"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد هشتم، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۸
(ص ۱۴۰-۱۲۷)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 8, No.: 2, Autumn and Winter 2020
(pp: 127-140)
DOI: 10.22034/ijsst.2018.122005.1204
Research Article

تأثیر تنش شوری و تلقیح بذر با کودهای زیستی بر مولفه‌های جوانه‌زنی، محتوای سدیم و پتاسیم گیاهچه چاودار (*Secale cereale* L.)

لیلا مرادی[1]، رئوف سید شریفی[2*]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی
۲. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۱)

چکیده

به‌منظور بررسی تاثیر باکتری‌های محرک رشد و تنش شوری بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و محتوای سدیم و پتاسیم چاودار، دو آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و بلوک های کامل تصادفی در آزمایشگاه و گلخانه‌ی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل شوری در چهار سطح (عدم اعمال شوری به عنوان شاهد و شوری ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی مولار) با نمک NaCl و تلقیح بذر با باکتری های محرک رشد در چهار سطح (عدم تلقیح بذر به عنوان شاهد، تلقیح بذر با سودموناس، آزوسپریلیوم و کاربرد توام سودموناس و آزوسپریلیوم) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان مولفه‌های جوانه‌زنی (همچون طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، درصد و یکنواختی جوانه‌زنی) در کاربرد توام سودموناس و آزوسپریلیوم و عدم اعمال شوری و کم‌ترین آن‌ها در شوری ۷۵ میلی‌مولار و عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بدست آمد. با افزایش شوری خاک، نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه و اندام‌های هوایی کاهش یافت و این حالت در تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی روند معکوسی داشت. حداکثر نسبت سدیم به پتاسیم در بالاترین سطح شوری و در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و کمترین آن در پایین‌ترین سطح شوری و تلقیح بذر با ازوسپریلوم و سودوموناس بدست آمد. به نظر می‌رسد کاربرد باکتری‌های محرک رشد می‌تواند به عنوان یک روش مناسب برای افزایش نسبت پتاسیم به سدیم، بهبود مولفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه چاودار، تحت شرایط شوری باشد.

واژگان کلیدی: آزوسپریلیوم، درصد جوانه‌زنی، کودهای زیستی، کلرید سدیم.

Effects of salinity stress and seed inoculation with bio fertilizers on germination parameters, K and Na content of rye (*Secale cereal* L.) seedling

Leila Moradi [1], Raouf Seyed Sharifi[2]

1. MSc student, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
(Received: May. 23, 2018 – Accepted: Oct. 03, 2018)

Abstract

In order to study the effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and salinity stress on seed germination parameters, K and Na content of rye (*Secale cereal* L.) seedling, two factorial experiments based on CRD and RCB design were conducted with three replications at laboratory and greenhouse respectively at faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabil in 2016. Experimental factors were included soil salinity in four levels (no-salt as control, salinity 25, 50 and 75 mM as NaCl) and seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria in four levels (no inoculation as control, inoculation with Pseudomonas, Azosprilium, both application of Pseudomonas and Azosprilium). The results showed that maximum germination components (such as ridicule and plumule length, radicule and plumule dry weight, germination percentage, uniformity of germination) were obtained at co-application of Pseudomonas and Azosprilium under non-saline condition and minimum of these parameters were obtained at 75 Mm NaCl and no inoculation. K/Na ratio in root and shoot were decreased with increasing salinity level. It was vise versa in seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. Maximum ratio of Na/K was obtained at the highest level salinity and no inoculation seed with PGPR and minimum of it was obtained in both inoculation with Pseudomonas and Azosprilium and the least level of salinity. It seems that application of PGPR can be used as a proper method for increasing K /Na ratio, germination components and seedling growth of rye under salinity stress.

Keywords: Azosprilium, Bio fertilizers, Germination percentage, NaCl, Salinity stress.

* Email: raouf_ssharifi@yahoo.com

مقدمه

شوری یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که در بیشتر موارد در اثر غلظت بیش از حد یون های سدیم و کلر با ایجاد تنش اسمزی و کاهش جذب آب و عناصر غذایی (Sairam *et al*., 2002) و افزایش سطح هورمون اتیلن در گیاه، موجب کاهش رشد و استقرار گیاه می‌شود (Mayak *et al*., 2004). جوانه‌زنی از مهمترین مراحل رشدی گیاه است که تضمین کننده‌ی دوام و استقرار گیاهان زراعی و از عوامل موثر در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح است (Windaure *et al*., 2007). یکی از مهمترین مشکلات اساسی در مناطقی که گیاهان با تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی و شوری مواجه هستند تاخیر در جوانه‌زنی و استقرار نامناسب گیاهچه‌ها است (Mayer and Pendleton, 2000). در چنین مناطقی محدودیت دسترسی به آب منجر به کاهش تجزیه مواد ذخیره‌ای بذر و اختلال در سنتز پروتئین‌های ذخیره‌ای و در نهایت کاهش جوانه‌زنی بذر می‌شود (Voigt *et al*., 2009). لینچ و لوچلی (Lynch and Lauchli., 1988) اظهار داشتند که سمیت ناشی از یون‌های سدیم و کلر در شرایط تنش شوری، نقش مهمی در کاهش شاخص‌های جوانه بذور دارند. بدیهی است که جوانه‌زنی ضعیف و کاهش رشد گیاهچه می‌تواند به استقرار ضعیف و گاهی نابودی محصول منجر شود (El-Keblawy and Al-Rawai, 2005). به منظور کاهش و یا تعدیل اثرات تنش شوری، راهکارهای متعددی توسط محققان مختلف ارائه شده است. یکی از راه‌های مناسب، کاربرد کودهای زیستی مانند باکتری های محرک رشد است (Kheirizadeh Arough *et al*., 2016). در این راستا ویو و همکاران (Wu *et al*., 2005) اظهار داشتند که کاربرد کودهای زیستی نه تنها مقاومت گیاه را در برابر تنش‌های مختلف محیطی افزایش می‌دهند، بلکه میکروارگانیسم‌های از بین رفته خاک را نیز جبران می‌کنند (Gilick *et al*., 2001). این باکتری‌ها قادرند با افزایش در سرعت جوانه‌زنی، افزایش طول و وزن ریشه‌چه (Khan *et al*., 2001)، تسریع در طویل شدن ریشه‌چه و استقرار گیاهچه، افزایش تعداد ریشه‌های جنینی و جانبی (Cakmakci *et al*., 2007)، منجر به افزایش کمی و کیفی گیاهان مختلف شوند (Dobbelaere *et al*., 2003). آزمایش انجام گرفته بر روی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت نشان داد که این باکتری ها قادر به افزایش جوانه‌زنی و بهبود رشد گیاهچه ذرت می‌باشند (Gholami *et al*., 2009). افزایش عملکرد و سرعت جوانه‌زنی توسط این باکتری ها در گیاهان مهمی همچون جو (Cakmakci *et al*, 2001)، گندم (Cakmakci *et al*., 2007)، ذرت (Pal, 1998) نیز طی بررسی‌های مختلفی گزارش شده است. چاکماکسی و همکاران (Cakmakci *et al*., 2007) نشان دادند که تلقیح بذر جو با باکتری های محرک رشد، موجب افزایش طول و وزن ریشه‌های جو شد. آنان افزایش وزن ریشه‌ی جو در واکنش به تلقیح با برخی باکتری ها را در مقایسه با تیمار شاهد، بیش از ۳۲ درصد و وزن اندام های هوایی بواسطه تلقیح با باکتری ها را ۲۸/۸ تا ۴۵/۲ درصد بسته به نوع باکتری گزارش نمودند. افزایش وزن تر و خشک گیاهچه ذرت در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های جنس آزوسپریلوم و سودوموناس توسط محققان گزارش شده است (Kapulnik *et al*.,1982; Hernandez *et al*., 1995) برخی بررسی‌ها نشان داده است که باکتری های جنس آزوسپریلوم، سودوموناس و آزتوباکتر بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت از تاثیر مثبت و معنی‌داری برخوردارند (Shaukat *et al*., 2006). در یک مطالعه بر روی کلزا مشخص شد که گونه‌های سودوموناس پوتیدا[1] و سودوموناس فلورسنس[2] منجر به افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شوند (Glick, 1998).

در شرایط شوری افزایش غلظت یون‌های سدیم در محیط ریشه می‌تواند به دلیل فراوانی یون‌های سدیم باشد و غلظت بیشتر سدیم نسبت به پتاسیم در محیط‌های شور و

[1] *Pseudomonas putida*
[2] *Pseudomonas fluorescens*

رقابت این یون با پتاسیم در فرایند جذب موجب کاهش جذب پتاسیم و یا افزایش غلظت سدیم می‌شود ولی باکتری های محرک رشد می‌توانند از طریق تغییر در انتخاب پذیری یون‌های سدیم و پتاسیم جهت جذب توسط گیاه و در نتیجه محدود نمودن جذب سدیم موجب افزایش جذب پتاسیم شوند. اشرف و همکاران (Ashraf *et al*., 2004) گزارش کردند که افزایش جمعیت باکتری های مولد پلی ساکاریدهای برون سلولی در منطقه ریشه مقدار سدیم قابل دسترس برای جذب گیاه را کاهش و در نتیجه موجب افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری می‌شوند. کارلیداگ و همکاران (Karlidag *et al*., 2011) اظهار داشتند که در شرایط شوری باکتری‌های محرک رشد از طریق محدود نمودن جذب کلر موجب بهبود رشد گیاه می‌شوند. باست و همکاران (Baset *et al*., 2010) گزارش کردند که باکتری‌های محرک رشد از طریق افزایش تارهای کشنده و در نتیجه افزایش سطح ریشه‌ای می‌توانند موجب افزایش وزن ریشه شوند. باشان و همکاران (Bashan *et al*., 1989) گزارش کردند باکتری های متصل به ریشه‌ها در شرایط شوری، غلظت سدیم را در اندام هوایی گیاه محدود نموده و با نگه داشتن سطح پایین اتیلن تنشی از طریق فعالیت ACC دی‌آمیناز، رشد گیاه را تسریع می‌کنند. اصغری شهری و همکاران (AraghiShahri *et al*., 2015) در بررسی واکنش رشدی دو رقم چاودار به پرایمینگ بذر تحت تنش شوری اظهار داشتند که هالوپرایمینگ بذر در *S. ceremont* در مقایسه با *S. cereale* تا حدود زیادی می‌تواند برای افزایش کارایی چاودار در مناطق شور مفید باشد.

شوری از مشکلات اساسی در کاهش رشد و استقرار گیاه در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک کشور است. در این راستا استفاده از باکتری‌های محرک رشد به دلیل نقش این باکتری‌ها در کاهش یا تعدیل اثرات ناشی از شوری، از جمله عواملی بودند که موجب شد تا تاثیر تلقیح بذر با سویه‌های خالص سودوموناس و آزوسپریلوم در مقایسه با شاهد (عدم تلقیح) بر مولفه‌های جوانه‌زنی، مقادیر سدیم و پتاسیم در ریشه و اندام‌های هوایی چاودار مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر باکتری های محرک رشد و تنش شوری بر مولفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه چاودار، دو آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و بلوک‌های کامل تصادفی به ترتیب در دو بخش آزمایشگاه و گلخانه پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل شوری خاک در چهار سطح (عدم اعمال شوری به عنوان شاهد و اعمال شوری ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار) با استفاده از نمک NaCl و تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک در چهار سطح (عدم تلقیح بذر با باکتری به عنوان شاهد، تلقیح بذر با باکتری های سودوموناس پوتیدا سویه۱۸۶، آزوسپیریلیوم لیپوفروم سویه OF، تلقیح توام با سودوموناس و آزوسپیریلیوم) بود. سطوح شوری به استناد بررسی‌های انجام شده توسط خیری‌زاده و همکاران (Kheirizadeh Arough *et al*., 2016) در تریتیکاله انتخاب شدند. این باکتری ها بومی خاک‌های کشور بوده و مایه تلقیح آنها از بخش تحقیقات بیولوژی موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. برای تلقیح بذر از سویه‌ی خالص باکتری ها استفاده شد که هرگرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود. همچنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد. بذر چاودار رقم مونتانا از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی اردبیل تهیه شد. بعد از قرارگیری کاغذ صافی در کف هر پتری دیش، ۲۰ عدد بذر سالم تلقیح شده با باکتری های فوق در هر پتری دیش قرار داده شد. کاغذ صافی دیگری با همان ابعاد روی بذرها قرار داده شد. شمارش بذرهای جوانه‌زده در فواصل زمانی کمتر از ۲۴ ساعت انجام می‌گرفت. هنگام شمارش، بذرهایی جوانه‌زده تلقی می‌شدند که طول ریشه‌چه آنها حداقل دو میلی متر بود.

