Arshive of SID

اثر تنش شوری بر عملکرد، غلظت و توزیع برخی عناصر در اندام‌های مختلف دو رقم برنج *(Oriza sativa* L.*)*

سعید سعیدی‌پور*

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

* نویسنده مسئول: saeeds79@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۴/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۰۳

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش شوری بر تجمع یون‌ها در ژنوتیپ‌های حساس (IR29) و متحمل به شوری (FL485) برنج، این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و با سه تکرار در پژوهشکده بیوتکنولوژی کرج در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. بذرهای ارقام متحمل و حساس به شوری در محیط کشت یوشیدا رشد داده شدند و پس از ۲۸ روز با دو غلظت صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرور سدیم تیمار شدند. نمونه‌ها از برگ پرچم، ساقه و خوشه هر گیاه به‌صورت جداگانه در زمان‌های صفر، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز پس از شروع اعمال تیمار جمع‌آوری شد و غلظت عناصر سدیم، پتاسیم، کلر، کلسیم و منیزیم در هر یک از اندام‌ها به‌طور 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 به‌ترتیب ۱۳۹، ۷۱ و ۱۲۱ درصد و بیش از رقم متحمل بود. کاهش قابل‌توجهی 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 به‌ترتیب به میزان ۵۳ و ۱۱۱ درصد در مقایسه با تیمار شاهد شد. کاهش چشم‌گیری در غلظت کلر اندام‌های رقم متحمل به‌استثنای ساقه آن در شرایط تنش مشاهده شد. در شرایط تنش، تجمع کلسیم در بخش‌های مختلف رقم متحمل به‌طور قابل‌توجهی بیش از رقم حساس بود. به‌محض اعمال تیمار شوری غلظت منیزیم غلاف برگ و برگ پرچم هر دو رقم به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای 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، حال‌آنکه 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.

www.SID.ir

Arshive of SID

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 آشفتگی 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 درنتیجه 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"[1] 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[2]، 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). به‌طورکلی، مشکل سمیت کلر بسیار بیش‌تر از کمبود آن مطرح بوده است. به‌طور متوسط، غلظت کلر در محلول خارجی

[1] Strict ion regulation

[2] Ion discriminate

www.SID.ir

Arshive of SID

بیش از ۲۰ میلی‌مول می‌تواند به مسمومیت در گونه‌های حساس منجر شود، درحالی‌که در گونه‌های متحمل بدون این‌که کاهش رشدی رخ دهد این غلظت می‌تواند به چهارتا پنج برابر افزایش یابد (Marschner, 2011). غلظتی که در آن کلر حالت سمی پیدا می‌کند احتمالاً همان دامنه‌ای است که سدیم وضعیت سمی پیدا می‌کند (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 خاک‌های شور برای جلوگیری از آسیب شوری به گیاهان و ازجمله برنج ضروری است (Song *et al*., 2013). منیزیم، در مقایسه با سایر عناصر کم‌تر مورد توجه قرارگرفته است، با وجود این، می‌تواند نقش کلیدی را در فرآیندهای مربوط به پیری بازی کند. Mg^{+2} در تنظیم سنتز پروتئین‌ها نقش دارد (Flowers and Dalmond, 2011). کاهش جذب Mg^{+2} نیز می‌تواند موجب کاهش محتوای کلروفیل (Leidi, 2012)، و افزایش میزان فلورسانس شود (Krause and Weis, 2014). علاوه‌بر این در سال‌های اخیر به علت افزایش سطح آب دریای خزر، پاره‌ای از شالیزارهای شمال کشور تحت اثر شوری قرارگرفته‌اند. در حال حاضر استفاده از ارقام متحمل به شوری یکی از مهم‌ترین روش‌های مؤثر در بهره‌برداری و افزایش عملکرد در زمین‌های شور و کم شور نواحی خشک و نیمه‌خشک دنیا به حساب می‌آید در این راه آگاهی از دانش فیزیولوژی برای تحمل به‌تنش می‌تواند محققان را در مسیر کاهش فاصله بین عملکرد واقعی و عملکرد مورد انتظار کمک کند. از این رو مقایسه پاسخ ژنوتیپ‌های برنج با دامنه تحمل متفاوت به شوری و نحوه تجمع عناصر در اندام‌های مختلف در مرحله باروری و مقایسه عملکرد از اهداف این تحقیق است.

