"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد هشتم، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۸
(ص ۱۱۲-۱۰۱)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 8, No.: 2, Autumn and Winter 2020
(pp: 101-112)
DOI: 10.22034/ijsst.2018.109437.1061
Research Article

تأثیر سویه‌های *Pseudomonas fluorescens* مولد ACC دآمیناز بر خصوصیات جوانه زنی و رشد گیاهچه در ارقام جو تحت تنش شوری

میترا آزادیخواه[۱]، فاطمه جمالی[۲*]، حمیدرضا نوریزدان[۳]، فرشته بیات[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر
۲. استادیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر
۳. استادیار گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۰۳)

چکیده

ریزوباکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه که دارای فعالیت ACC دآمیناز هستند موجب افزایش مقاومت گیاه نسبت به تنش‌های محیطی شده و رشد گیاه را بهبود می‌بخشند. به منظور بررسی توانایی چهار سویه *Pseudomonas fluorescens* در مصرف اسید ۱-آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلیک (ACC) و ارزیابی تأثیر سویه‌ها بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های جو تحت تنش شوری، مطالعه‌ای در دانشکده کشاورزی دانشگاه خلیج فارس بوشهر صورت گرفت. باکتری‌ها از نظر مصرف ACC ارزیابی شده و مشخص گردید که همگی قادر به مصرف ACC بودند. سپس اثر باکتری‌ها بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه ارقام جو تحت تنش شوری در شرایط آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل شامل سه فاکتور باکتری در چهار سطح (سویه‌های B10، B2-10، B2-11 و B4-6 از باکتری *P. fluorescens*)، شوری در سه سطح (صفر، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر) و رقم در پنج سطح (کارون، زهک، نیمروز، جنوب و صحرا) در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که تأثیر باکتری، شوری و رقم و برهمکنش بین آنها بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، بنیه بذر، طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و شاخص تحمل به شوری گیاهچه‌ها معنی‌دار بود ($p\leq0.05$). با اعمال تنش شوری، جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت ولی پیش‌تیمار بذور با سویه‌های سودوموناس دارای فعالیت ACC دآمیناز موجب افزایش صفات مرتبط با جوانه‌زنی و شاخص‌های رشدی ارقام جو گردید.

کلمات کلیدی: ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه، جوانه‌زنی، شاخص بنیه، تحمل به شوری

Influence of *Pseudomonas fluorescens* strains producing ACC deaminase on germination traits and seedling growth of barley cultivars under salinity stress

M. Azadikhah[1], F. Jamali[2*], H. Nooryazdan[3], F. Bayat[3]

1. M.Sc. of Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran
2. Assistant Professor of Plant Pathology, Department of Plant Protection, College of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran
3. Assistant Professor of Genetic and Plant Breeding, Department of Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.
(Received: Feb. 04, 2017 – Accepted: Sept. 25, 2018)

Abstract

Plant growth-promoting rhizobacteria with ACC deaminase activity increase plant resistance to environmental stresses and improve plant growth. In order to investigate the ability of four strains of *Pseudomonas fluorescens* to utilize 1-amino-cyclopropane-1-carboxylic acid (ACC), and quantifying their effects on seed germination and seedling growth of barley under salinity stress, a study was conducted at the faculty of agriculture of Persian Gulf University, Bushehr. Bacteria were evaluated for their ability to utilize ACC and it was revealed that they were all able to use ACC. Thereafter, the influence of bacterial strains on seed germination and seedling growth of barley varieties was evaluated under salt stress under *in vitro* conditions. For this purpose, a factorial experiment was conducted with three factors of bacteria in four levels (strains B10, B2-10, B2-11 and B4-6), salinity levels (0, 3 and 6 ds/m) and cultivar in five levels (Karun, Zehak, Nimrooz, South of the Sahra) in a completely randomized design with three replications. Results revealed that the main effect of bacteria, salinity and cultivars and their interactions were significant on germination percentage and speed, seed vigor, length and dry weight of coleoptile and radicle and salinity tolerance index ($p\leq0.05$). Under salinity stress, germination and growth of barley seedlings were reduced significantly, however pre-treatment of seeds with all bacterial strains increased seed germination attributed traits and growth factors of barley cultivars.

Keywords: barley, plant growth-promoting rhizobacteria, seed vigor, germination, salinity tolerance

* Email: jamali@pgu.ac.ir

مقدمه

شوری بالای خاک از جمله عوامل محدودکننده عملکرد محصول در سراسر جهان بشمار می‌رود که این مسئله به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی کشاورزی محسوب می‌شود (Munns and tester, 2008). بارش کم، آبیاری محصولات با آب شور و عملیات کشاورزی ضعیف از جمله علل اصلی افزایش شوری خاک است (Munns, 2005; Egamberdieva, 2007). با افزایش شوری، رشد گیاه از طریق مهار اسمزی جذب آب توسط ریشه‌های گیاه و یا سمّیت یون‌های خاص کاهش می‌یابد. نمک موجود در اطراف ریشه گیاه رشد سلول را تحت تأثیر قرار داده و متابولیسم گیاه را مختل می‌سازد. بعلاوه، مقادیر سمی نمک‌ها پس از تجمع در درون گیاه، موجب کاهش عملکرد بهینه می‌شود (Munns and Tester, 2008). در مواجهه با تنش شوری، اتیلن که به عنوان هورمون تنش نیز شناخته شده است در گیاه تولید می‌گردد. تنش شوری با ایجاد تغییر فیزیولوژیکی در بافت‌های گیاه موجب افزایش سطح ۱-آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلیک اسید (ACC) می‌شود که پیش‌ساز مستقیم اتیلن بشمار می‌رود و در نتیجه افزایش سرعت سنتز اتیلن را افزایش می‌بخشد. گزارش شده است که باکتری‌های مولد ACCدآمیناز، موجب تجزیه ACC به آلفا کتو بوتیرات و آمونیوم شده و در نتیجه موجب کاهش تولید اتیلن ناشی از تنش می‌گردند (Hontzeas *et al*., 2004).

بسیاری از ریزوباکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاهان[1] (PGPR) به طور مستقیم با فراهم کردن هورمون‌های گیاهی، آهن و فسفات محلول (Lucy *et al*., 2004) یا غیرمستقیم با کنترل بیمارگرهای گیاهی (Raaijmakers *et al*., 2009) موجب تحریک رشد گیاهان می‌شوند. مایه تلقیح باکتریایی موجب افزایش جوانه‌زنی، افزایش سرعت رشد گیاه، پاسخ به تنش‌های محیطی و حفاظت از گیاهان در مقابل بیمارگرهای مختلف می‌گردد (Lugtenberg *et al*., 2002). در بین باکتری‌های محرک رشد، باکتری‌های جنس *Pseudomonas* به دلیل توزیع گسترده در خاک، توانایی کلنیزاسیون ریزوسفر در بسیاری ازگیاهان و تولید طیف متنوعی از متابولیت‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (Haas and Defago, 2005). این باکتری‌ها به دلیل سنتز هورمون جیبرلین و نیز تولید آنزیم آمیلاز و تجزیه نشاسته سبب بهبود جوانه‌زنی می‌شوند. سنتز هورمون اکسین نیز باعث افزایش قدرت گیاهچه‌ها می‌گردد (Glick *et al*., 2001). پس از کلنیزاسیون ناحیه ریزوسفر گیاه، باکتری به تولید متابولیت‌های ثانویه نظیر ACC دآمیناز، سیانید هیدروژن (HCN)، سیدروفورها و هورمون‌های گیاهی مانند اسید اندول-۳-استیک (IAA) می‌پردازد و با تولید این متابولیت‌ها موجب کاهش اثرات منفی تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده و در نتیجه افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (Glick, 1995; Haas and Defago, 2005). تولید ACCدآمیناز توسط ریزوباکتری‌ها و تنظیم ACC از جمله مهمترین مکانیسم‌های این باکتری‌ها جهت افزایش مقاومت گیاهان به تنشهای غیرزنده بشمار می‌رود (Glick *et al*., 2007). باکتری‌های واجد فعالیت ACCدآمیناز، موجب کاهش سطح اتیلن ناشی از تنش شده و در نتیجه رشد گیاهان را تحت انواع تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری، تنش ناشی از فلزات سنگین، سیل و حمله عوامل بیماریزا افزایش می‌دهند (Glick *et al*., 2007). همچنین ثابت شده است که گیاهانی که با سویه‌های باکتری واجد چندین خصوصیت افزایش‌دهندگی رشد گیاه تیمار شده باشند مقاومت بیشتری نسبت به اثرات نامطلوب ناشی از اتیلن سنتز شده تحت شرایط تنش از خود نشان می‌دهند (Zahir *et al*., 2008). مایه‌زنی گیاه با باکتری‌های محرک رشد گیاه و به دنبال آن، کاهش تنش شوری و افزایش رشد گیاه در گیاهان مختلف از جمله گندم، ذرت، برنج، خیار، گوجه‌فرنگی و کاهوگزارش شده

[1] Plant Growth-Promoting Rhizobacteria

است (Bal *et al*., 2013; Egamberdieva, 2007; Egamberdiyeva, 2009; Han and Lee, 2005; Kang *et al*., 2014; Mayak *et al*., 2004; Nakbanpote *et al*., 2014). گرچه تنش شوری می‌تواند در تمامی مراحل رشد گیاه تأثیرگزار باشد، اما تأثیر نامطلوب آن در مراحل جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه بسیار حائز اهمیت است زیرا استقرار اولیه گیاه بر عملکرد نهایی آن بسیار موثر است (Rauf *et al*., 2007). تحقیقات ثابت نموده‌اند که شوری از جوانه‌زنی بسیاری از گیاهان ممانعت می‌نماید (Egamberdieva, 2009).

یکی از مشکلات اصلی بخش کشاورزی در کشور ایران و بویژه استان بوشهر شوری خاک می‌باشد که موجب کاهش رشد گیاه و عملکرد بهینه محصول می‌گردد. استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه با توانایی تحمل تنش شوری و واجد فعالیت ACCدآمیناز که از همین استان جداسازی شده باشند به دلیل سازگاری اکولوژیکی با شرایط محیطی این منطقه و گیاهان استان، می‌توانند در کاهش اثرات مخرب شوری تأثیر بسزایی داشته باشند. در مطالعه پیشین ما، مشخص گردید که باکتری *P. fluorescens* سویه‌های B10، B4-6، B2-10 و B2-11 که از ریزوسفر گیاه جو در استان بوشهر جداسازی شده بودند دارای خصوصیات افزایش‌دهندگی رشد گیاه و توانایی تحمل بالا نسبت به سطوح مختلف شوری بودند (Azadikhah *et al*., 2017). هدف از پژوهش حاضر، مطالعه این سویه‌ها از نظر توانایی آنها در مصرف ACC و بررسی اثر آنها بر افزایش صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر و افزایش رشد گیاهچه‌های پنج رقم جو تحت سطوح مختلف شوری بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۴ در آزمایشگاه بیماری‌شناسی گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس در بوشهر صورت گرفت. چهار سویه *P. fluorescens* (B10، B2-10، B2-11 و B4-6) جداسازی شده از ریزوسفر جو در استان بوشهر با خصوصیات توانایی تولید IAA، سیدروفور پایووردین و HCN، انحلال فسفات معدنی و نیز تحمل غلظت‌های مختلف نمک کلرید سدیم از ۰ تا ۶۰۰ میلی مولار در شرایط آزمایشگاه (Azadikhah, 2017)، از آزمایشگاه بیماری‌شناسی گیاهی دانشکده کشاورزی، دانشگاه خلیج فارس بوشهر تهیه شده و در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند. در ابتدا سویه‌ها از نظر توانایی آنها در مصرف ACC به عنوان تنها منبع نیتروژنی بر اساس روش دل‌آمیکو و همکاران (Dell'Amico *et al*., 2005) با اندکی تغییرات مورد سنجش قرار گرفتند. باکتری‌ها روی محیط تریپتیک سوی براث[1] (TSB) برای مدت ۴۸ ساعت رشد داده شدند. سپس ۵۰ میکرولیتر از سوسپانسیون باکتری به ۲۰ میلی لیتر محیط حداقلی[2] DF و محیط DF حاوی ۳ میلی‌مولار ACC به جای $(NH4)_2SO_4$، به عنوان تنها منبع نیتروژن منتقل گردید. محلول ۰/۵ مولار ACC از فیلتر ۰/۲ میکرونی عبور داده شد و در دمای منفی ۲۰ درجه سلسیوس منجمد گردید. محلول ACC ذوب شده و قبل از اضافه کردن باکتری‌ها به محیط DF اضافه گردید. محیط‌های مایه‌زنی شده با باکتری‌ها در دمای ۲۷ ^{o}C روی شیکر با تکان ۱۲۰ دور در دقیقه نگهداری شد و پس از ۴۸ ساعت کدری سوسپانسیون حاصل در طول موج ۴۰۵ نانومتر تعیین گردید. توانایی هر باکتری در مصرف ACC با بررسی رشد آن در محیط DF حاوی ACC و محیط DF فاقد هر گونه منبع نیتروژنی (شاهد منفی) تایید گردید.

به منظور بررسی اثر باکتری‌ها بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام مختلف جو تحت تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل پیش‌تیمار بذر با باکتری در چهار سطح (سویه‌های B2-10، B10، B4-6 و B2-11)، شوری در سه سطح (صفر، ۳ و ۶ دسی زیمنس بر متر) و پنج رقم بودند. بذرهای ارقام جو شامل

[1] Tryptic soy broth
[2] DF minimal medium

کارون، زهک، نیمروز، جنوب و صحرا (تولید شده در سال ۱۳۹۳) که بذر خالص حاصل از برنامه‌های خالص‌سازی بذر بوده و هر ساله در مؤسسه در انبار با دمای ۱۵ °C و رطوبت ۴۰ درصد نگهداری می‌شوند، از مؤسسه اصلاح نهال و بذر تهیه شد و در آزمایشگاه بلافاصله مورد استفاده قرار گرفت. از آب مقطر سترون به عنوان شاهد و برای سایر تیمارها از کلرید سدیم (NaCl) استفاده شد. به منظور ضدعفونی سطحی، بذور جو به مدت ۳۰ ثانیه در هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد قرار گرفته و سپس چندین بار با آب مقطر سترون شسته شدند. سویه‌های باکتری در محیط کشت مایع لوریا برتانی براث[1] در دمای ۲۷°C روی شیکر با تکان ۱۶۰ دور در دقیقه رشد داده شدند. پس از ۱۶ ساعت، باکتری رشد یافته در ۳۷۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و رسوب حاوی سلول‌های باکتری با محلول کلرید سدیم ۰/۹ درصد شستشو داده شد. سپس سلول‌های باکتری در کلرید سدیم ۰/۹ درصد سوسپانسیون شده و کدری سوسپانسیون در ۶۰۰ نانومتر، روی ۰/۱۲۵ (جمعیت باکتری معادل 10^8 واحد تشکیل‌دهنده کلنی در میلی لیتر) تنظیم گردید. بذرها یک ساعت در سوسپانسیون سویه‌های باکتری قرار داده شدند. ۲۰ عدد بذر در ظروف پتری حاوی کاغذ صافی قرار داده شد و تیمارهای شوری ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر با حل نمودن مقادیر ۱/۸ و ۳/۶ گرم نمک کلریدسدیم در آب مقطر اعمال گردید. پتری‌ها در اتاقک رشد (Binder, USA) با دمای ۲۰°C و رطوبت نسبی ۸۰ درصد قرار داده شده و تعداد بذور جوانه زده پس از هفت روز یاداشت گردید (ISTA, 2010). بذرهایی جوانه زده تلقی شدند که طول ریشه‌چه آنها بیش از دو میلی‌متر بود. بعد از اتمام جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد. وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه نمونه‌ها با قرار دادن گیاهان به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در آون و سپس با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۰۱ بدست آمد. درصد جوانه‌زنی[2] (GP)، سرعت جوانه‌زنی[3] (GR)، بنیه بذر[4] (SV) و شاخص مقاومت به شوری[5] (STI) با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Bajji, 2002; Sopha *et al.*, 1991): $GP = (Ni/S) \times 100$، که در آن GP درصد جوانه‌زنی و Ni تعداد بذور جوانه زده در روز i ام و S تعداد کل بذور کشت شده می‌باشد. $GR = \Sigma Ni/Ti$، که در این رابطه، GR سرعت جوانه‌زنی (بر حسب تعداد بذر جوانه زده در روز) و Ni تعداد بذور جوانه زده در روز i ام و Ti تعداد روز تا شمارش i ام می‌باشد. $SV = (PL+RL) \times GP$ بنیه بذر، که در آن RL، طول ریشه‌چه، PL طول ساقه‌چه و GP درصد جوانه‌زنی می‌باشد. شاخص تحمل به شوری از رابطه TWSs/TWSc به دست آمد که در آن TWSs و TWSc به ترتیب وزن خشک ساقه‌چه‌های تحت تنش و وزن خشک ساقه‌های شاهد است. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه‌وتحلیل آماری از طریق نرم‌افزار SAS و MSTAT-C صورت گرفت.

نتایج و بحث

سنجش فعالیت ACC دآمیناز در سویه‌های *P. fluorescens*: نتایج نشان داد که هر چهار سویه سودوموناس قادر به مصرف ACC به عنوان تنها منبع نیتروژنی در شرایط درون شیشه‌ای بودند (جدول ۱). اخگر و همکاران (Akhgar *et al.*, 2014) نیز نشان دادند که از میان ۱۰۵ سویه باکتری جداسازی شده از ریزوسفر کلزا تحت تنش شوری، تنها ۱۵ سویه *P. fluorescens* قادر به مصرف ACC به عنوان تنها منبع نیتروژن بوده و اظهار داشتند که این سویه‌ها احتمالا در تحمل کلزا نسبت به تنش شوری ایفای نقش می‌کنند. ریزوباکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه که دارای فعالیت ACCدآمیناز هستند با کاهش سطح اتیلن ناشی از تنش، به گیاهان در مواجهه با انواع

[1] Luria Berthani-Broth
[2] Germination percentage
[3] Germination rate
[4] Seed vigor
[5] Salt tolerance index

تنش‌های محیطی کمک می‌کنند (Mayak *et al*., 2004).

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر اصلی شوری، تفاوت ارقام از لحاظ صفات مورد بررسی و تیمار بذر با باکتری و نیز اثرات متقابل سه‌گانه آنها بر کل صفات اندازه‌گیری شده در این مطالعه در جو در سطح یک درصد معنی‌دار بود.

جدول ۱- فعالیت ACCدآمیناز در سویه‌های *P. fluorescens*

Table 1- ACC deaminase activitiy of *P. fluorescens* strains

سویه Strain	کدری در طول موج ۴۰۵ نانومتر Optical density at 405 nm[1]		
	DF+(NH4)2SO4[2]	DF+ACC[3]	DF[4]
B10	3.015	1.705	0.259
B4-6	2.923	1.810	0.322
B2-10	3.011	1.701	0.272
B2-11	3.023	1.801	0.316

[۱] کدری محیط کشت‌های مختلف حاوی باکتری رشد یافته، [۲]محیط حداقلDF حاوی سولفات آمونیوم به عنوان شاهد مثبت، [۳] محیط حداقل DF حاوی ACC به عنوان محیط انتخابی و [۴] محیط حداقل DF به عنوان شاهد منفی

[1] Optical density of bacterial strains grown in different media, [2]DF minimal medium amended with ammonium sulphate as a positive control, [3]DF minimal medium amended with ACC as a selective medium and [4]DF minimal medium as a negative control

بنیه بذر، درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی:

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شوری در باکتری در رقم نشان داد که به طور کلی با افزایش سطح شوری بنیه بذر و درصد و سرعت جوانه‌زنی در ارقام جو کاهش یافت ولی کاربرد باکتری‌ها موجب افزایش این صفات نسبت به شاهد تیمار نشده با باکتری گردید (جدول ۳). بیشترین بنیه بذر مربوط به تیمار تلقیح رقم کارون با سویه B2-10 و B2-11 در شرایط بدون تنش بود که به ترتیب موجب ۱۱۸ و ۹۶ درصد افزایش در بنیه بذر نسبت به شاهد تیمار نشده گردید (جدول ۳). در آزمون بررسی درصد جوانه‌زنی مشخص گردید که بذرهای ارقام جو مورد استفاده کیفیت بالایی نداشته و از درصد جوانه‌زنی پایینی نسبت به حد استاندارد برخوردار بودند (۳۶-۵۰ درصد). کیفیت نامناسب و جوانه‌زنی و استقرار ناکافی از جمله مشکلاتی است که در گیاهان زراعی در مناطق مختلف مشاهده می‌گردد. کیفیت بذر تحت تاثیر عوامل متعددی نظیر رقم، خلوص ژنتیکی، خلوص فیزیکی، قوه نامیه، قدرت جوانه‌زنی و قابلیت زنده بودن بذر قرار می‌گیرد. عوامل دیگری نظیر ساختار ژنتیکی، عوامل محیطی، قدرت تغذیه گیاه مادری، مراحل رسیدگی در زمان برداشت، صدمات مکانیکی، ذخایر بذر، سن و فرسودگی و نیز حضور بیمارگرهای گیاهی نیز بر میزان جوانه‌زنی و بنیه بذر موثر هستند (Mohsen Nasab *et al*., 1389).

تیمار بذور با باکتری‌ها در شرایط بدون تنش گرچه درصد جوانه‌زنی را تا حد استاندارد افزایش نداد، با اینحال موجب افزایش قابل توجهی در این صفت گردید. بیشترین افزایش در صفت درصد جوانه‌زنی مربوط به پیش‌تیمار بذرهای رقم زهک با سویه B10 و رقم جنوب با سویه B2-10 بود که ۷۵ درصد افزایش در این صفت را در پی داشت (جدول ۳).

از طرف دیگر با افزایش سطح شوری درصد جوانه‌زنی بذور نسبت به شرایط بدون تنش کاهش یافت ولی پیش‌تیمار بذر با باکتری‌ها موجب افزایش این صفت گردید. بیشترین درصد جوانه‌زنی به ترتیب مربوط به تیمار تلقیح رقم جنوب با سویه B2-10 در شرایط بدون تنش و شوری ۳ ds/m و نیز تیمار رقم کارون با سویه B2-11 در

شرایط بدون تنش بود که به ترتیب موجب ۷۶، ۸۱ و ۴۶ درصد افزایش در این صفت نسبت به شاهد گردید (جدول ۳). بعلاوه، بیشترین سرعت جوانه‌زنی پس از پیش‌تیمار بذور رقم جنوب با سویه B4-6 در شرایط بدون تنش و در شوری ۳ ds/m و نیز رقم کارون با همین سویه در شرایط بدون تنش به دست آمد که به ترتیب موجب ۱۷۵، ۲۰۴ و ۴۶ درصدافزایش نسبت به شاهد تیمار نشده با باکتری‌ها گردید (جدول ۳). نتایج این پژوهش با نتایج دیگر محققان که افزایش درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر را در محصولات دیگر تلقیح شده با PGPRs تحت تنش شوری گزارش نموده بودند مطابقت داشت. بال و همکاران (Bal *et al*., 2013) اثر ریزوباکتری‌های مولد ACC دآمیناز و IAA را بر رشد گیاهچه‌های برنج تحت تنش شوری ارزیابی کرده و نشان دادند که سویه‌های باکتریایی دارای اثر قابل توجهی بر درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر برنج در مقایسه با شاهد بدون باکتری بودند. با بیوسنتز بیشتر هورمون اسید اندول استیک (IAA)، افزایش قابل توجهی در بنیه بذر ایجاد می‌شود (Bharathi *et al*., 2004). به نظر می‌رسد که IAA در بیوسنتز اسید جیبرلیک نقش داشته و منجر به تحریک فعالیت آنزیم آمیلاز می‌گردد و در نتیجه رشد سریع گیاه حادث می‌شود (Kim *et al*. 2006; Taiz and Zieger, 2010).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سویه‌های *P. fluorescens* بر برخی صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه چهار رقم جو

Table 2- Analysis of variance of influence of *P. fluorescens* strains on some germination attributed traits and seedling growth of four barley cultivars

		Mean squares میانگین مربعات							
منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی df	شاخص بنیه SV	درصد جوانه‌زنی GP	سرعت جوانه‌زنی GR	طول ریشه‌چه RL	طول ساقه‌چه PL	وزن خشک ریشه‌چه RDW	وزن خشک ساقه‌چه PDW	شاخص تحمل شوری STI
شوری (Salinity)	2	194315**	718.87**	0.5796**	165.62**	209.8**	0.01**	0.06**	0.217**
رقم (Cultivar)	4	268423.5**	2088.63**	1.71**	1.21**	0.416**	0.01**	0.007**	0.087**
باکتری (Bacteria)	4	462933.2**	1073.25**	0.8492**	13.31**	15.69**	0.004**	0.006**	4.43**
شوری×رقم (Salinity × Cultivar)	8	65906.9**	214.21**	0.1774**	1.91**	2.73**	0.008**	0.003**	0.06**
شوری ×باکتری (Salinity× Bacteria)	8	70470.3**	429.4**	0.4053**	1.46**	3.26**	0.007**	0.01**	1.16**
رقم ×باکتری (Cultivar ×Bacteria)	16	51942.8**	304.63**	0.1908**	1.58**	0.872**	0.004**	0.01**	0.615**
شوری×رقم×باکتری (Salinity× Cultivar×Bacteria)	32	41566.7**	355.90**	0.3089**	1.53**	1.38**	0.03**	0.003**	0.348**
خطا (Error)	150	4130.54	4.14	0.003	0.117	0.092	0.0001	0.002	0.00046
ضریب تغییرات(٪) CV		12.07	4/46	4.45	6.38	4.78	2.59	2.67	5.94

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

ns, *, **, respectively non-significant and significant at 5 and 1%

جدول ۳ - تأثیر سویه‌های باکتری بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام جو در سطوح مختلف شوری

Table 3- Influence of bacterial strains on germination attributed traits and seedling growth of barley cultivars under different salinity levels

شوری Salinity	رقم Cultivar	سویه باکتری Bacteria	شاخص بنیه SVI	درصد جوانه‌زنی GP	سرعت جوانه‌زنی GR	طول ریشه‌چه RL (mm)	طول ساقه‌چه PL (mm)	وزن خشک ریشه‌چه RDW (µg)	وزن خشک ساقه‌چه PDW (µg)	شاخص تحمل شوری STI
صفر 0	کارون Karun	Control	495.73 pqrstuvw	50.51hi	1.44hi	7jklm	6.40efghijk	4.2kl	4.1mno	1z
		B10	870.79bcd	63.23 l	1.61def	8.1cd	7.50ab	5.2ghi	7.3d	2.04 f
		B4-6	698.76 fghijk	59.73de	2.11a	7.56defghi	6.8bcdefg	5.7f	6.3f	1.74 jk
		B2-10	1083.30a	61.6cd	1.72cd	8.9a	6.40efghijk	8b	8.4b	2.69 a
		B2-11	971.64b	73.96a	1.92b	8.8a	6.9bcdef	6.1de	7.2d	2.03 f
	زهک Zehak	Control	525.47 opqrstu	39.9qrst	1.08stuv	6.7lmno	6.40efghijk	4lm	3.8p	1z
		B10	910.55bcd	69.88b	1.18nopqrs	8.7a	7.43ab	5.2ghi	6.2fg	1.61n
		B4-6	606.12 ijklmnop	40.36pqrs	1.33jkl	7.9defg	7.1bcd	6e	7.3d	1.90i
		B2-10	654.22 ghijklmn	42.46mnopqr	1.21mnopqr	8.16cd	7.23abc	6.2de	9.2a	2.39c
		B2-11	577.69 jklmnop	43.98klmnop	1.99b	8.1cde	7.16abc	6.2de	7.3d	1.9 i
	صحرا Sahra	Control	382.67 wxyz	35.93uv	1vw	6.26opqr	4.66tuvw	3rst	4.2mn	1z
		B10	666.19 ghijklm	43.16lmnopqr	1.23lmnopqr	7.6defgh	7.76a	3.4op	6fg	1.45qr
		B4-6	617.20 ghijklmnop	42.23lmnopqr	1.2mnopqr	7.9defg	6.70cdefghi	9.1a	6.1fg	1.47q
		B2-10	629.04 ghijklmno	55.65fg	1.59fg	7.36ghijkl	5.03pqrstu	6.3cd	8.3bc	1.99gh
		B2-11	732.63efgh	54.9g	1.52gh	7.2hijklm	6.1hijklm	6.1de	4.6ij	1.11vw
	نیمروز Nimruz	Control	483.04 qrstuvwx	45.85jklm	1.30jklm	6.6mnop	5.23opqrst	4lm	4.2lmn	1z
		B10	684.22 fghijkl	50.86hi	1.99b	7.73defghi	7.26abc	6.4c	8.2bc	2.06 f
		B4-6	914.78bc	69.88b	1.36ijk	8.6abc	7.5ab	4.2kl	6.5e	1.54o
		B2-10	703.71fghij	48.53ij	1.61efg	7.8defg	6.66cdefghi	4.7j	5.3h	1.26u
		B2-11	922.72bc	59.26def	1.68def	8.7ab	6.43defghij	5i	7.2d	1.75 jk
	جنوب South	Control	378.69wxyz	43.86klmnopq	0.8xy	6.9lmn	5.86jklmno	2.1v	3.5qr	1z
		B10	563.64 lmnop	44.68klmn	1.27klmn	7.73defghi	6.30fghijkl	6.1de	9.1a	2.57b
		B4-6	590.82 jklmnop	43.86klmnopq	2.20a	8.2abcd	7.20abc	4.2kl	7.1d	2.26 d
		B2-10	795.52def	77.11a	1.25klmnopq	7.73defgh	6.76cdefgh	5.2ghi	6.2fg	1.74jkl
		B2-11	963.56b	49.11ij	1.69def	8.9a	7.26abc	5.3gh	5.2h	1.48pq
۳ 3 (dS/m)	کارون Karun	Control	456.42 rstuvwxy	49ij	1.40ij	6.13pqr	4.6tuvw	3. 5no	3uv	1z
		B10	857.29dbc	56.58efg	1.80c	7.9defg	5.9jklmn	4.8j	6.2fg	1.77j
		B4-6	821.66dec	50.51hi	1.70de	7.7defgh	5.46mnopq	5.7f	5.3h	1.52op
		B2-10	661.50 ghijklm	59.26def	1.69def	6qrs	5.43mnopqr	6.4c	8.2bc	2.11e
		B2-11	955.38b	67.43b	1.76cd	8def	6.16ghijkl	5.3gh	6.2fg	1.74jk
	زهک Zehak	Control	298.70z	36.28tuv	0.9wx	6.4nopq	4.86qrstu	4lm	3.5qr	1z
		B10	513.54 opqrstu	46.55jkl	1.14qrst	6.9klm	5.43mnopqr	4lm	5.4h	1.53 op
		B4-6	531.29 nopqrstu	39.5rstu	1.15pqrs	6.7klmno	6.66cdefghi	5.1hi	6.2fg	1.76 j
		B2-10	435.57 stuvwxyz	35.93uv	1.13rstu	7.1ijklm	6.66cdefghi	5.1hi	6.2fg	1.74 jkl
		B2-11	365.98xyz	37.9stuv	1.25klmnop	7jklm	6.26fghijkl	4.1klm	6.1fg	1.73 jkl
	صحرا Sahra	Control	259.27z	35vw	0.8xy	5.1uvw	5.33nopqrs	3rst	4nop	1z
		B10	432.97 stuvwxyz	35.58v	1.14pqrst	7.5fghij	7bcde	3.1qrs	4.1mno	1.17 wx
		B4-6	387.38 wxyz	44.45klmno	1vw	7.16ijklm	6.13hijkl	3rst	4.3lmn	1.06 xyz
		B2-10	736.32efg	53.31gh	1.57g	6.7lmno	5.86jklmno	4.3k	6.6fg	1.54 o
		B2-11	540.54 mnopqrst	42.93lmnopqr	1.22lmnopqr	6.9lmn	5.7klmno	3.1qrs	4.5jk	1.12 v
	نیمروز Nimruz	Control	376.97 wxyz	41.3nopqrs	1.18nopqrs	4.36yz	4.8rstuv	3.2por	3.5qrs	1z
		B10	574.50klmnop	50.51hi	1.69def	6.03qr	5.73klmno	5.4g	7.2d	1.92i
		B4-6	585.62 jklmnop	56.58efg	1.31jklm	7.06jklm	6.03ijklm	4.3k	6.2fg	1.5op
		B2-10	554.09 mnopqrs	47.71ijk	1.38ij	6.16pqr	5.43mnopqr	3.5no	4.3klm	1.24 u
		B2-11	728.08efghi	58.9def	1.51gh	7.3jklm	6.9bcdef	5.1hi	6.1fg	1.70kml
	جنوب South	Control	334 yz	41.33nopqrs	0.7yz	4.43xyz	4.73stuvw	2.9st	3.2tuv	1 z
		B10	548.08 mnopqrs	40.48opqrs	1.20mnopqr	6.9klmn	5.33nopqrs	5.3gh	7.2d	2.27 d
		B4-6	416.22 tuvwxyz	59.15def	2.13a	7.7defgh	5.9klmno	4.2kl	7.2d	2.01fgh
		B2-10	557.64lmnops	74.66a	1.25klmnopq	7jklm	4.76stuv	3.5no	3.3rstu	1.04 xyz
		B2-11	682.96 fghijkl	43.28lmnopqr	1.40ij	8.83a	6.73cdefgh	3.2por	4.5jkl	1.41 rs

*میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند

*means with different letters in each column are significantly different ($p \leq 0.05$)

ادامه جدول ۳

Continue of Table 3

شوری Salinity	رقم Cultivar	سویه باکتری Bacteria	شاخص بنیه SVI	درصد جوانه‌زنی GP	سرعت جوانه‌زنی GR	طول ریشه‌چه RL (mm)	طول ساقه‌چه PL (mm)	وزن خشک ریشه‌چه RDW (µg)	وزن خشک ساقه‌چه PDW (µg)	شاخص تحمل شوری STI
۶ (dS/m)	کارون Karun	Control	225.11z	42.46mnopqr	1.04tuv	3.5z	2.3z	3.3opq	2.9v	1 z
		B10	610.89 hijklmnop	53.66gh	1.21lmnopqr	4.6wxyz	5.63lmnop	3rst	5.2h	1.75 j
		B4-6	349.47 yz	48.53ij	1.44hi	3.9z	3yz	4.2kl	3.2tu	1.08 vwx
		B2-10	229.48z	50.5hi	1.38ij	3.8z	2.4z	5i	6.2fg	2. 03fg
		B2-11	328.16 yz	59.50de	1.53gh	3.7z	2.4z	4lm	5.2h	1.73 j
	زهک Zehak	Control	228.83z	26.6yz	0.7yz	3.3z	2.9z	3.5no	3.1uv	1 z
		B10	347.67 yz	41.53nopqrs	1.08stuv	5.7rst	4.16vwxy	3.9m	4.3klmn	1.38 s
		B4-6	408.25 uvwxyz	35vw	0.7yz	4.93uvwxy	3.8xyz	4.3k	5.2h	1.67 m
		B2-10	339.62 yz	31.61wx	1.03tuv	5.1uvw	3.83xyz	4lm	6g	1.33t
		B2-11	272.78z	27yz	1vw	4.3 yz	4.4uvwx	4lm	5.2h	1.68 ml
	صحرا Sahra	Control	274.28z	24.85z	0.7yz	4.5 xyz	3z	2.2uv	3.2tu	1 z
		B10	351.26yz	29.86xy	1.01v	5.26tuv	4.6tuvw	3.2por	3.6q	1.10 wx
		B4-6	369.36 wxyz	29.86xy	0.8xy	4.2yz	4.63tuvw	3.1qrs	3.3qrst	1z
		B2-10	336 yz	35.93uv	1.27klmno	5.5stu	4.1wxy	3.7n	6.2e	1.1 yz
		B2-11	353.36 yz	40.01pqrst	1.02uv	5.06uvw	3.76xyz	3.2por	3.2tu	1 z
	نیمروز Nimruz	Control	322.77z	35.93uv	1.02uv	4.3 xyz	3z	2.8t	3.2tuv	1 z
		B10	432.18 stuvwxyz	45.61 jklm	1.45hi	4.8vwxyz	3.7xyz	3.3opq	3.3stu	1.03 yz
		B4-6	433.63 stuvwxyz	36.40tuv	1.04tuv	4.43xyz	3.23yz	2.1v	3.9op	1.23 u
		B2-10	361.20 xyz	44.56klmn	1.27klmn	4.93uvwxy	3.16yz	3.5no	4.2lmn	1z
		B2-11	586.29 jklmnop	52.96gh	1.44hi	5uvwx	5.63lmnop	3.1qrs	4.8i	1.52op
	جنوب South	Control	175.23z	24.5z	0.6z	3.3z	2.9z	2.3u	2.5w	1z
		B10	431.75 stuvwxyz	28.02yz	1.14pqrst	3.6z	3.6xyz	4lm	5.4h	2.13 e
		B4-6	312.70yz	27.41yz	1.23lmnopqr	4yz	2.9z	4.2kl	4.3klm	1.70 klm
		B2-10	236.78z	40.13pqrst	1.15opqrs	4.8vwxyz	3.8xyz	3.2por	3.2tu	1.04 xyz
		B2-11	510.27opqrstuv	24.23z	0.7yz	3.9z	5.03 pqrstu	3.1qrs	3.2tu	1.27 u

*میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند

*means with different letters in each column are significantly different ($p \leq 0.05$)

در مطالعه حاضر، امکان دارد که افزایش بنیه بذر به سطح بالای IAA سنتز شده توسط سودوموناس‌ها مرتبط باشد که موجب ظهور ریشه‌چه در حال رشد شده است. همچنین، به نظر می‌رسد که تولید ACC دآمیناز توسط سویه‌های سودوموناس در این پژوهش در تحمل به شوری و افزایش صفات مرتبط با جوانه‌زنی در ارقام جو نقش داشته باشد. در تحقیقی مشخص شده است که سویه *P. fluorescens* TDK1 با دارا بودن فعالیت ACC دآمیناز، به طور قابل توجهی شاخص بنیه و عملکرد بادام‌زمینی را تحت تنش شوری افزایش داد (Saravanakumar and Samiyappan, 2007).

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه: نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شوری در باکتری در رقم نشان داد که به طور کلی با افزایش سطح شوری، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در ارقام جو کاهش یافت ولی کاربرد باکتری‌ها موجب افزایش این صفات نسبت به شاهد تیمار نشده با باکتری گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری در باکتری در رقم نشان داد که پیش‌تیمار بذور رقم کارون با سویه B2-10، رقم زهک با B10 و ارقام کارون، نیمروز و جنوب با B2-11 در سطح نرمال دارای بیشترین تأثیر بر طول ریشه‌چه بود (۲۷-۳۲ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) (جدول ۳). همچنین، پیش‌تیمار رقم جنوب با سویه B2-11 در شوری ۳ ds/m موجب ۹۹ درصد افزایش در طول ریشه‌چه گردید (جدول ۳). گلیک و همکاران (Glick *et al.*, 1997) نیز نشان دادند کاربرد سویه‌های سودوموناس فلورسنت سبب افزایش طول ریشه در کلزا،

کاهو و گوجه فرنگی تحت تنش شوری می‌شود. بال و همکاران (Bal *et al*., 2013) نیز گزارش کردند که باکتری‌های افزایش دهنده رشد گیاه با توان تولید ACC دآمیناز تاثیر قابل توجهی بر افزایش شاخص‌های رشدی گیاه برنج نظیر طول ریشه و ساقه و محتوای کلروفیل گیاهچه تحت تنش شوری داشتند.

نتایج همچنین نشان داد که پیش‌تیمار ارقام کارون، صحرا و زهک با سویه B10 در شرایط نرمال بیشترین تاثیر را بر طول ساقه‌چه نسبت به شاهد تحت شرایط بدون تنش داشت و به ترتیب موجب ۶۶، ۱۷ و ۱۶ درصد افزایش در این صفت گردید. پیش‌تیمار رقم نیمروز با سویه B4-6 در شرایط نرمال نیز با ۴۳ درصد افزایش در طول ساقه‌چه تاثیر بالایی بر افزایش این صفت نسبت به شاهد تیمار نشده داشت (جدول ۳). پاتن و گلیک (Patten and Glick, 2002) نیز نشان دادند که تیمار بذور کلزا با باکتری *P. putida* GR12-2 با توانایی تولید اکسین باعث سه برابر شدن طول گیاهچه می‌شود. IAA تولید شده توسط باکتری توسط بذر جذب شده و باعث تحریک رشد سلول‌های گیاه و طویل شدن آنها می‌گردد (Glick *et al*., 1994). بلیموف و همکاران (Belimov *et al*., 2002) نیز اظهار داشتند که تحت تنش شوری، مایه‌زنی گیاهان با ریزوباکتری‌های مولد ACC دآمیناز منجر به رشد بیشتر ریشه شده و رشد بهتر بخش‌های هوایی گیاه را در پی دارد.

وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه: نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شوری در باکتری در رقم نشان داد که با افزایش سطح شوری، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در ارقام جو کاهش یافت ولی پیش‌تیمار بذور با باکتری‌ها این صفات را نسبت به شاهد تیمار نشده افزایش داد (جدول ۳). بیشترین میزان وزن خشک ریشه‌چه مربوط به پیش‌تیمار رقم صحرا با سویه B4-6 و رقم کارون با سویه B2-10 (با به ترتیب ۲۰۳ و ۲۰۰ درصد افزایش نسبت به شاهد) که در شرایط بدون تنش مشاهده گردید (جدول ۳). از طرف دیگر، پیش‌تیمار ارقام زهک با سویه B2-10 (با ۱۴۲ درصد افزایش) و جنوب با B10 (با ۱۶۰ درصد افزایش) در شرایط نرمال موجب بیشترین وزن خشک ساقه‌چه گردید (جدول ۳). بال و همکاران (Bal *et al*., 2013) نیز گزارش نمودند که باکتری‌های مولد IAA، ACC دآمیناز و سیدروفور موجب افزایش قابل توجه وزن تر و خشک گیاهچه‌های برنج تحت تنش شوری شدند. بالاتر بودن وزن خشک به معنای وجود ریشه‌ها و بخش‌های هوایی بلندتر و قویتر است که در نتیجه گیاه را قادر می‌سازد تا با تنش‌های محیطی بهتر مقابله نماید (Mayak *et al*., 2004). افزایش وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه در گیاهچه‌های جو در پژوهش حاضر می تواند به دلیل رشد بخش‌های مختلف جنین ناشی از تولید هورمون اسید اندول استیک توسط باکتری‌ها باشد. بیوسنتز هورمون‌های گیاهی علت اصلی اثرات PGPRها در مراحل اولیه رشد است که می‌تواند افزایش جذب آب و مواد معدنی و سپس رشد گیاهان را در پی داشته باشد (Bashan *et al*., 2004). در مطالعه حاضر مشاهده شد که تلقیح گیاه با سویه‌های سودوموناس مولد سیدروفور، اسید اندول استیک و ACC دآمیناز منجر به افزایش وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه در گیاهچه‌های جو گردید که این نتیجه با یافته‌های سایر محققین مطابقت دارد. مایه‌زنی گیاهان با باکتری‌های محرک رشد گیاه که قادر به تولید ACC دآمیناز و سیدروفور هستند به گیاه کمک می‌نماید تا با بسیاری موانع ایجاد شده توسط تنش‌های محیطی مقابله نماید (Dimkpa *et al*. 2009; Bal *et al*., 2013). بال و همکاران (Bal *et al*., 2013) تاثیر سویه‌های PGPR مولد ACC دآمیناز و IAA را بر رشد گیاهچه‌های برنج مورد بررسی قرار داده و مشخص نمودند که سویه SB1.ACC2 موجب افزایش وزن خشک ریشه و سویه SB2.ACC1 موجب افزایش وزن خشک بخش‌های هوایی شدند. حدس زده می‌شودکه تأثیر PGPRs در مراحل اولیه رشد گیاه با تولید اسید اندول استیک در ارتباط باشد (Bashan *et a*l., 2004). بنظر می‌رسد که ACC دآمیناز و IAA می توانند به طور هماهنگ باعث تحریک رشد ریشه‌های گیاه شوند (Li and Glick, 2001).

شاخص مقاومت به شوری: مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری در باکتری در رقم نیز نشان داد که پیش‌تیمار بذور با باکتری‌ها در سطوح مختلف شوری موجب افزایش این صفت نسبت به شاهد تیمار نشده با باکتری‌ها گردید). پیش‌تیمار رقم کارون با سویه B2-10 و رقم جنوب با سویه B10 در شرایط نرمال (با به ترتیب ۱۶۹ و ۱۵۷ درصد افزایش) موجب بیشترین افزایش در شاخص تحمل به شوری نسبت به شاهد تیمار نشده با باکتری گردید (جدول ۳).

تحمل به شوری در گیاهان پس از کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Kang *et al*., 2014). در مطالعه حاضر، افزایش STI در گیاهچه‌های تیمار شده با باکتری‌ها را می‌توان به اثر افزایش‌دهندگی رشد گیاه توسط این سویه‌های متحمل به شوری و نیز تولید ACC دآمیناز توسط آنها نسبت داد. یافته‌های سایر محققین نیز حاکی از آن است که باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاهان با توان تولید ACC دآمیناز موجب افزایش شاخص تحمل به شوری در کلزا و گوجه‌فرنگی می‌گردند (Mayak *et al*., 2004; Tank and Saraf, 2010). پوربابایی و همکاران (Pourbabaee *et al*., 2016) نیز تاثیر سویه K78 باکتری *Bacillus mojavensis*، متحمل به شوری و مولد ACC دآمیناز، را بر رشد گیاهچه های گندم تحت تنش شوری مورد بررسی قرار داده و دریافتند که باکتری موجب افزایش وزن تر و خشک، محتوای کلروفیل و شاخص تحمل به شوری گیاهان گندم نسبت به شاهد گردید. سطوح بالای اتیلن ناشی از تنش، در گیاهان تحت تنش شوری به‌واسطه تولید ACC دآمیناز توسط باکتری‌های محرک رشد کاهش می‌یابد (Mayak *et al*., 2004). در پژوهش حاضر نیز بنظر می‌رسد تاثیر مثبت سویه‌های باکتری مورد استفاده بر افزایش شاخص تحمل نسبت به شوری با خصوصیات افزایش‌دهندگی رشد در سویه‌ها و نیز تولید ACC دآمیناز توسط آنها در ارتباط باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که پیش‌تیمار بذور جو با سویه‌های سودوموناس با توان تولید ACC دآمیناز، موجب افزایش شاخص‌های رشدی، جوانه‌زنی گیاهچه-های جو و افزایش تحمل آنها به تنش شوری گردید. در مطالعه حاضر بذور ارقام جو مورد استفاده از کیفیت بالایی برخوردار نبوده و درصد جوانه‌زنی آنها بسیار کمتر از میزان استاندارد بود که این مساله ممکن است در اثر عواملی از جمله عدم خلوص ژنتیکی، عدم رسیدگی بذر در زمان برداشت، عوامل نامساعد محیطی، وجود صدمات مکانیکی در بذور، پایین بودن ذخایر بذر و نیز حضور بیمارگرهای گیاهی حادث شده باشد. با اینحال، پیش‌تیمار بذرها با باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش قابل ملاحظه درصد جوانه‌زنی در شرایط بدون تنش و تحت تنش شوری گردید. تولید ACC دآمیناز توسط این باکتری‌ها و در نتیجه کاهش تنش شوری در گیاهچه‌های جو از یک طرف و وجود انواع خصوصیات افزایش‌دهندگی رشد گیاه در این باکتری‌ها، می تواند دلیل احتمالی افزایش جوانه‌زنی و رشد و تحمل به شوری در گیاهچه‌های جو باشد. بنابراین از سویه‌های مورد استفاده در این پژوهش می‌توان برای افزایش رشد و کاهش اثرات منفی تنش شوری در گیاهان جو استفاده نمود. با اینحال، مطالعات بعدی در مورد تأثیر این سویه‌ها بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه جو تحت تنش شوری در محیط خاک، برای کاهش اثرات تنش شوری و افزایش رشد گیاهان ضروری به نظر می‌رسد.

Reference منابع

Akhgar, A. R., M. Arzanlou, P. A. H. M. Bakker, and M. Hamidpour. 2014. Characterization of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase containing Pseudomonas spp. in the rhizosphere of salt-stressed canola. Pedosphere 24(4): 461-468.

Anitha, G., and B. S. Kumudini. 2014. Isolation and characterization of fluorescent pseudomonads and their effect on plant growth promotion. J. Environ. Biol. 35: 627-634.

Azadikhah, M., F. Jamali, H. R. Nooryazdan, and F. Bayat. 2017. Screening *Pseudomonas fluorescens* strains for plant growth promoting properties and salinity tolerance. Biol. J. Microorganism. 21: 95-107.

Bajji, M., J. M. Kinet, and S. Lutts. 2002. Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth, and ion content of *Atriplex halimus* (Chenopodiaceae). Can. J. Bot. 80: 297-304.

Bal, H. B., L. Nayak, S. Das, and T. K. Adhya. 2013. Isolation of ACC deaminase producing PGPR from rice rhizosphere and evaluating their plant growth promoting activity under salt stress. Plant Soil 366:93-105.

Bashan, Y., G. Holguin, and L. E. D. Bashan. 2004. *Azospirillum*–plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997–2003). Can. J. Microbiol. 50:521–577.

Belimov, A. A., V. I. Safronova, and T. Mimura. 2002. Response of spring rape (*Brassica napus* var. *Oleifera* L.) to inoculation with plant growth promoting rhizobacteria containing 1- aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase depends on nutrient status of the plant. Can. J. Microbiol. 48:189–199

Bharathi R., R. Vivekananthan, S. Harish, A. Ramanathan, and R. Samiyappan. 2004. Rhizobacteria-based bio-formulations for the management of fruit rot infection in chillies. Crop Prot. 23:835–843.

Dell'Amico, E., L. Cavalca, and V. Andreoni. 2005. Analysis of rhizobacterial communities in perennial Graminaceae from polluted water meadow soil, and screening of metal-resistant, potentially plant growth-promoting bacteria. FEMS Microbiol. Ecol. 2: 153-162.

Dimkpa C., T. Weinan, and F. Asch. 2009. Plant–rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. Plant Cell Environ. 32:1682–1694

Egamberdieva, 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.

Egamberdieva, D. 2009. Alleviation of salt stress by plant growth regulators and IAA producing bacteria in wheat. Acta Physiol. Plant. 31:861-864.

Glick, B. R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Can. J. Microbiol. 41: 109–117.

Glick, B. R., C. Liu, S. Ghosh, and E. B. Dumbroff. 1997. Early development of canola seedlings in the presence of the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2. Soil Biol. Biochem. 29: 1233-1239.

Glick, B. R., C. B. Jacobson, M.M.K. Schwarze, and J. J. Pasternak. 1994. 1- Aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase mutants of the plant growth promotingrhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12–2 do not stimulate canola root elongation. Can. J. Microbiol. 40: 911–915.

Glick, B. R., D. M. Penrose, and M. A. Wenbo. 2001. Bacterial promotion of plant growth. Biotechnol. Adv. 19: 135-138.

Glick B. R., Z. Cheng, J. Czarny, and J. Duan. 2007. Promotion of plant growth by ACC deaminase-containing soil bacteria. Eur. J. Plant Pathol. 119:329–339

Haas, D. and G. Défago. 2005. Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. Nat. Rev. Microbiol. 3(4):307-319.

Han, H. S., and K. D. Lee. 2005. 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.

Hontzeas, N., S. S. Saleh, and B. R. Glick. 2004. Changes in gene expression of canola roots induced by ACC-deaminase containing plant growth promoting bacteria. Mol. Plant Microbe Interact. 17(8):865-871.

ISTA. 2010. International rules for seed testing. Supplement to Seed Science and Technology. 21: 1-288.

Jamil, M., D. B. Lee, K.Y. Jung, M. Ashraf, S. C. Lee, and E. S. Rhal. 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables species. J. Cent. Eur. Agric. 7:273–282.

Kang, S. M., A. L. Khan, M. Waqas, Y. H. You, J. H Kim, J. G. Kim, M. Hamayun, and I. J. Lee. 2014. Plant growth-promoting rhizobacteria reduce adverse effects of salinity and osmotic stress by regulating phytohormones and antioxidants in *Cucumis sativus*. J. Plant Interact. 9(1):673-682.

Kim, S. K., T. K. Son, S.Y. Park, I. J. Lee, B. H. Lee, H. Y. Kim, and S. C. Lee. 2006. Influences of gibberellin and auxin on endogenous plant hormone and starch mobilization during rice seed germination under salt stress. J. Environ. Biol. 27:181–186

Li, J. and B. R. Glick. 2001. Transcriptional regulation of the *Enterobacter cloacae* UW4 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase gene (*acdS*). Can. J. Microbiol. 47: 359–367.

Lucy, M., E. Reed, B. R. Glick. 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. A Van Leeuw. J. Microb. 86:1–25

Lugtenberg, B. J. J., T. F. C. Chin-A-Woeng, and G. V. Bloemberg. 2002. Microbe- plant interactons: principles and mechanisms. A Van Leeuw. J. Microb. 81: 373–383.

Mangmang, A. J. S., R. Deaker, and G. Rogers. 2016. Germination Characteristics of Cucumber Influenced by Plant Growth-promoting Rhizobacteria, Int. J. of Veg. Sci. 22:1, 66-75.

Mayak, S., T. Tirosh, B. R. Glick. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. Plant Physiol. Biochem. 42:565–572

Mohsen Nasab, F., Sharifi Zadeh, M., and Siadat, Ata Allah. 1389. Effect of seed deterioration on seedling establishment, yield and part yield of different wheat cultivars in Khuzestan condition. Crop physiol. 7: 59-71.

Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. New phytol. 167(3): 645-663.

Munns, R., and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol. 59: 651-681.

Nakbanpote, W., N. Panitlurtumpai, A. Sangdee, N. Sakulpone, P. Sirisom, and A. Pimthong. 2014. Salt-tolerant and plant growth-promoting bacteria isolated from Zn/Cd contaminated soil: identification and effect on rice under saline conditions. J. Plant Interact. 9: 379-378.

Nishma, K. S., B. Adrisyanti, S. H. Anusha, P. Rupali, K. Sneha, N. S. Jayamohan and B. S. Kumudini. 2014. Induced growth promotion under *in vitro* salt stress tolerance on *solanum lycopersicum* by fluorescent pseudomonads associated with rhizosphere. Int. J. App. Sci. Eng. Res. 3(2):422-430.

Orchard, T. 1977. Estimating the parameters of plant seedling emergence. Seed Sci. Technol. 5: 61-69.

Patten, C. L. and B. R. Glick. 2002. Role of *Pseudomonas putida* indole acetic acid in development of the host plant root system. Appl. Environ. Microbiol. 68: 3795–3801.

Pourbabaee, A. A., E. Bahmani, H. A. Alikhani, and S. Emami. 2016. Promotion of wheat growth under salt stress by halotolerant bacteria containing ACC deaminase. J. Agric. Sci. Tech. 18: 855-864.

Raaijmakers, J. M, T.C. Paulitz, C. Steinberg, C. Alabouvette, and T. Moënne-Loccoz. 2009. The rhizosphere: a playground and battlefield for soil-borne pathogens and beneficial microorganisms. Plant Soil 321:341-361

Rauf, M., M. Munir, M. Ul Hassan, M. Ahmad and M. Afzal. 2007. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. Afr. J. Biotechnol. 6:971-975.

Saravanakumar, D., and R. Samiyappan. 2007. ACC deaminase from *Pseudomonas fluorescens* mediated saline resistance in groundnut (*Arachis hypogea*) plants. J. Appl. Microbiol. 102: 1283–1292.

Sopha, V. T., E. Savage, A. O. Anacle and C. A. Beyl. 1991. Vertical differences of wheat and triticale to water stress. J. Agron. Crop Sci. 167: 23-28.

Taiz, L., and E. Zeiger. 2010. Plant physiology. 5th ed. Sinauer Associates Inc., Publishers Sunderland, Mass. USA.

Tank, N., and M. Saraf. 2010. Salinity-resistant plant growth promoting rhizobacteria ameliorates sodium chloride stress on tomato plants. J. Plant Interact. 5: 51-58.

Zahir, Z. A, A. Munir, H. N. Asghar, B. Shaharoona, and M. Arshad. 2008. Effectiveness of rhizobacteria containing ACC deaminase for growth promotion of peas (*Pisum sativum*) under drought conditions. J. Microbiol. Biotechnol. 18(5):958-963.