakistan , pp . 36.
25. Jalili,F., K. Khavazi, E. Pazira, H. Asadi Rhmani, A. R. Najati, H. Rasouli, and M. Miransari. 2008. Isolation and characterization of ACC deaminase producing fluorescent pseudomonads, to alleviate salinity stress on canola (Brassica napus L.) growth, J. Plant Physiol., 166:667-674.
26. Klopper, J. W. 2003. A review of mechanisms for plant growth promotion by PGPR. 6th international PGPR workshop 5-10 october 2003 calculla, India.
27. Kuffner, M., M. Puschenreiter, G. Wieshammer, M. Gorfer, and A. Sessitsch. 2008. Rhizosphere bacteria affect growth and metal uptake of heavy metal accumulating willows, Plant Soil, 304:35-44.
28. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ., 25:239–250.
29. Mayak, S., T. Tirosh, and B. G. Glick .2004a. Plant Growth promoting bacteria confer resistance in tomato plants salt stress .Plant Physiol. Biochem. 42:565-572.
30. Mayak, S., T. Tirosh, and B. G. Glick. 2004b. Plant growth promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. Plant Sci., 166:524-530.
31. Nadeem,S., Z.A. Zahir,M.Naveed and M.Arshad. 2007.Preliminary inverstigations on inducing salt tolerance in Canola through ACC-deaminase activity.Canadian Journal of Microbiology.53(10)1141-1149.
32. Nadeem, S. M., Z. A. Zahir, M. Naveed, M. Arshad, and S.M. Shahzad. 2006. Variation in growth and ion uptake of maize due to inoculation with plant growth promoting rhizobacteria under salt stress, Soil Environ., 25: 78-84.
33. Nandakumar, R., S. Babu, R.Viswanathan, T. Raguchander, and R. Samiyappan. 2001. Induction of systemic resistance in rice against sheath blight disease by plant growth promoting rhizobacteria. Soil Biol. Biochem., 33: 603–612.
34. Netondo, G.W., J.C. Onyango , and E. Beck. 2004. Sorghum and salinity.I: Response of growth, water relations, and ion accumulation to NaCl salinity. Crop Sci., 44:797–805.
35. Neel, J. P. S., G. Alloush, A. D. P. Belesky, and W. M. Clapham. 2002. Influence of rhizosphere ionic strength on mineral composition, dry matter yield and nutritive value of forage chicory. J. Agron. Crop Sci., 188: 398–407.
36. Poustini, K., and A. Siosemardeh. 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. Field Crops Res., 85:125-133.
37. Rasouli Sadagiani, M.H., K.Khavazi, H. Rahimiyan, and M.J.Malakuti.2005. Evaluation of siderophor production activity by *pseudomonas fluorescens* in wheat rhizospher, J. Soil Water(in Persian),20(1):135-143.

38. ReyhaniTabar,A., N. Saleh Rastin. H.A.Alikhani, and M.Mohammadi. 2002. The effects of *pseudomonas fluorescens* on nutrients uptake in wheat, J. Agric. Sci.(in Persian),33(4):771-780.
39. Shaharoona, B., M. Arshad, and Z. A. Zahir. 2006. Effect of plant growth promoting rhizobacteria containing ACC deaminase on maize (*Zea mays* L.) growth under axenic conditions and on nodulation in mung bean (*Vigna radiata* L.). Lett.Appl. Microbiol., 42: 155-159.
40. Vivas, A., A. Marulanda, J.M. Ruiz-Lozano, J. M. Barea, and R. Azcon. 2003. Influence of a *Bacillus* sp. on physilogical activities of two arbuscular mycorrhizal fungi and on plant response to PEG-induced drought stress. Mycorriza, 13: 249-256.
41. Waqar, A., B. Shahroona, Z. A. Zahir, and M. Arshad. 2004. Inoculation with ACC deaminase Containing Rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. Pak. J. Agri. Sci., 41:119-124.