مواد و روش‌ها

دو رقم بین‌المللی برنج، رقم اصلاح‌شده FL485 و IR29 به‌ترتیب متحمل و حساس به تنش شوری در مراحل گیاهچه‌ای و زایشی از موسسه تحقیق‌هایبین‌المللی برنج (IRRI) دریافت و در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند. تیمارها شامل دو سطح شاهد ($EC=$ ۱/۶۸ $dS.m^{-1}$) و شوری ۱۰۰ میلی‌مولار ($EC=$ ۶ $dS.m^{-1}$) 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. به‌طوری‌که بذور ابتدا در دمای ۳۳ درجه سانتی‌گراد پایه جوانه‌دار شده، سپس به مدت سه روز در ظروف کاشت محتوی آب مقطر به‌منظور استقرار قرار داده شدند. پس از این مدت آب مقطر با محیط کشت یوشیدا جایگزین شد. محلول‌های کشت به‌طور هفتگی تعویض شده و pH آن‌ها به‌طور 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 ۳± ۳۲/۲۵ درجه سانتی‌گراد 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. نمونه‌گیری در پنج مرحله قبل از اعمال

www.SID.ir

Arshive of SID

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 اسیدسالسیلیک 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 نشان‌داد 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 باتحمل 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 درنتیجه خسارت ناشی از سدیم به بافت‌های فعال

www.SID.ir

Arshive of SID

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 ($p \leq ۰/۰۱$) 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 ازجذب 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 ازنظر 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 مشخص‌شده 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 $C1^-$ 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).

www.SID.ir

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

		خوشه						برگ پرچم						ساقه			
منابع تغییر	درجه آزادی	سدیم	پتاسیم	کلر	کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم	کلر	کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم	کلر	کلسیم	منیزیم
رقم	۱	۲/۸۵**	۱/۴۱^{ns}	۴/۳۹**	۱/۶۴**	۱/۰۰۴*	۲/۳۸*	۱۴۴۹/۰۸*	۷/۷۴**	۱۶/۵۵**	۱/۸**	۰/۰۲^{ns}	۱۵۶۳/۴۶**	۵/۴۶**	۰/۱۹^{ns}	۱/۹۴**
شوری	۱	۸/۳۹**	۵۷۵/۷۳*	۰/۳۱**	۹/۲۸**	۰/۰۶*	۴۳/۰۶**	۶۸۲۹/۱۸*	۰/۸**	۸/۰۹**	۳/۴۹**	۸۵/۴۷**	۱۴۹۶/۶**	۲۰/۰۲**	۰/۹۱**	۶/۰۳**
رقم×شوری	۱	۰/۴۱**	۲۴/۹**	۰/۵۱**	۰/۷۱**	۰/۰۰۷^{ns}	۱/۰۲**	۵/۲۲^{ns}	۸/۱۲**	۵/۱۱**	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۳۵^{ns}	۷۲/۲۸**	۹/۴۲**	۰/۳۲^{ns}	۰/۰۲^{ns}
زمان	۴	۰/۹۴**	۳۷۹/۷۱*	۰/۷۸**	۴۸/۵۳**	۴/۵۸**	۴/۱۷**	۱۱۳۴/۵۶*	۱/۷۹**	۸۰/۸**	۴/۵۹**	۵/۶**	۶۹۴/۶۶**	۱/۲۲**	۸۵/۹**	۴/۵۸**
رقم×زمان	۴	۰/۸۳**	۶۳/۱۴**	۰/۸۲**	۲/۹۳**	۰/۰۸**	۰/۵۸**	۴۲/۹۲**	۱/۰۷**	۷/۴۷**	۰/۰۸**	۱/۷۲*	۳۷/۷۴**	۰/۴۹**	۹/۰۸**	۰/۴۲**
شوری×زمان	۴	۰/۳**	۱۰/۹۷*	۰/۰۲^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۲/۷۷**	۲۱۹/۹۸*	۰/۸۷**	۰/۳۵**	۰/۰۰۳^{ns}	۷/۸۵**	۱۷/۲۶**	۰/۹۲**	۰/۲۵*	۰/۱۰۴^{ns}
شوری×رقم×زمان	۴	۰/۰۴**	۶/۰۹^{ns}	۰/۰۹*	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۴۳**	۴۴/۰۷**	۰/۱۹**	۰/۴۸**	۰/۰۰۶^{ns}	۱/۴۱*	۱۸/۱۱**	۰/۰۳^{ns}	۰/۲۱^{ns}	۰/۱۸۶^{ns}
خطا	۴۰	۰/۰۵۱	۲/۹۹	۰/۰۳	۰/۱۳۸	۰/۰۰۸	۰/۰۷۱	۴/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۰۸	۰/۵	۲/۲۶	۰/۰۵	۰/۱۱۳	۰/۰۸
ضریب تغییرات (٪)		۱۲/۰۹	۱۰/۹۳	۱۰/۸۴	۹/۱۳	۳/۶۳	۱۰/۸۹	۵/۲۶	۶/۹۸	۳/۳۷	۲/۲۹	۹/۷۳	۴/۴۲	۶/۶۴	۴	۹/۸۳

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

Arshive of SID
www.SID.ir

Arshive of SID

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

رقم	شوری ($6\ dS\ m^{-1}$)	زمان (روز)	غلظت سدیم ($mg\ g^{-1}\ dw$)		
			خوشه	برگ پرچم	ساقه
IR29	شوری	۰	۱/۷۵۵ efgh	۲/۰۸۹gh	۲/۹fg
		۷	۱/۷۱۷fgh	۲/۶۹۷f	۴/۴۵۶de
		۱۴	۲/۱۹ c	۳/۱۷ e	۴/۴۹۸d
		۲۱	۳/۰۳۵b	۳/۴۰۷ cd	۵/۸۷۵ bc
		۲۸	۳/۴۰۷ a	۵/۳۶۸ a	۷/۲۸ a
	کنترل	۰	۱/۰۴۱ k	۱/۸۸۶ghij	۲/۲۵۸ fgh
		۷	۱/۱۰۸ jk	۱/۷۵ hijk	۲/۲۲۴fgh
		۱۴	۱/۳۱۱ ijk	۱/۷۱۷ ijk	۲/۲۱۷ fgh
		۲۱	۲/۰۸۹cde	۱/۹۸۷ ghi	۲/۷۸۷fg
		۲۸	۱/۹۷۸ cdefg	۲/۲۴g	۳/۲۹۴ ef
FL485	شوری	۰	۱/۸۱۳ defg	۱/۶۱ jk	۴/۴۲de
		۷	۱/۶۱ ghi	۳/۵۴۲ c	۵/۴۰۲ bcd
		۱۴	۱/۹۸cdef	۳/۰۳۵ef	۴/۸۹۵ cd
		۲۱	۱/۵۴۳ ghi	۳/۶۴۴ c	۵/۵۰۳bcd
		۲۸	۲/۱۴۹ cd	۴/۲۵۲ b	۶/۱۱۲ab
	کنترل	۰	۱/۴۰۸ hij	۱/۱۷۶ l	۲/۹۹ fg
		۷	۱/۶۱۴ghi	۱/۴۱۳ kl	۱/۵۰۹ h
		۱۴	۱/۱۰۵ jk	۱/۴۰۹ kl	۲/۳۸۵ fgh
		۲۱	۱/۳۰۱ ijk	۱/۴۰۲kl	۲/۱۱۵ gh
		۲۸	۱/۴۰۸ hij	۱/۵۰۹ kl	۲/۷۷۸ fg

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 ازاین‌رو 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 به‌شوری 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 اندامک‌ها شده است (Zafar *et al.*, 2013). پایین نگاه‌داشتن غلظت کلر در اندام‌های حیاتی احتمالاً می‌تواند شاخص تحمل مناسبی به تنش شوری باشد.

www.SID.ir

Arshive of SID

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

رقم	شوری ($dS\ m^{-1}$ 6)	زمان (روز)	غلظت پتاسیم ($mg\ g^{-1}\ dw$) خوشه	برگ پرچم	ساقه
IR29	شوری	۰	۷/۶۱۸ j	۳۴/۱۹ fg	۳۱/۷۸ f
		۷	۸/۲۵۳ ij	۳۵/۱ f	۳۱/۷۸f
		۱۴	۸/۶۲۲ ij	۲۶/۳۶ h	۲۳/۰۴ ij
		۲۱	۸/۳۵۳ ij	۳۲/ g۰۸	۲۸/۷۷ g
		۲۸	۸/۴۶ ij	۵۲/۵۷ c	۴۹/۲۶ b
	کنترل	۰	۱۲/۸۳ fg	۲۸/۲۷ h	۴۲/۱۳ d
		۷	۱۸/۰۵ de	۵۶/۴۶b	۴۵/۱۶ c
		۱۴	۱۷/۱۱ de	۴۶/۸۵ d	۳۷e
		۲۱	۱۸/۰۵ de	۵۲/۵۷ c	۴۲/۷۳ d
		۲۸	۳۰/۷۸ a	۶۹/۴۴ a	۵۹/۲۷ a
FL485	شوری	۰	۱۲gh	۲۲/۳۴ i	۲۵/۰۵ h
		۷	۹/۴۸۵ hij	۳۲/۰۸ g	۱۸/۷۷ g
		۱۴	۱۱/۲۳ ghi	۱۹/۰۳ j	۱۷/۲۵ k
		۲۱	۱۵/۶۱ ef	۲۶/۰۶ h	۲/۷۴ j
		۲۸	۱۹/۵۳ cd	۳۴/۶ fg	۳۱/۴۸ f
	کنترل	۰	۱۴fg	۲۵/۹۶ h	۲۷/۲۶ g
		۷	۱۳fg	۴۳/۲۳ e	۳۳/۳۹ f
		۱۴	۱۸/۹۹ cd	۳۴/۶۹ f	۲۴/۹۵ hi
		۲۱	۲۱/۳۹ c	۴۲/۹۳ e	۳۳/۰۹ f
		۲۸	۲۵b	۵۴/۶۸ bc	۴۴/۸۴ c

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 (جدول۵). تغییرات غلظت کلسیم در غلاف ساقه و برگ‌پرچم رقم حساس تحت تنش‌شوری 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 تنش‌شوری 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 برگ‌پرچم 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 (Dabuxilatu and Ikeda, 2011). بر اساس یافته برخی از محققین نقش عمده کلسیم برای افزایش مقاومت به شوری در

www.SID.ir

Arshive of SID

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 (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در خوشه، برگ پرچم و ساقه برنج

			غلظت کلر ($mg\ g^{-1}\ dw$)		
رقم	شوری ($6\ dS\ m^{-1}$)	زمان (روز)	خوشه	برگ پرچم	ساقه
IR29	شوری	۰	۱/۸۶۹ bcd	۴/۴۳۸ bc	۴/۳۷۶ bc
		۷	۲/۰۸۵ ab	۴/۶۵۳ b	۴/۵۹۱ b
		۱۴	۱/۵۷۱ efg	۴/۱۴ ef	۴/۰۷۸ c
		۲۱	cde۱/۶۸۲	۴/۲۵ cd	۴/۱۸۸ c
		۲۸	a۲/۱۹۲	۵/۷۱۶ a	۵/۶۵۴ a
	کنترل	۰	۲/۰۶۳ ab	۳/۸۹۶ efgh	۲/۸۵۳ efg
		۷	۱/۹۲۴ bc	۳/۷۵۷ghi	۲/۷۱۴ fghi
		۱۴	۱/۶۰۸ def	۳/۴۴۱ijk	۲/۳۹۸ ij
		۲۱	۱/۷۱۵ cde	۳/۵۴۸ hij	۲/۵۰۵ hij
		۲۸	۱/۸۸۷ bc	۳/۷۲ ghi	۲/۶۷۷ ghij
FL485	شوری	۰	۰/۷۱۲ i	۲/۴۹۲ m	۲/۶۳۱ ghij
		۷	۰/۹۱۲ hi	۲/۷۹۹ lm	۲/۸۲۷ efgh
		۱۴	۰/۹۷۸ h	۳/۱۰۵ kl	۳/۰۴۳ def
		۲۱	۱/۴۸۳ efg	۳/۲۶۷ jk	۳/۲۰۵ d
		۲۸	۱/۶۸۳ cde	۳/۹۳۳ defg	۴/۲c
	کنترل	۰	۰/۶۸۹ i	۲/۵۴۹ m	۲/۳۶۵ j
		۷	۱/۳۳۲ g	۳/۷۹۱ fghi	۲/۷۴۸ fgh
		۱۴	۱/۳۹۵ g	۴/۰۰۷ defg	۲/۹۶۵ defg
		۲۱	۱/۹ bc	۴/۱۶۹ cde	۳/۱۲۶ de
		۲۸	۲/۱ ab	۴/۲۶۳ cd	۲/۸۹ defg

