[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.159]

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 11:14 IRST on Saturday February 24th 2018

بررسی تحمل شوری در یک جمعیت تلاقی برگشتی پیشرفته برنج براساس غلظـت برخی مواد معـدنی در مرحله گیاهچه

سپیده محمدی چمناری[۱*]، سعداله هوشمند[۲] و مریم حسینی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۲۴)

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی اثر تنش شوری بر جذب یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم و نسبت این یون‌ها و وراثت‌پذیری آنهـا در مرحلـه گیاهچه‌ای در یک جمعیت تلاقی برگشتی پیشرفته (BC_2F_6) برنج حاصل از تلاقی رقم هاشمی و لاین IR67418-110-32222 (IR-22) بود. نتایج تجزیه واریانس حاکی از تفاوت بسیار معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها، سطوح تنش و هم‌چنین برهمکنش تنش و ژنوتیپ بود که بیانگر تنـوع ژنتیکی در جمعیت، تأثیر شوری بر صفات و واکنش متفاوت لاین‌ها در قبال شوری می‌باشد. در جمعیت مورد بررسی شوری باعث کاهش جذب یون K، افزایش جذب Na و افزایش غلظت یون Ca، نسبت‌های Na/Ca و Na/K در اندام هوایی شد. میانگین صفات جمعیت تلاقی برگشتی در تمام صفات در هر دو محیط تنش و بدون تنش شوری، حد واسط میانگین والدین و در اغلب موارد نزدیک به میزان والد تکرار شونده (رقم هاشمی) بود که نشان دهنده تأثیرگذاری بیشتر ژن‌های رقم هاشمی در بروز صفات در این جمعیت می‌باشد. هم‌چنـین وجـود تفکیک متجاوز برای کلیه صفات در جمعیت مورد مطالعه مشاهده گردید. همبستگی ژنتیکی بین صفات در مقایسه بـا همبسـتگی فنـوتیپی دارای روندی مشابه، اما با ضرایب بزرگتر بود. قوی‌ترین همبستگی در شرایط بدون تنش و تنش شوری به‌ترتیب مربوط بـه درصـد Na بـا Na/K (r_g = ۰/۸۹) و درصد Ca با Na/Ca (r_g = -۰/۸۸**) بود. میزان وراثت‌پذیری بالای صفات فوق در این جمعیت، امکـان انتخـاب برای تحمل به شوری بر مبنای این صفات را فراهم می‌نماید. بر مبنای این نتایج می‌توان لاین‌هایی از جمعیت هم‌چون لاین شـماره ۱۳۹ را به‌عنوان متحمل به شوری در این مرحله رشدی نامزد نمود.**

واژه‌های کلیدی: برنج، تنش شوری، غلظت عناصر، همبستگی، وراثت پذیری، تلاقی برگشتی پیشرفته

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۳. استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Sepideh.mohammadi.ch@gmail.com

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.159]
Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 11:14 IRST on Saturday February 24th 2018

مقدمه

وجود خاک و یا آب شور (تنش شوری) در سطح وسیعی از اراضی جهان و عدم بارندگی کافی با پراکنش مناسب (تنش خشکی) مهم‌ترین عوامل کاهش تولیدات کشاورزی در سطح جهان بوده و محدودیت‌هایی را برای گسترش فعالیت‌های زراعی ایجاد نموده است (۲۲). بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی در سرتاسر جهان با مشکل شوری و یا قلیائیت روبه‌رو می‌باشند و این مقدار برابر با ۲۰ درصد اراضی قابل کشت و ۵۰ درصد اراضی آبی جهان می‌باشد (۲۳). در کشورهای آسیایی از جمله ایران، شوری به‌عنوان یک معضل مهم مطرح است. حتی در بسیاری از این کشورها شوری و قلیائیت به‌نحوی گسترش یافته است که به تهدیدی عمده برای اقتصاد ملی آنها تبدیل شده است (۲۱).

براساس برآوردها بیش از ۱۵۰ میلیون هکتار از اراضی مساعد کشت برنج، در جهان تحت تأثیر شوری قرار دارند. فراوانی سدیم در خاک باعث کاهش در جذب پتاسیم توسط گیاه می‌شود (۹). در مجموع، عدم تعادل در نسبت یون پتاسیم به سدیم (K/Na)، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین جنبه‌های تحمل به شوری شناخته می‌شود (۲۹) و ارقام متحمل به شوری گیاهان زراعی، نسبت پتاسیم به سدیم بالایی را نشان می‌دهند (۲۷). سازوکار جذبی که بین یون‌های مشابه، نظیر سدیم و پتاسیم تمایز قائل می‌شود، می‌تواند یک شاخص انتخاب مفید برای گزینش ارقام متحمل در برنامه‌های اصلاحی به‌منظور بهبود و جذب مؤثر عناصر غذایی باشد (۱۴).

