

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 اسلامی واحد خوی؛ farjalili@yahoo.com

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

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

چکیده

تجمع نمک در خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک یکی از مهمترین تنش‌های 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 فلورسنتس، سویه‌های ۱۱ و ۱۰۸ و سودوموناس پوتیدا سویه‌های ۱۶۹ و ۱۹۶ و یک تیمار بدون باکتری به عنوان شاهد، فاکتور شوری شامل شوری‌های ۰/۳۳۵ (به عنوان شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ 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 تولید ACC 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

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 شورهای بسیار زیاد عملکرد گیاه توسط خود شوری تحت تأثیر قرار

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/NO₃ در گیاه، ناهنجاری‌هایی تغذیه‌ای، کاهش رشد و کیفیت

^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 (باسلیو و همکاران ۲۰۰۴؛ 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 باکتری‌های PGPR بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی انجام شده است. PGPR ها در محصولات مختلف به منظور افزایش رشد، جوانه زنی بذور و عملکرد محصول بکار رفته‌اند و برخی نیز تجاری شده‌اند (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 شرایط 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 دامیناز اثرات منفی تنش اتیلن را می‌تواند 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 تنش‌زا، تحقیقات زیادی صورت گرفته است که اکثراً مربوط به سال‌های اخیر می‌باشد (حمدی و همکاران، ۲۰۰۴؛ گریکو و گلیک، ۲۰۰۱؛ مایاک و همکاران، ۲۰۰۴ الف، ب). هال و همکاران (۱۹۹۶) نشان دادند *Pseudomonas GR12-2 putida* که یک باکتری ریزوسفری مفید با توان تولید ACC دامیناز است موجب افزایش رشد گیاهچه‌های کلزا، کاهو و گوجه فرنگی شد. مایاک و همکاران (الف ۲۰۰۴) از ARV8 *Achromobacter piechautii* تولید کننده آنزیم ACC دامیناز 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 وزن تر 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 سودوموناس‌های 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 باکتری‌های حاوی آنزیم ACC- دامیناز 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 افزایش یافت به طوری که بیشترین تأثیر در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر اتفاق افتاد. همچنین سویه‌های منتخب 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- دامیناز بر شاخص‌های رشد کلزا در شرایط شور نشان دادند که با تلقیح سویه‌های دارای فعالیت آنزیم ACC- دامیناز 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- دامیناز 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- دامیناز 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 و ۱۶۰ 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 منجر به 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.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر سودوموناس‌های فلورسنت دارای فعالیت آنزیم ACC دامیناز 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 Pf.196 و Pf.169, Pp.11, Pp.108 و یک تیمار بدون تلقیح باکتری بود. در این تحقیق Pp. بیانگر *Pseudomonas putida* و Pf. بیانگر *Pseudomonas fluorescens* 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 فیزیکی‌وشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمون گلخانه‌ای در جدول ۱ 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 عصاره گیر DTPA استخراج شد (علی‌احیائی، ۱۳۷۸). برای تهیه محلول‌های شور مورد استفاده از آب شور طبیعی دریاچه نمک واقع در قم استفاده شد. مشخصات آن در جدول ۲، ارائه شده است.

گندم تحت شوری‌های ۸۰ و ۱۶۰ 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 منجر به 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 دامیناز 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

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 اندازه‌گیری Cl، 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 (جدول ۴).

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 (جدول ۵).

بررسی اثر متقابل شوری و باکتری نیز نشان می‌دهد که در شرایط غیر شور، سویه‌های Pf.196، Pp.11 و Pp.108 غلظت فسفر، سویه‌های Pf.196، Pp.108 و Pf.169 غلظت کلسیم و سویه Pf.196 غلظت نیتروژن، فسفر و منیزیم را به طور معنی‌داری افزایش دادند (جدول ۶).