شمارش تازمانی ادامه یافت که برای مدت سه روز متوالی تعداد بذرهای جوانه زده در هرنمونه ثابت بماند. در طول آزمایش هدایت الکتریکی در داخل هر پتری دیش در صورت نیاز از طریق اضافه نمودن آب مقطر حفظ شد. برای ارزیابی اجزای جوانه‌زنی، منحنی پیشرفت درصد جوانه‌زنی تجمعی در مقابل زمان از کاشت بذرها (برحسب ساعت) ترسیم شد و سپس از این منحنی ها، زمان از کاشت بذر تا رسیدن به ۱۰ درصد جوانه‌زنی (D_{10})، ۵۰ درصدجوانه‌زنی (D_{50}) و ۹۰ درصدجوانه‌زنی (D_{90}) محاسبه شدند و حداکثر جوانه‌زنی با استفاده از روش درون یابی خطی محاسبه شدند. محاسبه اجزای مذکور با استفاده از برنامه Germin انجام شد (Soltai *et al.*, 2001). سرعت جوانه‌زنی به صورت عکس زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (D_{50}) و یکنواختی جوانه‌زنی بصورت تفاضل زمان رسیدن از ۱۰ درصد جوانه‌زنی (D_{10}) به ۹۰ درصد جوانه‌زنی (D_{90}) محاسبه شدند. در یکنواختی جوانه‌زنی هر چه عدد بدست آمده کمتر باشد نشان دهنده‌ی یکنواختی بیشتر است (Soltai *et al.*, 2001). بنابراین مدت زمان تا شروع جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بصورت زیر تعیین شدند:

D_{10}= زمان تا شروع جوانه‌زنی (ساعت)

D_{10}-D_{90}= یکنواختی جوانه‌زنی (ساعت)

$1/D_{50}$= سرعت جوانه‌زنی (در ساعت)

به منظور ارزیابی اثر فاکتورهای مورد بررسی بر مقادیر سدیم و پتاسیم ریشه و اندام‌های هوایی ۲۸ بذر چاودار در هرگلدان به قطر ۳۰ سانتی‌متر برای اعمال تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع، کشت شد. اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد. در طول دوره رشد، گلدان‌ها در دمای ۲۰ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای تلقیح بذرها از مایه‌ی تلقیحی که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود استفاده شد. هم‌چنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد. برای اعمال تنش شوری در شرایط گلخانه‌ای در هر گلدان از نرم افزار Saltcalc مقدار نمک مورد نیاز برای هر گلدان محاسبه و اعمال شد. در این نرم‌افزار به اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک و درصد عصاره اشباع خاک نیاز است که با وارد نمودن داده‌های حاصل از اندازه‌گیری این دو پارامتر، مقدار گرم نمک لازم بر حسب میلی‌گرم در هر گرم خاک محاسبه می‌شود. میزان نمک مورد نیاز برای هر سطح شوری در آب حل شد و در دو مرحله از مراحل رشدی (۱/۲ همزمان با کاشت و ۱/۲در مرحله ۳-۴ برگی) به هر گلدان با استفاده از آب آبیاری اضافه شد. برای حفظ شوری در طول دوره رشد در زیر هر گلدان یک زیر گلدانی قرار داده شد تا بعد از هر سه تا چهار نوبت آبیاری نمک‌های احتمالی وارد شده به زیر گلدانی دوباره در آب حل شده و به داخل هر گلدان برگشت داده شود. مقادیر سدیم و پتاسیم در ریشه و در اندام‌هوایی بر روی برگ پرچم با استفاده از روش فلیم فتومتری (Flame photometer Model 410) تعیین شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار $SAS_{6.12}$ و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تاثیر شوری و تلقیح بذر با باکتری های محرک رشد بر مولفه‌های جوانه‌زنی در آزمایشگاه در جدول یک، و بر مقادیر سدیم و پتاسیم ریشه، سدیم و پتاسیم اندام هوایی، نسبت سدیم ریشه به اندام هوایی، نسبت پتاسیم ریشه به اندام هوایی در جدول پنج آورده شده است.

درصد و سرعت جوانه‌زنی

معنی‌دار شدن درصد جوانه‌زنی تحت تاثیر فاکتورهای مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد (جدول ۱) و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تلقیح بذر با آزوسپریلیوم و سودوموناس، درصد جوانه‌زنی را به طور معنی‌داری در مقایسه با عدم تلقیح افزایش داد (جدول ۳). به طوری که

درصد جوانه‌زنی از ۷۱/۲ درصد در سطح شاهد به ترتیب به ۷۵/۷، ۸۳ و ۹۰/۱ درصد در تلقیح بذر با سودوموناس، آزوسپریلیوم، تلقیح توام بذر با آزوسپریلیوم و سودوموناس رسید (جدول ۳). شائوکت و همکاران (Shaukat *et al*., 2006) گزارش کردند که آزوسپریلیوم، سودوموناس و ازتوباکتر بر روی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت از تاثیر مثبت و معنی‌داری برخوردار بودند. نتایج مشابهی نیز توسط غلامی و همکاران (Gholami *et al*., 2009) مبنی بر بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت به واسطه تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گزارش شده است. با افزایش شوری درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. طوری که درصد جوانه‌زنی از ۸۹/۲۷ درصد در سطح شاهد یا عدم اعمال شوری به ۶۸ درصد در بالاترین سطح شوری رسید (جدول۲). آب یکی از عوامل اصلی فعال‌کننده جوانه‌زنی است و کمبود آن ازمهم‌ترین عامل بازدارنده بذرجهت جوانه‌زنی درشرایط مزرعه می‌باشد. در شرایط تنش سرعت و درصد جوانه‌زنی به واسطه‌ی عدم دسترسی به آب کاهش داده شده و یا متوقف می‌شود (Sadeghian and Yavari, 2008) و همین امر در نهایت منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه در مزرعه می‌شود (Prisco *et al*., 1992).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سرعت جوانه‌زنی در تلقیح با باکتری‌های محرک رشد افزایش و در سطح شاهد کمترین مقدار را داشت (جدول۲). در بین تیمارهای مختلف، حداکثر سرعت جوانه‌زنی مربوط به تلقیح توام بذر با سودوموناس و آزوسپریلیوم (با ۰/۰۱۴۵ در ساعت) و حداقل آن مربوط به تیمار شاهد (۰/۰۰۸۳ در ساعت) بود (جدول ۳). افزایش سرعت جوانه‌زنی و عملکرد توسط این باکتری‌ها در گیاهان مهمی همچون جو (Cakmakci *et al*., 2007)، گندم (Cakmakci *et al*., 2007) و ذرت (Pal, 1998) نیز گزارش شده است.

جدول۱ - تجزیه واریانس تاثیر شوری خاک و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بر مولفه‌های جوانه‌زنی بذر چاودار

Table 1- Analysis of variance the effects of soil salinity and seed inoculation by bio fertilizers on germination parameters of seed rye (*Secale cereal* L.)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S						
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه زنی Speed of germination	یکنواختی جوانه زنی Uniformity of germination	طول ریشه‌چه Radicule length	طول ساقه‌چه Plumule length	وزن‌خشک ریشه‌چه Radicule dry weight	وزن‌خشک ساقه‌چه Plumule dry weight
تلقیح بذر Seed inoculation (T)	3	138765.2	0.00041**	2760.11*	3211.2**	14506.3**	126.4**	1007.5**
شوری Salinity (S)	3	822.1**	0.000078**	400.21**	170.6**	387.2**	18.66**	96.7**
T×S	9	75.4ns	0.0000047 ns	62.07 ns	19.4 ns	27.6 ns	3.27 ns	11.3 ns
اشتباه آزمایشی Error	32	39.8	0.0000011	96.2	30.7	88.4	7.4	8.75

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

ns, * and ** are non-significant, Significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively

جدول ۲- مقایسه میانگین تاثیر شوری بر مولفه‌های جوانه‌زنی چاودار

Table 2- The effects of salinity on germination parameters of rye (*Secal cereal* L.)