برنج را جزء گیاهان حساس و نیمه حساس به شوری طبقه‌بندی می‌کنند. واکنش برنج به شوری در مراحل مختلف رشد متغیر است (۲۰). گیاه برنج در مرحله جوانه‌زنی به شوری نسبتاً متحمل، در اوایل دوره گیاهچه‌ای (۱ تا ۲ برگی) خیلی حساس شده و مجدداً در مرحله رشد رویشی مقاوم می‌گردد. در مرحله گرده‌افشانی و لقاح نیز به شوری حساس شده و در مرحله رسیدن دانه به‌طور فزآینده‌ای مقاوم‌تر می‌گردد. بنابراین برای مطالعه پاسخ گیاه برنج به تنش شوری لازم است که اثرات شوری در مراحل رشدی حساس به شوری هم‌چون مرحله گیاهچه مورد توجه قرار گیرد (۲۵).

لی و همکاران (۱۷) با مقایسه ارقام برنج ایندیکا و ژاپونیکا در شرایط شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در مرحله گیاهچه نشان دادند، ارقام ایندیکا کاهش بیشتری را از نظر تمام خصوصیات رشد نسبت به ارقام ژاپونیکا نشان دادند. ارقام مقاوم ایندیکا مقدار سدیم را به‌نحو بهتری دفع نمودند، آنها با جذب پتاسیم بیشتر نسبت سدیم به پتاسیم را در ساقه‌های خود پایین نگه داشتند. این محققین اعلام نموده‌اند میزان سدیم یا پتاسیم به تنهایی نمی‌تواند در تفکیک ارقام متحمل و حساس به‌کار گرفته شوند. حسین و همکاران (۱۳) در بررسی سازوکارهای تحمل به شوری برنج نشان دادند که گیاهان متحمل در شرایط شور نسبت‌های Na/K، Ca/Mg و Na/Ca ریشه و ساقه‌ی پایین‌تری دارند. آنها واکنش گیاه در جذب انتخابی یون‌های فوق را سازوکار اصلی تحمل به شوری در ارقام برنج معرفی نمودند. دیونی‌سیوسیسی و توبیتا (۲) افزایش معنی‌داری را در نسبت سدیم به پتاسیم در لاین‌های حساس از شوری ۶ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر گزارش نمودند. صبوری و همکاران (۲۵) با مطالعه ارقام بومی و اصلاح شده برنج ایرانی در شرایط شوری نشان دادند، مقادیر وراثت‌پذیری برای درصد سدیم و پتاسیم جذب شده و نسبت سدیم به پتاسیم بالا بود. هدف از اجرای این پژوهش، بررسی اثر تنش شوری بر جذب برخی مواد معدنی شامل سدیم، پتاسیم، کلسیم و نسبت این مواد در اندام هوایی و وراثت‌پذیری آنها در مرحله گیاهچه‌ای در یک جمعیت تلاقی برگشتی پیشرفته برنج بود.

مواد و روش‌ها

در این بررسی از یک جمعیت ژنتیکی حاصل از تلاقی برگشتی پیشرفته برنج BC_2F_6 استفاده گردید. این جمعیت شامل ۱۴۲ لاین حاصل از تلاقی هاشمی با لاین IR67418-110-32222 (که برای خلاصه‌سازی از این به بعد با IR-22 بیان می‌شود) بود. در تولید این جمعیت پس از تلاقی دو والد، نتاج حاصل

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.159]

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 11:14 IRST on Saturday February 24th 2018

دو بار با رقم هاشمی (به‌عنوان والد تکرار شونده) تلاقی برگشتی داده شده و سپس نتاج حاصل از طریق Single Seed Descent شش نسل پیش برده شده‌اند. هدف اصلی تولید این جمعیت بررسی ژنتیکی صفات مرتبط با کیفیت بوده است چون، هاشمی رقمی ایرانی است با کیفیت مطلوب پخت اما عملکرد نسبی پایین و در مقابل لاین IR-22 از لاین‌های خالص ارسالی از مؤسسه بین المللی تحقیقات برنج (ایری) است که عملکرد بالایی داشته اما کیفیت پخت آن مطلوب نیست (۱۱). با این حال بررسی اولیه والدین و نمونه تصادفی از لاین‌های این جمعیت در چندین غلظت شوری نشان داد رقم هاشمی نسبت به لاین IR-22 به شوری متحمل‌تر است و لاین‌ها نیز از تنوع مطلوبی برای تحمل به شوری برخوردارند (داده‌ها آورده نشده است) و لذا جمعیت برای این بررسی انتخاب گردید. والدین تلاقی، ۱۴۲ لاین جمعیت مورد بررسی و ارقام شاهد (دو رقم S_2 و S_{28} به‌عنوان مقاوم و دو رقم S_{32} و S_{35} به‌عنوان حساس به شوری)، در دو سطح شوری کلرید سدیم شامل سطح بدون تنش و تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش در هرکدام از شرایط تنش و بدون تنش به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد اجرا گردید. دمای روزانه ۲ ± ۲۲ درجه سانتی‌گراد، دمای شبانه ۲ ± ۱۷ درجه سانتی‌گراد، طول روز حدود ۱۴ ساعت و رطوبت نسبی حدود ۶۰ درصد بود. جهت تغذیه گیاهان ازمحلول غذایی یوشیدا (۳۲) استفاده شد و تیمار شوری ۳۰ روز پس از کشت اعمال گردید. در این زمان اغلب گیاهان در مرحله پنج تا شش برگی بودند. برای کشت از ظروف پلاستیکی ