

اثر تنش شوری بر عملکرد، غلظت و توزیع برخی عناصر در اندام‌های مختلف دو رقم برنج

(*Oriza sativa* L.)

سعید سعیدی پور*

گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

* نویسنده مسئول: saeeds79@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۰۳

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۴/۲۰

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش شوری بر تجمع یون‌ها در ژنوتیپ‌های حساس (IR29) و متحمل به شوری (FL485) برنج، این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار در پژوهشکده بیوتکنولوژی کرج در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. بذرها با ارقام متحمل و حساس به شوری در محیط کشت یوشیدا رشد داده شدند و پس از ۲۸ روز با دو غلظت صفر و ۱۰۰ میلی مولار کلرور سدیم تیمار شدند. نمونه‌ها از برگ پرچم، ساقه و خوشه هر گیاه به صورت جداگانه در زمان‌های صفر، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز پس از شروع اعمال تیمار جمع‌آوری شد و غلظت عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در هر یک از اندام‌ها به طور جداگانه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که تحت تنش درصد افزایش تجمع سدیم در برگ پرچم، خوشه و ساقه رقم حساس نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۳۹، ۷۱ و ۱۲۱ درصد و بیش از رقم متحمل بود. کاهش قابل توجهی در غلظت پتاسیم برگ پرچم، ساقه و خوشه هر دو رقم در شرایط شوری مشاهده شد. شوری موجب تجمع قابل ملاحظه کلر در برگ پرچم و ساقه رقم حساس به ترتیب به میزان ۵۳ و ۱۱۱ درصد در مقایسه با تیمار شاهد شد. کاهش چشم‌گیری در غلظت کلر اندام‌های رقم متحمل به استثنای ساقه آن در شرایط تنش مشاهده شد. در شرایط تنش، تجمع کلسیم در بخش‌های مختلف رقم متحمل به طور قابل توجهی بیش از رقم حساس بود. به محض اعمال تیمار شوری غلظت منیزیم غلاف برگ و برگ پرچم هر دو رقم به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت، درحالی‌که، تغییرات معنی‌داری در میزان غلظت منیزیم سنبله هر دو رقم مشاهده نشد. شوری موجب کاهش معنی‌دار عملکرد (۴۸/۴ درصد) و اجزای عملکرد دانه در رقم حساس شد، حال آنکه درصد کاهش عملکرد در رقم متحمل معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد که ژنوتیپ FL485 دارای سازوکار کاهش سرعت انتقال سدیم و کلر به بخش‌های فعال گیاه نظیر برگ‌های جوان و خوشه می‌باشد و بدین ترتیب از بروز خسارت به این اندام‌ها جلوگیری کرده و مانع از کاهش معنی‌دار عملکرد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تحمل، حساسیت، برگ پرچم، سدیم و کلر.

مقدمه

تنش‌های شوری و کمبود آب از جمله مشکلات مهم کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌روند (Husain *et al.*, 2013). این شرایط باعث کاهش شدید محصول زمین‌های زراعی به‌واسطه القای طیف گسترده‌ای از آشفستگی و بی‌نظمی در انجام فعالیت‌های حیاتی در مقیاس سلولی و گیاه کامل شده که می‌تواند منجر به مرگ گیاه و یا کاهش در بهره‌وری شود. غالب نتایج مطالعه‌های شوری نشان داده است که بالا بودن میزان نمک در محلول خاک، عملکرد گیاهان زراعی را به‌شدت کاهش می‌دهد (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2015). کشور ایران پس از هند و پاکستان (Vashev *et al.*, 2010) با دارا بودن ۶/۸ میلیون هکتار اراضی شور در صدر کشورهای در معرض تهدید از نظر تنش شوری محسوب شد (Moameni, 2010). گیاهان در حال رشد در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌طور طبیعی در طی تکامل برای مقابله با تنش شوری به یک‌سری از راه‌کارهای سازگاری دست‌یافته‌اند (Khan *et al.*, 2013). توانایی حفظ آماس باوجود کمبود آب ناشی از تنش‌شوری ممکن است موجب حفظ فرایندهای متابولیکی شده، و در نتیجه امکان رشد را فراهم آورد (Martinez *et al.*, 2012). برنج در مرحله زایشی بیش‌تر به شوری حساس است، اما دلایل کمی برای آن شناخته شده است. حد تحمل برنج نسبت به شوری در حدود ۴۰ میلی‌مولار می‌باشد، در حالی‌که حد تحمل گندم و جو به‌ترتیب بیش از ۱۴۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار می‌باشد (Ali *et al.*, 2014). حساسیت برنج به شوری تا حدی است که شوری خاک با هدایت الکتریکی ۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر منجر به کاهش عملکرد بیش از ۵۰ درصدی در برنج خواهد شد (Shannon and Grieve, 2012). سازگاری گیاهان به سطح بالایی از نمک‌های سدیم می‌تواند به دو روش بسیار متفاوت به‌دست آید. جلوگیری از تجمع درون‌سلولی نمک و یا تجمع آن در درون واکوئل سلول نتیجه این دو فرایند حفظ غلظت نمک سیتوپلاسمی در سطح نسبتاً پایین است (O'Leary, 2010). قابلیت انتخاب یونی، گیاه را در کنترل جذب یون‌های سمی مانند Na^+ و Cl^- و تجمع آن‌ها در سیتوپلاسم قادر می‌سازد (Shannon and Grieve, 2012). گیاهان این کار را یا از طریق "تنظیم سخت‌گیرانه یون"^۱ در مبادی ورودی جهت حذف سدیم و کلر از جریان تعرق و ممانعت از انباشت آن در سیتوپلاسم بخش هوایی گیاه (Harvey, 2012) انجام داده، و یا از طریق ایجاد تبعیض یونی^۲، بین یون‌های شیمیایی مشابه Na^+ و K^+ این عمل را انجام می‌دهند (Gorham, 2010). یون‌های کلرید می‌توانند رشد گیاه را مستقیماً از طریق اثر بر فتوسنتز متأثر ساخته چراکه این عنصر برای واکنش‌های فتوسنتزی II، و به‌طور غیرمستقیم برای تنظیم باز و بست روزنه مورد نیاز است (Marschner, 2011). به‌طور کلی، مشکل سمیت کلر بسیار بیش‌تر از کمبود آن مطرح بوده است. به‌طور متوسط، غلظت کلر در محلول خارجی