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 (جدول۱). 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). به‌محض اعمال تنش‌شوری، 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 به‌ترتیب ۶/۵، ۱۹ و ۵۱ درصد و در رقم متحمل به‌ترتیب 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. درحالی‌که غلظت منیزیم با کلسیم مثبت و معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) است (جدول ۸). غلظت منیزیم تحت تنش‌شوری کاهش می‌یابد (Lacerda *et al.*, 2014). از طرفی میزان جذب آن به‌وسیله کاتیون‌های دیگر ازجمله پتاسیم، آمونیوم و کلسیم به‌شدت کاهش می‌یابد (Rezvani Moghadam and

www.SID.ir

Arshive of SID

Koocheki, 2001) کاهش غلظت منیزیم در اثر شوری در اسفناج، کاهو سالیکورنیا گزارش‌شده 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 (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در خوشه، برگ پرچم و ساقه برنج

رقم	شوری ($6\ dS\ m^{-1}$)	زمان (روز)	غلظت کلسیم ($mg\ g^{-1}\ dw$)		
			خوشه	برگ پرچم	ساقه
IR29	شوری	۰	$۱/۱۹۳^{m}$	$۴/۰۵۹^{i}$	$۵/۸۷۳^{j}$
		۷	$۲/۷۴^{i}$	$۵/۷۳۴^{h}$	$۷/۵۴۸^{h}$
		۱۴	$۳/۵۹۹^{g}$	$۶/۹۰۶^{g}$	$۸/۷۲^{e}$
		۲۱	$۴/۱۷^{f}$	$۷/۷۴۴^{e}$	$۹/۵۵۸^{e}$
		۲۸	$۵/۴۲۶^{d}$	۹^{c}	$۱۰/۸۱^{cd}$
	کنترل	۰	$۱/۷۵۳^{k}$	$۴/۳۱^{i}$	$۵/۸۷۳^{j}$
		۷	$۳/۸۶۳^{fg}$	$۵/۹۸۵^{h}$	$۷/۵۴۸^{h}$
		۱۴	$۴/۷۰۱^{e}$	$۷/۱۵۷^{fg}$	$۸/۷۲۱^{f}$
		۲۱	$۵/۳۷۱^{d}$	$۷/۸۲۷^{e}$	$۹/۳۹۱^{e}$
		۲۸	$۶/۴۵۹^{c}$	$۸/۹۱۶^{c}$	$۱۰/۴۸^{d}$
FL485	شوری	۰	$۱/۳۸^{lm}$	$۲/۶۷۹^{j}$	$۳/۶۱۲^{k}$
		۷	$۲/۲۸۳^{j}$	$۵/۷۸۹^{h}$	$۶/۹۶۲^{i}$
		۱۴	$۳/۱۶۵^{h}$	$۷/۳۸^{f}$	$۸/۵۵۳^{f}$
		۲۱	$۵/۵۹۴^{d}$	$۹/۱۶۷^{c}$	$۱۰/۹۸^{c}$
		۲۸	$۷/۱۸۵^{b}$	$۱۰/۷۶^{b}$	$۱۲/۵۷^{a}$
	کنترل	۰	$۱/۷۱۴^{kl}$	$۲/۸۸۶^{j}$	$۲/۶۵۶^{l}$
		۷	$۳/۲۰۳^{h}$	$۷/۸۲۷^{e}$	$۷/۴۶۴^{h}$
		۱۴	$۳/۶۹۶^{g}$	$۸/۳۷۳^{d}$	$۸/۰۵۱^{g}$
		۲۱	$۶/۱۲۴^{c}$	$۱۰/۸۵^{b}$	$۱۰/۴۸^{d}$
		۲۸	$۷/۷۱۶^{a}$	$۱۲/۴۳^{a}$	$۱۲/۰۷^{b}$

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 ($p\leq ۰/۰۵$) عملکرد و اجزاء عملکرد دانه در رقم حساس شد (جدول ۷). عملکرد در شرایط شور تابعی از غلظت سدیم، مرحلهٔ 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 حال‌آن‌که در رقم متحمل ۱۱/۴ درصد بود. عدم تعادل بین یون‌های سدیم و پتاسیم از علل کاهش عملکرد دانه ذکرشده، 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.

www.SID.ir

Arshive of SID

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

رقم	شوری (6 dS m^{-1})	زمان (روز)	غلظت منیزیم (mg g^{-1} dw) خوشه	برگ پرچم	ساقه
IR29	شوری	۰	۳/۱۷^{bc}	۴/۲۸^{de}	۳/۱۱۶^{cde}
		۷	۲/۸۳۳^{ef}	۳/۹۴۳^{f}	۲/۷۷۹^{efg}
		۱۴	۲/۵۳^{h}	۳/۶۴^{g}	۲/۴۷۶^{gh}
		۲۱	۱/۸۱۲^{l}	۲/۹۲۲^{j}	۱/۷۵۸^{j}
		۲۸	۱/۵۹۶^{n}	۲/۷۰۶^{k}	۱/۵۴۲^{j}
	کنترل	۰	۳/۲۵۷^{ab}	۴/۷۸۵۸^{ab}	۳/۸۹۱^{a}
		۷	۲/۹۲^{e}	۴/۴۸۸^{c}	۳/۵۵۴^{ab}
		۱۴	۲/۴۹۶^{h}	۴/۰۲۴^{f}	۳/۱۳^{bcde}
		۲۱	۱/۷۷۸^{m}	۳/۳۰۵^{i}	۱/۷۴۸^{j}
		۲۸	۱/۷^{m}	۳/۲۲۸^{i}	۲/۳۳۴^{h}
FL485	شوری	۰	۳/۲۸۳^{a}	۴/۴۷۹^{c}	۳/۳۱۵^{bcd}
		۷	۳/۰۳۲^{d}	۴/۲۲۸^{e}	۳/۰۶۴^{def}
		۱۴	۲/۲۶۹^{g}	۳/۸۹۱^{f}	۲/۷۲۷^{efgh}
		۲۱	۲/۲۷۱^{j}	۶/۴۶۷^{h}	۲/۳۰۳^{hi}
		۲۸	۱/۸۷۴^{l}	۳/۰۳۴^{j}	۱/۸۷۹^{ij}
	کنترل	۰	۳/۲۶۲^{a}	۴/۹۱۵^{a}	۳/۴۹۳^{abcd}
		۷	۳/۱۳۶^{c}	۴/۷۵۱^{b}	۳/۸۵۷^{a}
		۱۴	۲/۷۹۹^{f}	۴/۴۱۳^{cd}	۳/۵۱۹^{abc}
		۲۱	۲/۳۷۵^{i}	۳/۹۹^{f}	۳/۰۹۵^{cdef}
		۲۸	۱/۹۵۱^{k}	۳/۵۶^{gh}	۲/۶۷۲^{fgh}

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

ارقام	تیمار	تعداد پنجه	تعداد سنبلچه در سنبله	تعداد سنبلچه‌های پرشده	وزن هزار دانه (گرم)	طول سنبله (سانتی‌متر)	دانه‌های پرشده (درصد)	وزن سنبله (گرم)	عملکرد دانه (گرم درگیاه)
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	۱/۷۷	۸/۵۹	۷/۶۲	۰/۷۴	۲/۱۵	۴/۷۳	۰/۲۱	۳/۴۳
	CV%	۱۵/۹	۵/۸۳	۶/۱۵	۲/۲۱	۷/۵۹	۳/۰۹	۶/۸۲	۱۷/۶۲

در رقم متحمل درصد کاهش عملکرد و اجزاء آن معنی‌دار نبود. در مطالعه‌ای نتایج حاصل از ارزیابی شوری بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام مختلف برنج متفاوت بوده و رقم حساس تا ۴۰درصد 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).

www.SID.ir

Arshive of SID

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 به‌دنبال 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. ازاین‌رو اندازه‌گیری این عناصر در اندام‌هایی نظیر خوشه و برگ پرچم می‌تواند به‌عنوان 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.

www.SID.ir

Arshive of SID

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 Physiol.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 trans-membrane 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 Priscu, 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,

www.SID.ir

Arshive of SID

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 JAgricult: 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.

www.SID.ir