سطوح شوری Salinity levels	درصد جوانه زنی Germination percentage	سرعت جوانه زنی (ساعت) Seed germination rate	یکنواختی جوانه زنی (ساعت) Uniformity of germination	طول‌ریشه‌چه (میلی‌متر) Radicule length	طول ساقه‌چه (میلی‌متر) Plumule length	وزن‌خشک ریشه‌چه (میلی گرم) Radicule dry weight	وزن‌خشک ساقه‌چه (میلی گرم) Plumule dry weight	وزن‌خشک کل گیاهچه (میلی گرم) Seedling total dry weight
S_0	89.27 a	0.0174 a	- 36.72 a	41.02 a	62.3 a	9.2 a	14.3 a	23.25 a
S_1	81.06 b	0.0161 b	- 34.2 b	38 b	59.7 b	8.5 b	13.11 ab	21.9 b
S_2	74.3 c	0.0109 c	- 52.1 c	33.7 c	51.04 c	7.6 c	10.81 b	18.62 c
S_3	68 d	0.009 d	- 57.9 d	29.06 d	41.1 d	6.8 d	8.7 c	15.87 d

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب عدم شوری، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم

Means with similar letters in each column are not significantly different.
S_0, S_1, S_2 and S_3 are control, 25, 50 and 75 mM NaCl, respectively

جدول ۳- تاثیر تلقیح بذر با کودهای زیستی بر مولفه‌های جوانه‌زنی چاودار

Table 3- The effects of bio fertilizers on germination components of rye (*Secale cereal* L.)

تلقیح بذر با کودهای زیستی Seed inoculation by bio fertilizers	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی (ساعت) Speed germination (h)	یکنواختی جوانه‌زنی (ساعت) Uniformity of germination (h)	طول‌ریشه‌چه (میلی‌متر) Radicule length (mm)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر) Plumule length	وزن‌خشک ریشه‌چه (میلی گرم) Radicule dry weight (mg)	وزن‌خشک ساقه‌چه (میلی گرم) Plumule dry weight (mg)	وزن‌خشک کل گیاهچه (میلی گرم) Seedling total dry weight (mg)
T_0	71.2 d	0.00834 d	-56.2 d	31.7 d	47.3 d	7.8 d	16.3 d	24.5 d
T_1	75.7 c	0.00924 c	- 49.7 c	34.2 c	52.67 c	9.02 c	18.7 c	27.8 c
T_2	83 b	0.011 b	- 38.6 b	38.9 b	59.88 b	10.06 b	21.57 b	31.91 b
T_3	90.1a	0.0145 a	- 33 a	48.2 a	64.3 a	11.35 a	24.02 a	36.11 a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

T_0، T_1، T_2 و T_3 به ترتیب عدم تلقیح، تلقیح بذر با سودوموناس، تلقیح بذر با آزوسپریلیوم، تلقیح توام آزوسپیریلیوم+ سودوموناس

Means with similar letters in each column are not significantly different.
T_0, T_1, T_2 and T_3 are no inoculation and inoculation by Pseudomonas, Azosprilium, both inoculation by Pseudomonas + Azosprilium

یکنواختی جوانه‌زنی

بین سطوح مختلف شوری نیز بیشترین سرعت جوانه‌زنی در حالت عدم اعمال شوری و کمترین آن در بالاترین سطح از شوری بدست آمد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد تلقیح توام بذر با سودوموناس و آزوسپریلیوم از بیشترین یکنواختی جوانه‌زنی و عدم تلقیح بذر کمترین یکنواختی جوانه‌زنی را دارا بود (جدول ۳). سلطانی و همکاران (Soltani *et al*., 2001) گزارش نمودند هر چه عدد محاسبه شده برای یکنواختی جوانه‌زنی کمتر باشد، یکنواختی بیشتر است، از این رو ارزیابی این صفت به ویژه در حالت تلقیح توام بذر با آزوسپریلیوم و سودوموناس به علت یکنواختی در سبز کردن، می‌تواند در مدیریت مزرعه و در نهایت در بهبود عملکرد نهایی حایز اهمیت باشد. سید شریفی و خاوازی (Seyed Sharifi and Khavazi., 2012) در تلقیح بذر ذرت با باکتری های محرک رشد، بیشترین یکنواختی در جوانه‌زنی را در تلقیح با ازوسپریلیوم و کمترین آن را در سطح شاهد گزارش کردند.

طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه

عدم تلقیح بذر با باکتری ها منجر به کاهش معنی‌دار در طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و تلقیح بذر با باکتری نیز منجر به افزایش وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه گردید (جدول ۳). طول ریشه‌چه از ۳۱/۷ میلی‌متر در سطح شاهد یا عدم تلقیح بذر به ۴۸/۲ میلی‌متر در تلقیح توام بذر با سودوموناس و آزوسپریلیوم افزایش یافت (جدول ۳). طول ساقه‌چه نیز از ۴۷/۳ میلی‌متر در حالت عدم تلقیح به ۶۴/۳ میلی‌متر در تلقیح بذر با آزوسپریلوم و سودوموناس افزایش یافت. روند مشابهی نیز در وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه مشاهده گردید (جدول ۳). بهره‌گیری از باکتری های محرک رشد گیاه، می‌تواند بسیار حایز اهمیت باشد. مکانیزم‌هایی که باکتری‌های محرک رشد گیاه جهت افزایش رشد به کار می‌برند به طور کامل شناخته نشده است، ولی در حالت کلی می‌توان به توان تولید هورمون‌های محرک رشد به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین (Shaharoona *et al*., 2007) مشارکت در تثبیت زیستی نیتروژن (Salantur *et al*., 2006)، مبارزه با پاتوژن‌های گیاهی از طریق تولید آنتی بیوتیک‌ها، آنزیم‌ها و قارچ کش‌ها (Bharathi *et al*., 2004)، حلالیت فسفر معدنی و معدنی کردن فسفات آلی (Dobbelaere *et al*., 2003; Lucy *et al*., 2004)، تولید فیتو هورمون‌ها و ویتامین‌ها و توسعه سیستم ریشه‌ای اشاره نمود. این باکتری ها قادرند با افزایش در سرعت جوانه‌زنی، افزایش طول و وزن ریشه‌چه (Khan *et al*., 2001)، تسریع در طویل شدن ریشه و استقرار گیاه، افزایش تعداد ریشه‌های جنینی و جانبی (Cakmakci *et al*., 2007)، منجر به افزایش کمی و کیفی گیاهان مختلف شوند. چاکماکچی و همکاران (Cakmakci *et al*., 2007) نشان دادند که تلقیح بذرهای جو با باکتری‌های تحریک کننده رشد گیاه، موجب افزایش طول و وزن ریشه‌های جو گردید. آنان افزایش وزن ریشه جو در واکنش به تلقیح با برخی باکتری‌ها را در مقایسه با سطح شاهد، بیش از ۳۲ درصد و وزن اندام‌های هوایی بواسطه تلقیح با باکتری ها را ۲۸/۸تا ۴۵/۲ درصد بسته به نوع باکتری گزارش نمودند.کاپولینگ و همکاران (Kapulnik *et al*., 1982) افزایش وزن‌تر و خشک گیاهچه ذرت را در اثر تلقیح بذر با باکتری های جنس آزوسپریلیوم گزارش کردند. نتایج مشابهی نیز مبنی بر افزایش جوانه‌زنی و بهبود رشد گیاهچه ذرت (Gholami *et al*., 2009)، و جو (Cakmakci *et al*., 2001) توسط دیگر محققان گزارش شده است. طول ریشه‌چه از ۴۱/۰۲ میلی‌متر در حالت عدم اعمال شوری به ۲۹/۰۶ میلی‌متر در بالاترین سطح از شوری کاهش یافت (جدول ۳). طول ساقه‌چه نیز از ۶۲/۳ میلی‌متر در حالت شاهد به ۴۱/۱ میلی‌متر در بالاترین سطح از شوری کاهش یافت. روند مشابهی نیز در وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه مشاهده گردید (جدول ۳)

رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه بذر از اهمیت خاصی برخوردار است. بذوری که در شرایط تنش از رشد ریشه چه و ساقه‌چه خوبی برخوردار باشند، می‌توانند استقرار بیشتر و سریع‌تری پیدا کنند و در شرایط نامناسب محیطی

تضمین کننده عملکرد بالاتری باشند. با افزایش شوری، کاهش معنی‌داری در وزن خشک گیاهچه‌ها مشاهده شد. کاهش وزن خشک گیاهچه در اثر تنش توسط محققان مختلفی گزارش شده است (De and Kar, 1995). به نظر می‌رسد یکی دیگر از عوامل موثر در کاهش رشد در شرایط تنش، افزایش سطح هورمون‌های بازدارنده رشدی نظیر آبسیزیک اسید و اتیلن است. ACC (۱-آمینو سیکلوپروپان-۱-کربوکسیلیک اسید) پیش ماده‌ی تولید اتیلن در گیاهان عالی است، که در حضور باکتری های محرک رشد حاوی ACC دی آمیناز، حذف این ماده توسط آنزیم (ACC) دی‌آمیناز، مقدار اتیلن را در گیاه کاهش و دامنه تحمل گیاه به شرایط تنش را افزایش می‌دهد (Seyed Sharifi and Namvar, 2016).

مقادیر سدیم و پتاسیم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر شوری، تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر میزان سدیم ریشه و اندام‌هوایی، میزان پتاسیم ریشه و اندام‌هوایی، نسبت سدیم ریشه به اندام‌هوایی، نسبت پتاسیم ریشه به پتاسیم اندام‌هوایی در جدول ۵ آورده شده است.

میزان پتاسیم ریشه و اندام‌هوایی

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین میزان پتاسیم ریشه و اندام‌های هوایی (به ترتیب ۱۳/۷ و ۱۲/۱۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در تلقیح بذر با آزوسپریلیوم و سودوموناس در حالت عدم اعمال شوری و کمترین آنها (به ترتیب ۸/۲۷ و ۸/۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در حالت عدم تلقیح بذر با سودوموناس و آزوسپریلیوم در بالاترین سطح از شوری اعمال شده (شوری ۷۵ میلی‌مولار) بدست آمد (جدول ۶).

جدول ۴- تاثیر تنش شوری بر زمان از ۱۰ تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی چاودار

Table 4- The effects of salinity stress on time of 10 till 90% germination of rye (*Secale cereal* L.)

	زمان تا ۱۰ درصد جوانه زنی Time of 10% germination	زمان تا ۲۰ درصد جوانه زنی Time of 20% germination	زمان تا ۳۰ درصد جوانه زنی Time of 30% germination	زمان تا ۴۰ درصد جوانه زنی Time of 40% germination	زمان تا ۵۰ درصد جوانه زنی Time of 50% germination	زمان تا ۶۰ درصد جوانه زنی Time of 60% germination	زمان تا ۷۰ درصد جوانه زنی Time of 70% germination	زمان تا ۸۰ درصد جوانه زنی Time of 80% germination	زمان تا ۹۰ درصد جوانه زنی Time of 90% germination
سطوح شوری Soil salinity									
S_0	48.4d	50.5b	51.7b	54b	59c	62.5c	67.6c	71.5c	84d
S_1	52.2c	53.5b	55.6b	57.9b	61c	65c	69.07c	74.5c	88.2c
S_2	57.4b	69.2a	72.8a	75.4a	77b	79.8b	82.6b	85b	94b
S_3	63a	67a	76.7a	79.8a	82a	87a	89.2a	92a	98.7a
کودهای زیستی biofertilizers									
T_3	59d	68.2c	73c	79.4b	84.7b	88.7c	93.2b	96.5b	99bc
T_2	63c	69.2b	74.5b	81.1a	86.2a	89.7b	92.5b	96.2b	100.7b
T_1	65.1b	70.1b	72.5c	74.5d	82.5c	86.2d	89.5c	92.5c	95.8c
T_0	67.3a	73.6a	76.1a	77.82c	84.3b	91.7a	95.5a	102.6a	117.8a

S_0، S_1 ، S_2، S_3 به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم

T_0، T_1، T_2 و T_3 به ترتیب عدم تلقیح، تلقیح بذر با سودوموناس، تلقیح بذر با آزوسپریلیوم، تلقیح توام آزوسپریلیوم+ سودوموناس

S_0, S_1, S_2 and S_3 are control, salinity 25, 50 and 75 mM NaCl, respectively

T_0, T_1, T_2 and T_3 are no inoculation and inoculation by Pseudomonas, Azosprilium, and Pseudomonas + Azosprilium

جدول ۵- تاثیر شوری و تلقیح بذر با کودهای زیستی بر میزان سدیم و پتاسیم ریشه و اندام هوایی

Table 5- The effects of soil salinity and seed inoculation by bio fertilizers on Na and K of root and shoot

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S					
		نسبت سدیم اندام هوایی به سدیم ریشه Ratio of Na shoot/ Na root	سدیم اندام هوایی Na shoot	میزان سدیم ریشه Root Na content	نسبت پتاسیم اندام هوایی به ریشه Ratio of K shoot / K root	میزان پتاسیم اندام هوایی Shoot K content	میزان پتاسیم ریشه Root K content
تکرار Replication	2	0.672**	312.19**	324.05**	0.544**	135.26**	115.76**
تلقیح بذر Seed inoculation (T)	3	0.0079**	150.73**	132.1**	0.0075**	13.96**	20.58**
شوری Salinity (S)	3	0.0107**	208.43**	162.4**	0.0181**	9.47**	20.73**
T×S	9	0.00208**	12.44**	10.5**	0.0027**	0.379**	0.334**
اشتباه آزمایشی Error	32	0.0000668	1.057	0.869	0.00009	0.0655	0.112

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

* and ** are non-significant, Significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively

یکی از راهکارهای تحمل به شوری کاهش جذب یون سدیم می‌باشد. به نظر می‌رسد پیش تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد توانسته‌اند تا حد زیادی موجب کاهش جذب سدیم در تیمارهای تحت تنش شوری شوند. به طوری که در نتایج حاصل از مقایسه میانگین میزان سدیم ریشه و اندام‌های هوایی (جدول۶) چنین امری به وضوح مشاهده شد. به عبارت دیگر تلقیح بذر با باکتری های محرک رشد قادر بود تحمل گیاه را نسبت به شرایط شوری خاک افزایش دهند. رائو و وارلو (Rao and Warla, 1985) معتقدند که سویه‌های مقاوم به شوری با استفاده از تنظیم کننده‌های اسمزی مناسب نظیر پرولین، گلیسین و کاهش نسبت K/Na می‌توانند مقاومت گیاه را نسبت به شرایط شور افزایش دهند. باسیلو و همکاران (Bacilio *et al.*, 2004) در تفسیر پدیده‌ی تعدیل تنش شوری کلرید سدیم توسط باکتری‌های محرک رشد در گندم اظهار کردند که این باکتری‌ها ممکن است به‌واسطه توان جذب بالای پتاسیم در مقایسه با سدیم، بهبود جذب آب و در نتیجه افزایش فشار تورمی در پتانسیل کم آب در بذرهای پیش تیمار شده، منجر به بروز چنین واکنشی شده باشد. اشرف (Ashraf, 2004) اظهار داشت که در شرایط شور به دلیل وجود بیش از اندازه سدیم قابل تبادل، نسبت‌های بالایی از سدیم به پتاسیم در خاک ایجاد می‌شود. گیاهان در چنین محیط‌هایی مقدار زیادی سدیم جذب می‌کنند، در حالی که جذب پتاسیم به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. چن و همکاران (Chen *et al.*, 2005) گزارش کردند شوری موجب افزایش مقدار سدیم در ریشه و اندام‌های‌هوایی شده و نسبت سدیم به پتاسیم را در این اندام‌ها کاهش داد. آل مجیر و همکاران (Alamgir *et al.*, 1997) در بررسی اثر شوری بر رشد گیاهچه‌های گندم بیان داشتند که شوری میزان سدیم را در ریشه و ساقه افزایش داد در حالی که محتوای پتاسیم با افزایش شوری کاهش یافت.

جدول ۶- اثر شوری و تلقیح بذر با کودهای زیستی بر مقادیر پتاسیم و سدیم در ریشه واندام هوایی

Table 6- The effects of soil salinity and seed inoculation by bio fertilizers on amount of Na and K content of root and shoot

سطح شوری Salinity levels (mM)	تلقیح بذر با باکتری Seed inoculation by bio fertilizers	پتاسیم ریشه K root (mg/g DW)	پتاسیم اندام‌هوایی K shoot (mg/g DW)	نسبت پتاسیم اندام‌هوایی به ریشه Ratio of K shoot/ K root	سدیم ریشه Na in root (mg/g DW)	سدیم اندام‌هوایی Na in shoot (mg/g DW)	هوایی به ریشه‌نسبت سدیم اندام Ratio of Na shoot/ Na root
شاهد control	شاهد control	11.14d	11.26d	1.001 c	17.55ghi	14.46 f	0.801g
	سودوموناس *Pseudomonas*	13.05b	11.78c	0902m	15.79jk	13.27 g	0.817ef
	آزوسپریلوم *Azosprilium*	13.59a	12.42a	0.914kk	16.47ij	13.87 fg	0.819ef
	سودوناس+ آزوسپریلیوم *Azosprilium +Pseudomonas*	13.7a	12.17ab	0.889o	13.7l	10.57 i	0.751i
25	شاهد control	10.48 e	10.49e	1.001d	21.62 d	19.31 c	0.869a
	سودوموناس *Pseudomonas*	13.03b	11.41d	0.87p	19.06 ef	15.92 e	0.815f
	آزوسپریلوم *Azosprilium*	12.98b	11.88bc	0.916j	17.01 hi	14.37 f	0.822def
	سودوناس+ آزوسپریلیوم *Azosprilium +Pseudomonas*	13.2ab	11.87bc	0.9n	14.83 kl	12.14 h	0.796g
50	شاهد control	9.63 f	9.75f	1.013b	25.43 b	22.47 b	0.859b
	سودوموناس *Pseudomonas*	12.22c	11.24d	0.92i	21.14 d	17.8 d	0.819def
	آزوسپریلوم *Azosprilium*	12.12c	11.21d	0.924h	18 fgh	15.9 e	0.859b
	سودوناس+ آزوسپریلیوم *Azosprilium +Pseudomonas*	12.06c	11.3d	0.937g	16.72 ij	14.47 f	0.842c
75	شاهد control	8.27g	8.7g	1.053a	29.7 a	25.26 a	0.827d
	سودوموناس *Pseudomonas*	10.89de	10.48e	0.963f	23.42 c	19.77 c	0.821def
	آزوسپریلوم *Azosprilium*	10.85de	10.71e	0.988e	19.82 e	16.79 de	0.824de
	سودوناس+ آزوسپریلیوم *Azosprilium +Pseudomonas*	11.05d	10.06f	0.91l	18.33 gf	14.64 f	0.777h

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different .

حمدیا و الکومی (Hamdia and El-Komy, 1997) نشان دادند که پیش تیمار ذرت با *Azospirillum* sp در شوری‌های بالای حاصل از نمک NaCl، منجر به افزایش جذب پتاسیم و کلسیم نسبت به‌شاهد (پیش تیمار نشده) شد. ندیم و همکاران (Nadeem *et al*., 2007) در پیش تیمار با باکتری‌های محرک رشد تحت تنش شوری مشاهده کردند که پیش تیمار بذر با PGPR جذب یون های سدیم و کلر را محدود و تجمع نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در اندام‌های‌هوایی در مقایسه با شاهد افزایش داد.