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

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 دامیناز بوده و نشان داده شده بود که توانایی افزایش شاخص‌های رشد کلزا را در شرایط شور دارا هستند میزان فعالیت آنزیمی این سویه‌ها بر حسب میکرومول آلفاکتوبوتیرات در میلی-گرم پروتئین در ساعت به ترتیب ۵/۰۳، ۵۱/۴۱، ۳/۲ 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 جدول ۳ 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، بذره‌های 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 ۱۰^۷ 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 دمای ۲±۲۶ درجه سلسیوس و

میانگین این صفت نشان می‌دهد (شکل ۱) 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 منتخب باعث تغییراتی در عملکرد دانه شده بود لیکن این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۴).

بحث

مواد معدنی و آلی گوناگونی از قبیل یون‌های سدیم، پتاسیم و کلر، پرولین و گلايسين بتائين وجود دارند که بر اساس 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 جنبه‌های 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

داد، در حالی که 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 حالی که تلقیح با سویه‌های Pp.11، Pf.169 و Pf.196 باعث کاهش مقدار سدیم و کلر گیاه شدند.

در شوری ۱۵ دسی‌زیمنس 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 غلظت روی در ماده خشک گیاهی داشت (جدول ۵). 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 شرایطی تلقیح با سویه‌های Pp.11 و P.108 مقدر روی و تلقیح با سویه‌های Pp.11، P.108 و P.f.196 مقدار بر در ماده خشک گیاهی را به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۶).

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 (جدول ۴). 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 (جدول ۵). تیمار با باتری‌های منتخب بر زیست توده هم اثر معنی‌داری داشت (جدول ۴) و همان طور که مقایسه

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 ایگامبردیوا (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 و Cl 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 (تنتدو همکاران، ۲۰۰۴). در تحقیق حاضر تلقیح Pp.11 در شرایط غیر شور باعث افزایش معنی‌دار نسبت Na/K در اندام هوایی کلزا شد. در شرایط شور نیز تلقیح با سویه‌های منتخب باعث افزایش نسبت مذکور شد، لیکن این افزایش معنی‌دار نشد.

به‌طور کلی، بر اساس نتایج این تحقیق، سویه‌های با فعالیت آنزیمی ACC دامیناز 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.

بر متر هم، تلقیح باعث افزایش در جذب پتاسیم و کاهش معنی‌دار در جذب سدیم شد که علت کاهش در جذب سدیم در شوری ۵ 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 هامالوئی و همکاران (۲۰۰۱) نیز نشان داده شده است که تلقیح نخود و باقلا با *Azospirillum* 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 دامیناز 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 (حمدی 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 دامیناز باعث افزایش در

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						(%)	(%)	Loam	۳۰	۲/۱۹	۷/۵۷
۱/۳۲	۰/۸	۱۴/۴	۵/۴	۲۶۹	۸/۱	۰/۴۷	۰/۰۵				

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب شور مورد استفاده در زمان نمونه برداری

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

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

در جدول S1 و S2 به ترتیب بیانگر ۵ و ۱۰ گرم در لیتر NaCl، DF و LB نام محیط کشت میکروبی می باشد.

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییر
K/Na	کلر	سدیم	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	
۱۱۲/۱۶**	۵۴/۳۰**	۲۷/۲۳**	۰/۴۱۳**	۸/۴۱**	۴/۴۸۶*	۰/۰۱۲**	۰/۰۵۹**	۳ شوری
۰/۶۷۸**	۱/۰۱ ^{NS}	۰/۱۸۶*	۰/۰۰۶*	۰/۲۴۰**	۰/۰۹۷ ^{NS}	۰/۰۱۲*	۰/۴۳۱**	۴ سویه باکتری
۰/۴۶۷**	۰/۲۰۴ ^{NS}	۰/۰۶۱*	۰/۰۰۲**	۰/۲۳۱**	۰/۰۵۸ ^{NS}	۰/۰۰۵**	۰/۰۷۲**	۱۲ شوری*سویه
۰/۱۲۵	۰/۲۷۱	۰/۰۳۶	۰/۰۰۱	۰/۰۵۷	۰/۰۸۳	۰/۰۰۱	۰/۰۱۸	۴۰ خطا
۱۲/۱۷	۱۰/۷۶	۷/۹۳	۴/۱۴	۶/۰۱	۶/۴۸	۵/۸۷	۳/۰۴	ضریب تغییرات

NS، * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

۵ - تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

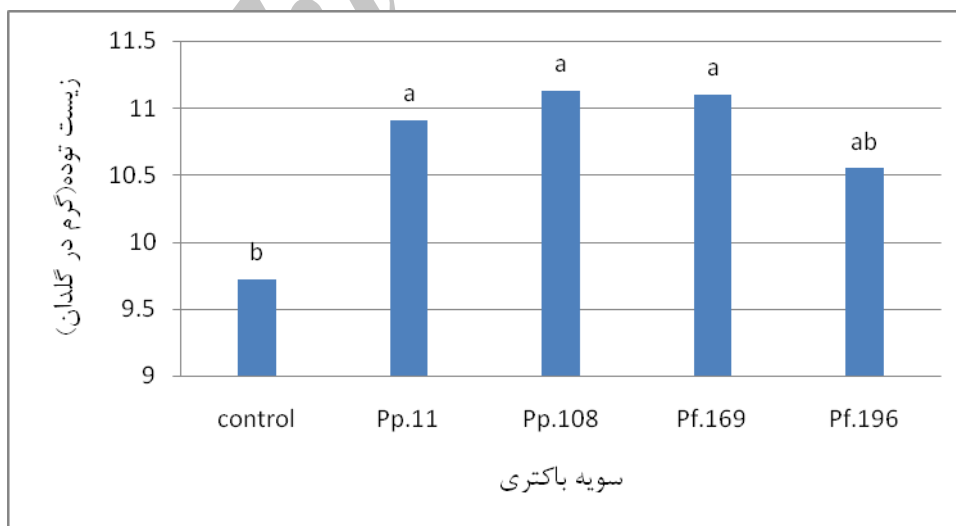
عملکرد دانه	میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییر
	زیست توده	بر	مس	روی	منگنز	آهن		
۴/۶۰**	۶۱/۴۴**	۷۶/۷۷*	۲/۹۸ ^{ns}	۴۸۴/۵۳ ^{ns}	۳۱۸۳/۰۸**	۶۹۰/۳۶**	۳	شوری
۰/۴۱ ^{ns}	۵/۴۵**	۷۷/۸۶*	۲/۵۹ ^{ns}	۲۸/۵۶ ^{ns}	۸۹/۷۲*	۱۳۵/۶۹ ^{ns}	۴	سویه باکتری
۰/۰۵۱ ^{ns}	۱/۴۲ ^{ns}	۶۵/۸۷**	۰/۵۲ ^{ns}	۱۳/۴۹ ^{ns}	۴۹/۹۰**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

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

جدول ۶- تأثیر سطوح مختلف شوری بر میانگین صفات مورد مطالعه

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

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

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

فهرست منابع:

۱. بی‌نام. 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. صفحات ۱۷۵-۱۸۸.
۴. علی‌احیایی، م. ۱۳۷۸. روش‌های 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 ۱۹۹-۲۰۸.
6. Bacilio, M., H. Rodriguez, M. Moreno, J. P. Hernandez, and Y. Bashan. 2004. Mitigation of salt stress in wheat seedling by agfp-tagged *Azospirillum lipoferum*. *Biol. Fertil. Soils*, 40:188-193.
7. Cheng, Z., E. Park, and B.R. Glick. 2007. 1- Aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase from *Pseudomonas putida* UW4 facilitate the growth of canola in the presence 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. Microbiol.*, 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 (*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, and B.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 *Azospirillum* 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 stimulation 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. Klopffer, 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. Shaharoon, 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 physiological activities of two arbuscular mycorrhizal fungi and on plant response to PEG-induced drought stress. Mycorrhiza, 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.

Archive of SID