¹ Strict ion regulation² Ion discriminate

بیش از ۲۰ میلی مول می تواند به مسمومیت در گونه های حساس منجر شود، درحالی که در گونه های متحمل بدون این که کاهش رشدی رخ دهد این غلظت می تواند به چهارتا پنج برابر افزایش یابد (Marschner, 2011). غلظتی که در آن کلر حالت سمی پیدا می کند احتمالاً همان دامنه ای است که سدیم وضعیت سمی پیدا می کند (Kissoudis et al., 2016). سطح بالایی از Ca^{+2} در محیط ریشه برنج برای حفظ قدرت جذب بالا و تجمع Ca^{+2} و K^{+} در ساقه در خاک های شور برای جلوگیری از آسیب شوری به گیاهان و از جمله برنج ضروری است (Song et al., 2013). منیزیم، در مقایسه با سایر عناصر کم تر مورد توجه قرار گرفته است، با وجود این، می تواند نقش کلیدی را در فرآیندهای مربوط به پیری بازی کند. Mg^{+2} در تنظیم سنتز پروتئین ها نقش دارد (Flowers and Dalmond, 2011). کاهش جذب Mg^{+2} نیز می تواند موجب کاهش محتوای کلروفیل (Leidi, 2012)، و افزایش میزان فلورسانس شود (Krause and Weis, 2014). علاوه بر این در سال های اخیر به علت افزایش سطح آب دریای خزر، پاره ای از شالیزارهای شمال کشور تحت اثر شوری قرار گرفته اند. در حال حاضر استفاده از ارقام متحمل به شوری یکی از مهم ترین روش های مؤثر در بهره برداری و افزایش عملکرد در زمین های شور و کم شور نواحی خشک و نیمه خشک دنیا به حساب می آید در این راه آگاهی از دانش فیزیولوژی برای تحمل به تنش می تواند محققان را در مسیر کاهش فاصله بین عملکرد واقعی و عملکرد مورد انتظار کمک کند. از این رو مقایسه پاسخ ژنوتیپ های برنج با دامنه تحمل متفاوت به شوری و نحوه تجمع عناصر در اندام های مختلف در مرحله باروری و مقایسه عملکرد از اهداف این تحقیق است.

مواد و روش ها

دو رقم بین المللی برنج، رقم اصلاح شده FL485 و IR29 به ترتیب متحمل و حساس به تنش شوری در مراحل گیاهچه ای و زایشی از موسسه تحقیق های بین المللی برنج (IRRI) دریافت و در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند. تیمارها شامل دو سطح شاهد ($EC= 1/68 \text{ dS.m}^{-1}$) و شوری ۱۰۰ میلی مولار ($EC= 6 \text{ dS.m}^{-1}$) بوده که با استفاده از NaCl پس از تشکیل برگ ششم همراه با محیط کشت اعمال و تا پایان آزمایش ادامه یافت. کشت گیاهان در این آزمایش در ظروف پلاستیکی ۱۸ لیتری انجام شد. به طوری که بذور ابتدا در دمای ۳۳ درجه سانتی گراد پایه جوانه دار شده، سپس به مدت سه روز در ظروف کاشت محتوی آب مقطر به منظور استقرار قرار داده شدند. پس از این مدت آب مقطر با محیط کشت پوشیدا جایگزین شد. محلول های کشت به طور هفتگی تعویض شده و pH آن ها به طور روزانه با استفاده از KOH و HCl ۰/۱ نرمال در سطح ۵/۵ تنظیم شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و در محیط گلخانه اجرا شد. در طول آزمایش، دما در دامنه $3 \pm 32/25$ درجه سانتی گراد شب/ روز و رطوبت نسبی ۷۰ درصد و شدت نوری معادل ۷۵ درصد شرایط طبیعی (۱۶۰۰-۹۰۰ میکرو مول فوتون بر مترمربع در ثانیه) نگهداری شد. نمونه گیری در پنج مرحله قبل از اعمال

تیمار شوری صفر، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز پس از اعمال تنش شوری برای تعیین غلظت عناصر صورت گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم هضم نمونه‌ها با اسیدسولفوریک ۹۶ درصد، آب‌اکسیژنه و پودر اسیدسالیسیک انجام شد (Emmami, 1996). جذب کاتیون سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه نشر شعله‌ای مدل (Corning-410, USA) خوانده شد. به‌منظور سنجش غلظت کاتیون‌های کلسیم و منیزیم از دستگاه جذب اتمی مدل (Perkin Elmer 3110, USA) استفاده شد. برای اندازه‌گیری غلظت کلر در بافت‌های گیاهی از روش هضم توسط آب دو بار یونیزه استفاده شد (Emami, 1996) سپس غلظت کلر در عصاره با استفاده از دستگاه یون‌متر (Metrohm, Switzerland) تعیین شد. به‌منظور تعیین عملکرد دانه و اجزاء عملکرد در بوته‌های برنج، در زمان رسیدگی محصول، بوته‌ها برداشت و تعداد پانیکول در هر بوته، تعداد خوشه در هر پانیکول، درصد سنبله‌چه‌های پرشده و وزن هزار دانه از میانگین پنج بوته اندازه‌گیری شد.

تجزیه‌های آماری

اطلاعات حاصل از این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver.9.2) تجزیه شد. از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد و سرانجام جداول با استفاده از نرم‌افزار (Microsoft Excel, Office-2007) تهیه شد.