میزان سدیم ریشه و اندام هوایی

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین میزان سدیم ریشه و اندام‌هوایی (به ترتیب ۲۹/۷ و ۲۵/۲۶ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در ترکیب تیماری عدم تلقیح بذر با باکتری در بالاترین سطح شوری و کمترین آنها (به ترتیب ۱۳/۷ و ۱۰/۵۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در تلقیح توام بذر با آزوسپریلیوم و سودوموناس در حالت عدم اعمال شوری حاصل شد (جدول ۶). ندیم و همکاران (Nadeem *et al*., 2007) گزارش دادند که بذرهای ذرت تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد تولید کننده ACC دآمیناز در شرایط شور، از رشد بیشتر و نسبت سدیم پایین‌تری برخوردار بودند. چن و همکاران (Chen *et al*., 2005) گزارش کردند شوری موجب افزایش مقدار سدیم در ریشه و اندام‌های‌هوایی شده و نسبت سدیم به پتاسیم را در این اندام‌ها کاهش داد. به دلیل افزایش ورود سدیم از طریق آوند آبکشی و یا ناکافی بودن ورود سدیم به واکوئل‌های سلول‌های برگ ممکن است مقدار سدیم در آپوپلاست افزایش یابد، سدیم زیاد ممکن است از ورود پتاسیم ممانعت کند و به این وسیله به طور غیر مستقیم مانع از بارگیری آوندهای آبکش گردد. آل مجیر و همکاران (Alamgir *et al*., 1997) در بررسی اثر شوری بر رشد گیاهچه‌های گندم بیان داشتند که شوری میزان سدیم را در ریشه و ساقه افزایش داد. واگارو همکاران (Wagar *et al*., 2004) اظهار داشتند که کاهش سطح اتیلن در گیاه در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد واجد ACC دآمیناز، موجب بهبود رشد و کاهش جذب سدیم و افزایش جذب پتاسیم می‌شود و این فعالیت در سویه‌های مختلف متفاوت می‌باشد و باکتری‌های با توان بالای تولید ACC دآمیناز، از کارایی بالاتری در جذب عناصری مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم برخوردار هستند و جذب بالای پتاسیم در چنین وضعیتی از تجمع سدیم ممانعت می‌کند. گارسیا و همکاران (Garcia *et al*., 1997) گزارش کردند در محیط‌های شور که غلظت سدیم زیاد است گیاهان مقادیر زیادی یون سدیم را به جای یون پتاسیم و کلسیم جذب می‌کنند که این امر با افزایش یون سدیم در محیط ریشه (Benlloch *et al*., 1994) و کمبود عناصر پتاسیم و کلسیم در گیاه همراه خواهد بود و به دلیل اینکه یون نیترات توسط آوندهای چوبی از ریشه به برگ‌ها حرکت می‌کند و پتاسیم موجب تحریک این فرآیند می‌شود، هرگاه یون‌های سدیم و کلر به مقدار زیاد وارد سیستم آوندی شوند یون سدیم از جذب یون پتاسیم ممانعت می‌نماید، کاهش میزان پتاسیم موجب کاهش انتقال نیترات می‌شود در نتیجه به جای نیترات، آنیون کلر و سدیم به برگ‌ها منتقل شده و در آنها تجمع می‌یابد. به نظر می‌رسد پیش تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد منجر به تعدیل اثر شوری و یا کاهش محدودیت در جذب سدیم در مقایسه با پتاسیم می‌شود. سایرام و همکاران (Sairam *et al*., 2002) گزارش کردند که مقدار سدیم برگ با افزایش شوری در گندم افزایش می‌یابد. در مقادیر بالای شوری مقدار یون‌های پتاسیم کاهش یافته و توسط یون سدیم جایگزین می‌شود که این عمل علاوه بر به هم زدن تعادل یونی موجب اختلال در متابولیسم سلولی نیز می‌شود. Chen و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند شوری، افزایش ورود سدیم از طریق آوند آبکشی و یا ناکافی بودن ورود سدیم به واکوئل‌های سلول‌های برگ ممکن است مقدار سدیم در آپوپلاست افزایش یابد، سدیم زیاد ممکن است از ورود پتاسیم

ممانعت کند و به این وسیله به طور غیر مستقیم مانع از بارگیریی آوندهای آبکش، افزایش مقدارNa در ریشه و اندام‌های هوایی شده و نسبت K/Na را در این اندام‌ها کاهش می‌دهد.

نتیجه‌گیری کلی

شوری در بیشتر موارد در اثر غلظت بیش از حد یون‌های سدیم با ایجاد تنش اسمزی و کاهش جذب آب، موجب کاهش یون‌های پتاسیم، مولفه‌های جوانه‌زنی، کاهش رشد و استقرار گیاه می‌شود. ولی تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد جذب یون‌های سدیم را محدود و تجمع پتاسیم را در ریشه و اندام‌های‌هوایی در مقایسه با شاهد افزایش داد. طوری که حداکثر نسبت سدیم ریشه و اندام هوایی در بالاترین سطح شوری در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و کمترین آن در پایین‌ترین سطح شوری و تلقیح بذر با آزوسپریلوم و سودوموناس بدست آمد. به نظر می‌رسد کاربرد توام باکتری‌های محرک رشد می‌تواند به عنوان یک روش مناسب برای افزایش مولفه‌های جوانه‌زنی و افزایش محتوای پتاسیم و کاهش سدیم در ریشه و اندام‌های هوایی چاودار تحت تنش شوری باشد.

منابع

Reference

Alamgir, A., K.K. Kutube, and T. Paul. 1997. Use of mathematical growth curves in the analaysis of growth and nutrient distribution pattern in wheat growth under salinity stress. Agron. J. 21:37-46.39.

Araghi Shahri, S.M., G.A. Dianati Tilaki, B. Behtari, and M.A Alizadeh. 2015. Growth responses of Secale cereale and S.ceremont to priming treatments under salinity stress. J. Rangeland Sci. 5(3): 202-211. (In Persian, with English Abstract)

Ashraf, M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plant. Flora. 199:361-376.

Ashraf, M, and T. McNielly. 2004. Salinity tolerance in Brassica oil seeds. Crit. Rev. Plant. 34: 34-45.

Ashraf, M, and M.R. Foolad, 2005. Pre-sowing seed treatment shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. Adv. Agron. 88: 223–271.

Bacilio, M., H. Rodriguez, M. Mereno, and J.P. Hernandez. 2004. Mitigation of salt stress in wheat seedling by *Azospirillum* lipferum. Soil Biol. 40: 188-193.

Baset, M.A., Z.H. Shamsuddin, and M. Maziah.2010. Use of plant growth promoting bacteria in banana. A new insight sustainable banana production. Int. J. Agric. Biol.12:459-467.

Bashan, Y., Y.H. Ivanony, and A. Saad. 1989. Non specific response in plant growth, yield and root colonization of non-cereal crop plant to inoculation with Azospirilum brasilense. Can. J. Bot. 67:1317-1324

Benlloch, M., M.A. Ojeda, J. Ramos, and A. Rodriguesnanavarro. 1994. Salt sensitivity and low discrimiation between potassiumand and sodium in bean plants. Plant and Soil. 166: 117-123.

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

Bhatt, R.M, and N.K.Srinavasa Rao.1987. Seed germination and seedling growth responses of tomato cultivars to imposed water stress. J. Hort. Sci. 62: 221-225.

Cakmakı, R., F. Kantar, and F. Fiahin. 2001. Effect of N_2-fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley. J.Plant Nutr. Soil Sci. 164: 527-31.