نتایج و بحث

تغییرات سدیم و پتاسیم

نتایج نشان داد که اثر شوری بر غلظت یون سدیم در اندام‌های مختلف دو رقم برنج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در حضور نمک طعام غلظت سدیم به‌طور قابل‌توجهی در بافت‌های برنج افزایش یافت (جدول ۲). با این وجود، میزان تجمع سدیم در بافت‌ها یکسان نبوده و غلظت آن در برگ‌پرچم هر دو رقم بیش از سایر اندام‌ها بود. به‌طوری‌که در پایان دوره تنش درصد افزایش در رقم حساس و متحمل نسبت به تیمار شاهد نظیر خود به‌ترتیب ۱۳۹ و ۸۱ درصد بود (جدول ۲). درصد افزایش تجمع سدیم در خوشه و ساقه رقم حساس در مقایسه با تیمار شاهد در پایان آزمایش به‌ترتیب ۷۱ و ۱۲۱ درصد. حال آن‌که در رقم متحمل این مقادیر به‌ترتیب ۵۳ و ۱۲۰ درصد تعیین شد. برخی گزارش‌ها در برنج حاکی از این است که تحمل به شوری ضرورتاً رابطه مستقیمی با تجمع یون‌ها در برگ‌ها ندارد (Yeo and Flowers, 2008). همین‌طور برخی محققین رابطه‌ای بین تجمع یون‌ها در برگ‌های برنج با تحمل به شوری نیافتند (Shannon and Grieve, 2012). در شرایط تنش، محتوای Na^+ در بخش‌های مختلف رقم حساس (IR29) بیش از رقم متحمل (FL485) بود. نتایج نشان داد که توقف رشد در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مربوط به نرخ انباشت Na^+ در برگ، غلاف برگ و خوشه بود. ژنوتیپ متحمل قادر به جلوگیری از تجمع Na^+ در اندام‌های مختلف گیاه شده و در نتیجه خسارت ناشی از سدیم به بافت‌های فعال

را کاهش داده است. یکی از سازوکارهای تحمل به شوری در گیاهان جلوگیری از انتقال سدیم به اندام‌های جوان عنوان شده است (Munns and Tester, 2008). سمیت سدیم به شدت به توانایی گیاهان برای حفظ، کسب و توزیع K^+ درون گیاه مرتبط است (Kader and Lindberg, 2012). کاهش معنی‌داری ($p \leq 0.01$) در غلظت پتاسیم برگ‌پرچم، ساقه و خوشه هر دو رقم تحت شرایط شوری در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۱). نتایج هم‌چنین نشان‌داد که این میزان کاهش در اندام‌های مختلف رقم حساس بیش از رقم متحمل بود (جدول ۳). بیش‌ترین درصد کاهش در میان اندام‌ها در برگ پرچم هر دو رقم رخ داد. به‌طوری‌که در پایان دوره تنش در مقایسه با تیمار شاهد این میزان کاهش در رقم حساس و متحمل به‌ترتیب ۲۶ و ۳۳ درصد بود. میزان درصد کاهش پتاسیم در خوشه و ساقه رقم حساس تحت اثر تیمار شوری در مقایسه با تیمار شاهد در پایان دوره تنش به‌ترتیب ۷۲/۵ و ۲۱/۸ درصد، و در رقم متحمل این درصد کاهش ۲۲ و ۳۰ درصد بود (جدول ۳). غلظت K^+ در برگ پرچم هر دو ژنوتیپ بالاتر از ساقه و خوشه بود. اثر متقابل بین کاتیون‌ها با توجه به جذب و نرخ تجمع آن‌ها در بخش‌های مختلف گیاه بسیار پیچیده است (Gorham, 2007). سدیم مازاد مانع از جذب K^+ و Ca^{+2} در بسیاری از گونه‌های گیاهی مانند گندم، پنبه و گوجه‌فرنگی می‌شود (Box and Schachtman, 2011). کاهش مشاهده‌شده در غلظت K^+ هر دو رقم تحت شرایط شوری را می‌توان به‌تضاد (اثرات آنتاگونیستی) بین K^+ و Na^+ در طول فرایند جذب نسبت داد (Box and Schachtman, 2011). اگرچه عناصر سدیم و پتاسیم از نظر شیمیایی مشابه هستند، اما نقش آن‌ها در متابولیسم گیاه متفاوت است. شواهدی وجود دارد که غلظت سدیم ساقه، انتقال پتاسیم به ساقه و یا حداقل غلظت پتاسیم برگ را تحت اثر قرار می‌دهد (Song et al., 2013). همین‌طور مشخص شده که سلول‌های گیاهان عالی قادر به تبعیض علیه سدیم هستند (Higinbotham et al., 2012). برخی محققان گزارش کردند که ارتباط خاصی بین غلظت پتاسیم در اندام‌های گیاه برنج با تحمل به شوری وجود ندارد (Waziri et al., 2016). در جدول ۸ نیز همبستگی منفی و غیر معنی‌دار بین جذب پتاسیم و سدیم اندام‌های مختلف گیاه مشاهده شد.

تغییرات کلر

اثرات تیمارهای اعمال‌شده بر میزان تغییرات کلر در سایر اندام‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). شوری محیط رشد، منجر به تجمع قابل‌توجهی از یون‌های Cl^- در تمام اندام‌های رقم IR29 به خصوص در برگ پرچم به میزان ۵۳ درصد و ساقه تا ۱۱۱ درصد در مقایسه با تیمار شاهد، در پایان آزمایش شد (جدول ۴). به عکس در رقم متحمل کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در خوشه و برگ پرچم به‌ترتیب به میزان ۲۰ و ۸ درصد در مقایسه با تیمار شاهد نظیر خود شد. البته در ساقه میزان کلر نسبت به شاهد در پایان دوره تا ۴۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴).

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر رقم، شوری و طول دوره تنش بر میزان تجمع عناصر در خوشه، برگ پرچم و ساقه برنج

منیزیم	ساقه			برگ پرچم			خوشه			درجه آزادی	منابع تغییر
	کلسیم	کلر	پتاسیم	سدیم	منیزیم	کلسیم	کلر	پتاسیم	سدیم		
۱/۹۴**	۰/۱۹ ^{NS}	۵/۴۶**	۱۵۶۳/۴۶**	۰/۰۳ ^{NS}	۱/۸**	۱۶/۵۵**	۷/۷۴**	۱۴۴۹/۰۸*	۲/۳۸*	۱/۰۴*	رقم
۶/۰۳***	۰/۹۱**	۳۰/۰۳**	۱۴۹۶/۶*	۸۵/۴۷*	۳/۴۹*	۸/۰۹**	۰/۸**	۶۸۳۹/۱۸*	۴۳/۰۶**	۰/۰۶*	شوری
۰/۰۳ ^{NS}	۰/۳۳ ^{NS}	۹/۴۲**	۷۲/۲۸*	۰/۰۳۵ ^{NS}	۰/۰۰۸ ^{NS}	۵/۱۱**	۸/۱۲**	۵/۳۳ ^{NS}	۱/۰۳**	۰/۰۷ ^{NS}	رقم×شوری
۴/۵۸**	۸۵/۹**	۱/۲۲**	۶۹۴/۶۶*	۵/۶**	۴/۵۹*	۸۰/۸**	۱/۷۹**	۱۱۳۴/۵۶*	۴/۱۷**	۴/۵۸**	زمان
۰/۴۲***	۹/۰۸**	۰/۴۹**	۳۷/۷۴*	۱/۷۲*	۰/۰۸*	۷/۴۷**	۱/۰۷**	۴۲/۹۳**	۰/۵۸**	۰/۰۸**	رقم×زمان
۰/۱۰۴ ^{NS}	۰/۲۵*	۰/۹۲**	۱۷/۲۶**	۷/۸۵**	۰/۰۰۳ ^{NS}	۰/۳۵**	۰/۸۷**	۲۱۹/۹۸*	۲/۷۷**	۰/۰۳ ^{NS}	شوری×زمان
۰/۱۸۶ ^{NS}	۰/۳۱ ^{NS}	۰/۰۳ ^{NS}	۱۸/۱۱*	۱/۴۱*	۰/۰۰۶ ^{NS}	۰/۴۸**	۰/۱۹**	۴۴/۰۷**	۰/۰۳ ^{NS}	۰/۰۰۷ ^{NS}	خطا
۰/۰۸	۰/۱۱۳	۰/۰۵	۲/۲۶	۰/۵	۰/۰۰۸	۰/۰۶	۰/۰۷	۴/۰۹	۰/۰۷۱	۰/۰۰۸	
۹/۸۳	۴	۶/۶۴	۴/۴۲	۹/۷۳	۲/۲۹	۳/۲۷	۶/۹۸	۵/۲۶	۱۰/۸۹	۲/۶۳	ضرب تغییرات (%)
									۹/۱۳	۱۰/۸۴	۱۰/۹۳
									۱۲/۰۹		

* و **، غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۲: مقایسه میانگین برهمکنش رقم، شوری و طول دوره تنش (روز) بر میزان تجمع سدیم (میلی گرم بر گرم وزن خشک) در خوشه، برگ پرچم و ساقه برنج

غلظت سدیم ($\text{mg g}^{-1} \text{ dw}$)				
رقم	شوری (6 dS m^{-1})	زمان (روز)	خوشه	برگ پرچم
IR29	شوری	۰	۱/۷۵۵ ^{efgh}	۲/۰۸۹ ^{gh}
		۷	۱/۷۱۷ ^{fgh}	۲/۶۹۷ ^f
		۱۴	۲/۱۹ ^c	۳/۱۷ ^e
		۲۱	۳/۰۳۵ ^b	۳/۴۰۷ ^{cd}
		۲۸	۳/۴۰۷ ^a	۵/۳۶۸ ^a
FL485	کنترل	۰	۱/۰۴۱ ^k	۱/۸۸۶ ^{ghij}
		۷	۱/۱۰۸ ^{jk}	۱/۷۵ ^{hijk}
		۱۴	۱/۳۱۱ ^{ijk}	۱/۷۱۷ ^{ijk}
		۲۱	۲/۰۸۹ ^{cde}	۱/۹۸۷ ^{ghi}
		۲۸	۱/۹۷۸ ^{cdefg}	۲/۲۴۶ ^g
FL485	شوری	۰	۱/۸۱۳ ^{defg}	۱/۶۱ ^{jk}
		۷	۱/۶۱ ^{ghi}	۳/۵۴۲ ^c
		۱۴	۱/۹۸ ^{cdef}	۳/۰۳۵ ^{ef}
		۲۱	۱/۵۴۳ ^{ghi}	۳/۶۴۴ ^c
		۲۸	۲/۱۴۹ ^{cd}	۴/۳۵۲ ^b
FL485	کنترل	۰	۱/۴۰۸ ^{hij}	۱/۱۷۶ ^l
		۷	۱/۶۱۴ ^{ghi}	۱/۴۱۳ ^{kl}
		۱۴	۱/۱۰۵ ^{jk}	۱/۴۰۹ ^{kl}
		۲۱	۱/۳۰۱ ^{ijk}	۱/۴۰۲ ^{kl}
		۲۸	۱/۴۰۸ ^{hij}	۱/۵۰۹ ^{kl}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

رقم (FL485) قادر به حفظ کلر در ساقه بود درحالی‌که میزان بالایی از کلر در برگ پرچم رقم حساس (IR29) تجمع پیدا کرد. رقم متحمل با حفظ غلظت بالای کلر در غلاف ساقه مانع از راه یافتن آن به بخش‌های حیاتی گیاه یعنی غلاف برگ و خوشه شده و از این‌رو است که کاهش غلظت این عنصر در این اندام‌ها ایجاد شده است. این الگوی توزیع، منطبق با الگوی توزیع سدیم بود و نشان داد که ژنوتیپ FL485 توانایی بیش‌تری نسبت به ژنوتیپ IR29 در کنترل انتقال کلر جذب‌شده به برگ پرچم و خوشه دارد. برخی از محققین عنوان کردند که در برخی از گونه‌ها تحمل به شوری مستقیماً با انتقال یون کلر مرتبط است (Munns and Tester, 2008). افزایش غلظت کلر در برگ‌های ارقام مختلف گندم، در اثر شوری گزارش شده است (Zafar et al., 2013). در برنج نیز افزایش شوری با افزایش میزان کلر رابطه خطی و مستقیم داشته و در اثر آن گیاه دچار کاهش سنتز پروتئین‌ها و خسارت به اندام‌ها شده است (Zafar et al., 2013). پایین نگاه‌داشتن غلظت کلر در اندام‌های حیاتی احتمالاً می‌تواند شاخص تحمل مناسبی به تنش شوری باشد.

جدول ۳: مقایسه میانگین برهمکنش رقم، شوری و طول دوره تنش (روز) بر میزان تجمع پتاسیم (میلی گرم بر گرم وزن خشک) در خوشه، برگ پرچم و ساقه برنج

غلظت پتاسیم ($\text{mg g}^{-1} \text{ dw}$)				
رقم	شوری (6 dS m^{-1})	زمان (روز)	خوشه	برگ پرچم
IR29	شوری	۰	۷/۶۱۸ ^j	۳۴/۱۹ ^{fg}
		۷	۸/۲۵۳ ^{ij}	۳۵/۱ ^f
		۱۴	۸/۶۲۲ ^{ij}	۲۶/۳۶ ^h
		۲۱	۸/۳۵۳ ^{ij}	۳۲/۸ ^g
		۲۸	۸/۴۶ ^{ij}	۵۲/۵۷ ^c
IR29	کنترل	۰	۱۲/۸۳ ^{fg}	۲۸/۲۷ ^h
		۷	۱۸/۰۵ ^{de}	۵۶/۴۶ ^b
		۱۴	۱۷/۱۱ ^{de}	۴۶/۸۵ ^d
		۲۱	۱۸/۰۵ ^{de}	۵۲/۵۷ ^c
		۲۸	۳۰/۷۸ ^a	۶۹/۴۴ ^a
FL485	شوری	۰	۱۲ ^{gh}	۲۲/۳۴ ⁱ
		۷	۹/۴۸۵ ^{hij}	۳۲/۰۸ ^g
		۱۴	۱۱/۲۳ ^{ghi}	۱۹/۰۳ ^j
		۲۱	۱۵/۶۱ ^{ef}	۲۶/۰۶ ^h
		۲۸	۱۹/۵۳ ^{cd}	۳۴/۶ ^{fg}
FL485	کنترل	۰	۱۴ ^{fg}	۲۵/۹۶ ^h
		۷	۱۳ ^{fg}	۴۳/۲۳ ^e
		۱۴	۱۸/۹۹ ^{cd}	۳۴/۶۹ ^f
		۲۱	۲۱/۳۹ ^c	۴۲/۹۳ ^e
		۲۸	۲۵ ^b	۵۴/۶۸ ^{bc}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

تغییرات کلسیم و منیزیم

باگذشت زمان و در هر دو وضعیت تنش و کنترل، غلظت کلسیم در اندام‌های مختلف هر دو رقم افزایش یافت (جدول ۵). تغییرات غلظت کلسیم در غلاف ساقه و برگ پرچم رقم حساس تحت تنش شوری در پایان دوره آزمایش به‌ترتیب در مقایسه با تیمار شاهد نظیر خود یک و سه درصد افزایش یافت البته این افزایش معنی‌دار نبود. این در حالی است که در مدت مشابه تحت تنش شوری کاهش ۱۹ درصدی در غلظت کلسیم خوشه رقم حساس مشاهده شد (جدول ۵). رقم متحمل نیز یک کاهش هفت و ۱۵ درصدی به‌ترتیب در خوشه و برگ پرچم و یک افزایش چهار درصدی در غلاف ساقه در پایان آزمایش رخ داد (جدول ۵). مطالعه‌هایی نشان داده که افزایش محتوای Na^+ در محیط رشد گیاهی باعث کاهش محتوای Ca^{2+} در گیاهان حساس به شوری می‌شود (Lacerda et al., 2014). در این تحقیق نیز همبستگی منفی و معنی‌داری بین میزان سدیم و کلسیم خوشه و برگ پرچم مشاهده شد (جدول ۸). تحقیق‌ها روی سویا و خیار نشان داده که فراهم کردن کلسیم تحت شرایط تنش شوری به دلیل کاهش میزان جذب و انتقال سدیم تحمل به شوری در این گیاهان را بهبود بخشیده است (Dabuxilat and Ikeda, 2011). بر اساس یافته برخی از محققین نقش عمده کلسیم برای افزایش مقاومت به شوری در

گیاهان مربوط به اثر کنترل آن بر روی بارگذاری سدیم در آوند چوبی است (Husain et al., 2013). در برخی از گزارش‌ها آمده که سطوح بالایی از کلسیم در محیط رشد برای حفظ جذب بالا توسط ریشه و تجمع کلسیم و پتاسیم در خاک‌های شور ضروری است (Song et al., 2013).

جدول ۴: مقایسه میانگین برهمکنش رقم، شوری و طول دوره تنش (روز) بر میزان تجمع کلر (میلی گرم بر گرم وزن خشک) در خوشه، برگ پرچم و ساقه برنج

غلظت کلر ($\text{mg g}^{-1} \text{ dw}$)				
رقم	شوری (6 dS m^{-1})	زمان (روز)	خوشه	برگ پرچم
IR29	شوری	۰	۱/۸۶۹ ^{bcd}	۴/۴۳۸ ^{bc}
		۷	۲/۰۸۵ ^{ab}	۴/۶۵۳ ^b
		۱۴	۱/۵۷۱ ^{efg}	۴/۰۷۸ ^c
		۲۱	۱/۶۸۲ ^{cde}	۴/۱۸۸ ^c
		۲۸	۲/۱۹۲ ^a	۵/۶۵۴ ^a
	کنترل	۰	۲/۰۶۳ ^{ab}	۳/۸۹۶ ^{efgh}
		۷	۱/۹۲۴ ^{bc}	۳/۷۵۲ ^{ghi}
		۱۴	۱/۶۰۸ ^{def}	۳/۴۴۱ ^{ijk}
		۲۱	۱/۷۱۵ ^{cde}	۳/۵۰۵ ^{hij}
		۲۸	۱/۸۸۷ ^{bc}	۳/۶۷۷ ^{ghij}
FL485	شوری	۰	۰/۷۱۲ ⁱ	۲/۴۹۲ ^m
		۷	۰/۹۱۲ ^{hi}	۲/۷۹۹ ^{lm}
		۱۴	۰/۹۷۸ ^h	۳/۱۰۵ ^{kl}
		۲۱	۱/۴۸۳ ^{efg}	۳/۲۰۵ ^d
		۲۸	۱/۶۸۳ ^{cde}	۳/۹۳۳ ^{defg}
	کنترل	۰	۰/۶۸۹ ⁱ	۲/۵۴۹ ^m
		۷	۱/۳۳۲ ^g	۳/۷۹۱ ^{fghi}
		۱۴	۱/۳۹۵ ^g	۴/۰۰۷ ^{defg}
		۲۱	۱/۹ ^{bc}	۴/۱۶۹ ^{cde}
		۲۸	۲/۱ ^{ab}	۴/۲۶۳ ^{cd}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

اثرات تیمارهای آزمایش بر میزان تغییرات منیزیم سایر اندام‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). برخلاف تجمع کلسیم، غلظت منیزیم در بخش‌های مختلف هر دو رقم چه در شرایط کنترل و چه شوری در طول دوره آزمایش کاهش یافت (جدول ۶). به محض اعمال تنش شوری، محتوای غلظت Mg^{+2} خوشه، برگ پرچم و ساقه در هر دو رقم در مقایسه با تیمار شاهد نظیر خود طی زمان کاهش یافت، این کاهش در رقم حساس و در پایان آزمایش به ترتیب ۶/۵، ۱۹ و ۵۱ درصد و در رقم متحمل به ترتیب چهار، ۱۷ و ۴۲ درصد بود (جدول ۶). جدول ضرایب همبستگی نشان داد که بین غلظت منیزیم و سدیم رابطه منفی و معنی‌دار وجود دارد. در حالی که غلظت منیزیم با کلسیم مثبت و معنی‌دار ($p \leq 0.05$) است (جدول ۸). غلظت منیزیم تحت تنش شوری کاهش می‌یابد (Lacerda et al., 2014). از طرفی میزان جذب آن به وسیله کاتیون‌های دیگر از جمله پتاسیم، آمونیوم و کلسیم به شدت کاهش می‌یابد (Rezvani Moghadam and

Koocheki, 2001) کاهش غلظت منیزیم در اثر شوری در اسفناج، کاهو سالیکورنیا گزارش شده است (Greenway and Munns, 2010). Garg و همکاران (2009) دریافتند که شوری موجب کاهش غلظت منیزیم در ساقه و ریشه نخود شده و موجب کاهش رشد آن شد.

جدول ۵: مقایسه میانگین برهمکنش رقم، شوری و طول دوره تنش (روز) بر میزان تجمع کلسیم (میلی گرم بر گرم وزن خشک) در خوشه، برگ پرچم و ساقه برنج

غلظت کلسیم ($\text{mg g}^{-1} \text{ dw}$)				
رقم	شوری (6 dS m^{-1})	زمان (روز)	خوشه	برگ پرچم
IR29	شوری	۰	۱/۱۹۳ ^m	۴/۰۵۹ ⁱ
		۷	۲/۷۴ ⁱ	۵/۷۳۴ ^h
		۱۴	۳/۵۹۹ ^g	۶/۹۰۶ ^g
		۲۱	۴/۱۷ ^f	۷/۷۴۴ ^e
		۲۸	۵/۴۲۶ ^d	۹ ^c
	کنترل	۰	۱/۷۵۳ ^k	۴/۳۱ ⁱ
		۷	۳/۸۶۳ ^{fg}	۵/۹۸۵ ^h
		۱۴	۴/۷۰۱ ^e	۷/۱۵۷ ^{fg}
		۲۱	۵/۳۷۱ ^d	۷/۸۲۷ ^e
		۲۸	۶/۴۵۹ ^c	۸/۹۱۶ ^c
FL485	شوری	۰	۱/۳۸ ^{lm}	۲/۶۷۹ ^j
		۷	۲/۲۸۳ ^j	۵/۷۸۹ ^h
		۱۴	۳/۱۶۵ ^h	۷/۳۸ ^f
		۲۱	۵/۵۹۴ ^d	۹/۱۶۴ ^c
		۲۸	۷/۱۸۵ ^b	۱۰/۷۶ ^b
	کنترل	۰	۱/۷۱۴ ^{kl}	۲/۸۸۶ ^j
		۷	۳/۲۰۳ ^h	۷/۸۲۷ ^e
		۱۴	۳/۶۹۶ ^g	۸/۳۷۹ ^d
		۲۱	۶/۱۲۴ ^c	۱۰/۸۵ ^b
		۲۸	۷/۷۱۶ ^a	۱۲/۴۳ ^a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

عملکرد دانه و اجزای آن

تیمار شوری موجب کاهش معنی‌دار ($p \leq 0.05$) عملکرد و اجزاء عملکرد دانه در رقم حساس شد (جدول ۷). عملکرد در شرایط شور تابعی از غلظت سدیم، مرحله رشدی و طول دوره تنش می‌باشد (Flowers, 1990). در این میان طول دوره تنش از زمان وقوع آن در کاهش عملکرد مؤثرتر است (Yaghoubian *et al.*, 2012). درصد کاهش عملکرد در رقم حساس ۴۸/۴ درصد حال آن‌که در رقم متحمل ۱۱/۴ درصد بود. عدم تعادل بین یون‌های سدیم و پتاسیم از علل کاهش عملکرد دانه ذکر شده، این کاهش به اثر یون پتاسیم در فعال کردن آنزیم‌ها و باز و بسته شدن روزنه‌ها مرتبط است (Sarkar *et al.*, 2013). سایر اجزاء عملکرد نظیر تعداد پنجه ۲۶/۷ درصد، تعداد سنبلچه ۱۴/۱ درصد، تعداد سنبلچه پرشده ۲۸/۷ درصد، تعداد دانه پرشده ۱۶/۶ درصد و وزن هزار دانه ۱۰/۷ درصد کاهش نشان دادند.

جدول ۶: مقایسه میانگین برهمکنش رقم، شوری و طول دوره تنش (روز) بر میزان تجمع منیزیم (میلی گرم بر گرم وزن خشک) در خوشه، برگ پرچم و ساقه برنج

غلظت منیزیم (mg g ⁻¹ dw)					رقم
ساقه	برگ پرچم	خوشه	زمان (روز)	شوری (dS m ⁻¹)	
۳/۱۱۶ ^{cde}	۴/۲۸ ^{de}	۳/۱۷ ^{bc}	۰	شوری	IR29
۲/۷۷۹ ^{efg}	۳/۹۴۳ ^f	۲/۸۳۳ ^{ef}	۷		
۲/۴۷۶ ^{gh}	۳/۶۴ ^g	۲/۵۳ ^h	۱۴		
۱/۷۵۸ ^j	۲/۹۲۳ ^j	۱/۸۱۲ ⁱ	۲۱		
۱/۵۴۲ ^j	۲/۷۰۶ ^k	۱/۵۹۶ ⁿ	۲۸		
۳/۸۹۱ ^a	۴/۷۸۵ ^{ab}	۳/۲۵۷ ^{ab}	۰	کنترل	IR29
۳/۵۵۴ ^{ab}	۴/۴۸۸ ^c	۲/۹۲ ^e	۷		
۳/۱۳ ^{bcd}	۴/۰۲۴ ^f	۲/۴۹۶ ^h	۱۴		
۱/۷۴۸ ^j	۳/۳۰۵ ⁱ	۱/۷۷۸ ^m	۲۱		
۲/۳۳۴ ^h	۳/۲۲۸ ⁱ	۱/۷ ^m	۲۸		
۳/۳۱۵ ^{bcd}	۴/۴۷۹ ^c	۳/۲۸۳ ^a	۰	شوری	FL485
۳/۰۶۴ ^{def}	۴/۲۲۸ ^e	۳/۰۳۳ ^d	۷		
۲/۷۲۷ ^{efgh}	۳/۸۹۱ ^f	۲/۳۶۹ ^g	۱۴		
۲/۳۰۳ ^{hi}	۶/۴۶۷ ^h	۲/۲۷۱ ^j	۲۱		
۱/۸۷۹ ^{ij}	۳/۰۳۴ ^j	۱/۸۷۴ ⁱ	۲۸		
۳/۴۹۳ ^{abcd}	۴/۹۱۵ ^a	۳/۳۶۳ ^a	۰	کنترل	FL485
۳/۸۵۷ ^a	۴/۷۵۱ ^b	۳/۱۳۶ ^c	۷		
۳/۵۱۹ ^{abc}	۴/۴۱۳ ^{cd}	۲/۷۹۹ ^f	۱۴		
۳/۰۹۵ ^{cdef}	۳/۹۹ ^f	۲/۳۷۵ ⁱ	۲۱		
۲/۶۷۳ ^{fgh}	۳/۵۶ ^{gh}	۱/۹۵۱ ^k	۲۸		

جدول ۷: اثر شوری (کنترل و شوری ۱۰۰ میلی مول) بر عملکرد دانه و سایر صفات وابسته به آن در دو رقم برنج

ارقام	تیمار	تعداد پنجه	تعداد سنبلیچه در سنبله	تعداد سنبلیچه های پرشده	وزن هزار دانه (گرم)	طول سنبله (سانتی متر)	دانه های پرشده (درصد)	وزن سنبله (گرم)	عملکرد دانه (گرم در گیاه)
IR29	شوری	۶/۱	۷۴/۱	۵۹/۷	۱۶/۷	۱۴/۸	۸۰/۸	۱/۰۶	۶/۵
	کنترل	۸/۳	۸۶/۳	۸۳/۷	۱۸/۷	۱۳/۷	۹۶/۹	۱/۵۲	۱۲/۶
FL485	شوری	۷/۱	۹۳/۳	۸۴/۳	۲۱/۷	۱۸/۵	۹۰/۳	۲/۱۸	۱۵/۵
	کنترل	۷/۳	۸۹/۳	۸۸/۳	۲۲/۹	۱۸/۵	۸۹/۹	۲/۳۹	۱۷/۵
LSD%5									
CV%									
۳/۴۳									
۱۷/۶۲									
۰/۲۱									
۴/۷۳									
۲/۱۵									
۷/۵۹									
۲/۲۱									
۶/۱۵									
۵/۸۳									
۱۵/۹									

در رقم متحمل درصد کاهش عملکرد و اجزاء آن معنی دار نبود. در مطالعه ای نتایج حاصل از ارزیابی شوری بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام مختلف برنج متفاوت بوده و رقم حساس تا ۴۰ درصد کاهش عملکرد نشان داد (Gay et al., 2010). بالابودن غلظت پتاسیم در گیاه تحت شرایط تنش شوری نشان از تحمل گیاه دارد (Mohammadi-Nejad et al., 2010).

ارقام متحمل با تبادل بین سدیم و پتاسیم توانایی خود را در برابر تنش افزایش می‌دهند. در شرایط این آزمایش علی-رقم کاهش پتاسیم در هر دو رقم، غلظت آن در اندام‌های مختلف رقم متحمل بالاتر بوده است (Clarkson and Hanson, 1980).

نتیجه‌گیری

یکی از مشکلاتی که گیاهان تحت تنش شوری در مقابل آن قرار می‌گیرند، اثر یون‌های سمی روی فرآیند فیزیولوژیک و بیوشیمیایی آن‌ها است. یون‌هایی نظیر سدیم و کلر سبب گسیختگی ساختار پایه‌ای مولکول‌های پروتئین می‌شوند. همچنین آن‌ها روی غشاء پلاسمایی اثر می‌گذارند که نگهداری آن پایه و اساس عکس العمل‌های فرآیند بیولوژیک است. غلظت‌های بالای یون‌های سدیم و کلر داخل بافت‌ها و سلول‌ها سبب کاهش رشد می‌شوند. نتایج این تحقیق نشان داد که ژنوتیپ متحمل قادر به جلوگیری از تجمع سدیم بیش‌ازحد و کاهش محتوای کلر در خوشه و برگ پرچم بود. این در حالی است که در رقم حساس تجمع این عناصر کاهش تجمع ماده خشک دانه را به دنبال داشته است. کاهش در ماده خشک طی دوره پر شدن دانه ممکن است از طریق بازداری مواد فتوسنتزی در ابتدای دوره پر شدن باشد، زیرا شوری بالا موجب کاهش غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی و پروتئین‌های محلول برگ در تخمدان شد. از این‌رو اندازه‌گیری این عناصر در اندام‌هایی نظیر خوشه و برگ پرچم می‌تواند به عنوان یک راهکار جهت غربال‌گری ژنو تیپ‌های متحمل مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

Ali, M. N., Yeasmin, L., Gantait, S., Goswami, R., and Chakraborty, S. 2014. Screening of rice landraces for salinity tolerance at seedling stage through morphological and molecular markers. *Physiol. Mol. Biol. Plant*.