Cakmakci, R., M. Erat, U.G. Erdoman, and M.F. Donmez. 2007. The influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentose phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants. J. Plant Nutr. Soil Sci. 170: 288-295.

Chen, Z., I. Newman, M. Zhuo, N. Mendham, G. Zhang, and S. Shabala. 2005. Screening plant for salt tolerance by measuring K^+ flux: a case study for barely. Plant, Cell and Environ. 28: 1230-1246.

De, R, and R.K. Kar. 1995. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiata*) under water stress induced by PEG 6000. Seed Sci. Technol. 23: 301-308.

Dobbelaere, S., J.Vanderleyden, and Y.YacovOkon. 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. Crit. Rev. Plant Sci. 22: 107-149.

El-Keblawy, A, and A. Al-Rawai. 2005. Effects of salinity, temperature and light on germination of invasive Prosopis juliflora. J. Arid Environ. 61: 555-565.

Garcia, A., C.A. Rizzo, J.UD-Din, S.L. Bartos, T.J. Flowers, and A.R. Yeo. 1997. Sodium and potassium transpott to the xylem are inherited independent lyinrice, and the mechanisms of sodium: potassium selectivity differs between rice and wheat. Plant Cell and Enviroment. 20: 1167-1174.

Gholami, A., S.Shahsavani, and S. Nezarat. 2009. The Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. Proceedings of Word Academy of Science. Engineering and Technology. 37: 2070-3740. (In Persian)

Gilick, B.E., D.Penrose, and M. Wenbo. 2001. Bacterial promotion of plant growth. Biotechnol. J. Adv. 19: 135-138.

Glick, B.R. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentration by PGPR. J. Theor. Biol. 190: 63-68.

Hamdia, M.A, and H.M. El-Komy.1997. Effects of salinity, gibberelic acid and Azosbirillum inoculation on growth and nitrogen uptake of Zea *mays*. Plant Biol. 40:109-120.

Hernandez, A.N., A. Hernandez, and M. Heydrich. 1995. Selection of rhizobacteria for use in maize cultivation. J. Trop. Sci. 6: 5-8.

Kapulnik, Y., S. Sarig, A. Nur, Y. Okon, and Y. Henis.1982. The effect of Azospirillum inoculation on growth and yield of corn. J. Bot. 31: 247-255.

Karlidag, H., A. Esitken, E.Yildirim, M. Figen-Donmez, and M. Turan. 2011. Effects of plant growth promoting bacteria on yield, growth, leaf water content, membrane permeability and ionic composition of strawberry under saline conditions. J. Plant Nutr. 23:157-174.

Khan, M.R., N.C. Talukdar, and D. Thakuria. 2003. Detection of Azospirillum and PSB in rice rhizosphere soil by protein and antibiotic resistance profile and their effect on grain yield of rice. Ind. J. Biotechnol. 2: 246-250.

Kheirizadeh Arough, Y., R. Seyed Sharifi, M. Sedghi, and M. Barmaki. 2016. Effect of zinc and bio fertilizers on antioxidant enzymes activity, chlorophyll content, soluble sugars and proline in Triticale under salinity condition. J. Not. Bot. Hort. Agro Cluj-Napoca. 44(1):116-124.

Lucy, M., E. Reed, and B.R.Glick. 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. Soil Sci. 86:1-25.

Lynch, J, and A. Lauchli. 1988. Salinity affects intercellular calcium in corn root protoplasts. Plant Physiol. 87: 351-356.

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

Meyer, S.E, and R.L. Pendleton. 2000. Genetic regulation of seed dormancy in Purshia tridentata (Rosaceae). Ann. Bot. 85: 521-529.

Nadeem, S.M., Z.A. Zahir, M. Naveed, and M. Arshad. 2007. Preliminary investigations on inducing salt tolerance in maize through inoculation with rhizobacteria containing ACC deaminase activity. Can. J. Microbiol. 53 (10):1141-9.

Pal, S.S. 1998. Interaction of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a few acid tolerant crops. Plant and Soil. 198: 169-177.

Prisco, J.T., CR.Baptista, and J.L. Pinheiro Bastos. 1992. Effect of seed pre-treatment on seed germination under water stress conduction. Rev. Brasil. Bot. 15(1):31-35.

Rao, A.V, and B.V. Warla.1985. Salt tolerance of azospirillum brasilense. Acta Microbiol. 32: 221-224.

Sadeghian, S.Y, and N.Yavari. 2004. Effect of water –deficit stress on germination and early seedling growth in sugar beet. J. Agron. Crop Sci. 190(2):138-144. (In Persian, with English Abstract)

Sahin, F., R.Cakmakci, and F. Kantar. 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N2-fixing and phosphate solubilizing bacteria. Plant and Soil. 265: 123-129.

Sairam, R.K., K.Veerabharda, and G.C.Srivastsva. 2002. Differenalnresponce of wheat genotype to longh term salinity stress in relation to oxidative stress. Ontioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Sci. 163:1037-104.

Salantur, A., A.Ozturk, and S. Akten. 2006. Growth and yield response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to inoculation with rhizobacteria. Plant Soil. Environ. 52 (3):111–118.

Seyed Sharifi, R, and K.Khavazi. 2011. Effect of seed priming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination components and seedling growth of corn *(Zea maize* L.). Agroecol. J. 3(4): 560-570. (In Persian, with English Abstract)

Seyed Sharifi, R, and A. Namvar. 2016. Bio fertilizers in Agronomy. University of Mohaghegh Ardabili press, Ardabil. (In Persian)

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

Shaukat, K., S. Affrasayab, and S. Hasnain. 2006. Growth responses of Helianthus annus to plant growth promoting rhizobacteria used as a biofertilizer. J. Agric. Res. 1 (6): 573-581.

Soltai, A.S, E.Galeshi, Zenali, and N.Latif. 2001. Germination seed resevve utilization and growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Sci.Technol. 30: 51-60.

Soltani, A., M. Gholipoor, and E. Zeinali. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environ. Exp. Bot. 55: 195-200.

Vessy, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil. 3:355-358.

Voigt, E.L., T.D. Almeida, R.M. Chagas, L.F.A. Ponte, R.A.Viégas, and J.A.G. Silveira, 2009. Source–sink regulation of cotyledonary reserve mobilization during cashew (*Anacardium occidentale*) seedling establishment under NaCl salinity. J. Plant Physiol. 166: 80–89.

Wagar, A., B.Shahroona, Z. Zahir, and M. Arshad. 2004. Inoculation with Acc deaminase containing rhizobacteria for improvming growth and yield of wheat. Pak. J. Agric. 41: 119-124.

Windauer, L., A. Altuna, and R. Benech-Arnold. 2007. Hydrotime analysis of Lesquerella fendleri. Crop Sci.32:256-262.

Wu, S. C., Z. H. Cao, Z.G. Li, K. C. Cheung, and M. H. Wong. 2005. Effects of bio fertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma. 125: 155-166.