Box, S. and Schachtman D. P. 2011. The effect of low concentrations of sodium on potassium uptake and growth of wheat. *Aus. J Plant Physiol.* 27: 175-182.

Dabuxilatu, M. and Ikeda, M. 2011. Interactive effect of salinity and supplemental calcium application on growth and ionic concentration of soybean and cucumber plants. *Soil Sci. Plant Nutr.* 51. 549-555.

Emmami, A. 1996. Plant analysis methods. Technical publication. Soil and Water Research Institute of Iran. 182. 45p.

Flowers, T. J. and Dalmond, D. 2011. Protein synthesis in halophytes: the influence of potassium, sodium and magnesium in vitro. *Plant and Soil* 146, 153-161.

Gay, F. Maraval, I. Roques, S. Gunata, Z. Boulanger, R. Audebert, A. and Mestres, C. 2010. Effect of salinity on yield and 2-acetyl-1-pyrroline content in the grains of three fragrant rice cultivars (*Oryza sativa* L.) in Camargue (France). *Field Crops Res.* 117: 154-160.

Gorham, J. 2007. Sodium, In: Barker A.V., Pilbeam D.J., (Eds.), *Handbook of plant nutrition*, CRC Press, Taylor and Francis Group 569-583.

Gorham, J. J. Bridges, J. Dubcovsky, J. Dvorak, J. Hollington, P. A. and Luo, M. C. 2010. Genetic analysis and physiology of a trait for enhanced K/Na discrimination in wheat, *New Phytol.* 137: 109-116.

Kissoudis, C. van de Wiel, C. Visser, R. G. F. and van der Linden, G. 2016. Future-proof crops: Challenges and strategies for climate resilience improvement. *Curr. Opin. Plant Biol.* 30: 47-56.

Harvey, D. M. R. 2012. The effects of salinity on ion concentrations within the root cells of *Zea mays* L. *Planta* 165: 242-248.

Higinbotham, N. Etherton, B. and Foster, R. J. 2012. Mineral ion contents and cell transmembrane electropotentials of pea and oat seedling tissue. *Plant Physiol.* 42, 37-46.

Hussin, S., Geissler, N. and Koyro, H. W. 2013. Effect of NaCl salinity on (*Atriplex nummularia* L.) with special emphasis on carbon and nitrogen metabolism. *Journal of Acta Physiol Plant.* 35: 1025-1038.

Kader, M. A. and Lindberg, S. 2012. Uptake of sodium in protoplasts of salt sensitive and salt tolerant cultivars of rice, *Oryza sativa* L. determined by the florescent dye SBFI. *J Exp. Bot.* 56: 3149-3158.

Khan, M. A., Ungar, I. A. and Showalter, M. 2013. Effects of salinity on growth, water relations and Ion accumulation of the subtropical perennial Halophyte, *Atriplex griffithii* var. *stocksii*. *Annals Bot.* 85: 225-232.

Krause, G. H. and Weis, E. 2014. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 42: 313-349.

Lacerda, C. F., Cambraya, J., Cano, M. A. O., Ruiz, H. A. and Prisco, J. T. 2014. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. *Environ. Experim. Bot.* 49: 107-120.

Waziri, A. Kumar, P. and Purty, R. S. 2016. Saltol QTL and their role in salinity tolerance in rice. *Austin J. Biotechnol. Bioeng.* 3: 1067-1072

Leidi, E. O., Silberbush, M. and Lips, S. H. 2012. Wheat growth as affected by nitrogen type, pH and salinity. II. Photosynthesis and transpiration. *J. Plant Nutr.* 14: 247-256.

Marschner, H. 2011. Mineral nutrition of higher plants, 2nd Ed., Academic Press, London,

Martinez, J. P., Stanley, L. and Schanck, A. 2012. Is osmotic adjustment required for water stress resistance in the Mediterranean shrub *Atriplex halimus* L.? *J. Plant Physiol.* 161: 1041-1051.

Moameni, A. 2010. Geographical distribution and salinity levels of soil resources of Iran. *Soil Res. J.* 24: 203-215. (In Persian with English abstract).

Mohammadi-Nejad, G., Singh, R. K., Arzani, A., Rezaie, A. M., Sabouri, H. and Gregorio, G.B. 2010. Evaluation of salinity tolerance in rice genotypes. *Intern. J. Plant Prod.* 4: 199-207.

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

O'Leary, J. W. 2010. Adaptive components of salt tolerance, In: Pessarakli M., (Ed.), *Handbook of plant and crop physiology*, Marcel Dekker Inc., New York, Basel.

Pirasteh-Anosheh, H., Emam Y. and Sepaskhah. A. R. 2015. Improving barley performance by proper foliar applied salicylic-acid under saline conditions. *Int. J. Plant Prod.* 9: 467-486.

Sarkar, R. K., Mahata, K. R. and Singh, D. P. 2013. Differential responses of antioxidant system and photosynthetic characteristics in four rice cultivars differing in sensitivity to sodium chloride stress. *Acta Physiol Plant.* 35: 2915-2926.

Shannon, M. C. and Grieve, C. M. 2012. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Sci. Hort.* 78, 5-38.

Song, J. Q., Mei X. R. and Fujiyama, H. 2013. Adequate internal water status of NaCl salinized rice shoots enhanced selective calcium and potassium absorption. *Soil Science and Plant Nutrition* 52, 300-304.

Vashev, B., Gaiser, T., Ghawana, T., de Vries, A. and Stahr, K. 2010. Biosafor Project Deliverable 9: Cropping Potentials for Saline Areas in India, Pakistan and Bangladesh. University of Hohenheim, Hohenheim, Germany.

Yaghoubian, Y., Pirdashti, H., Mottaghian, A. and Hosseini, S. 2012. Effect of fluctuating salinity at different growth stages on physiological and yield related parameters of rice (*Oryza sativa* L.). *Int JAgriult: Res Rev.* 2: 266-276.

Yeo, A. R. and Flowers. T. J. 2008. Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves. *Physiol. Plantarum.* 59: 189-195.

Zafar, S. M., Ashraf, Y., Sarvar, G., Mahmood, S., Kausar A. and Ali, I. 2013. Variation growth and ion uptake in salt tolerance and sensitive Rice cultivars under NaCl stress. *Asian J Plant Sci.* 3(2): 156-158.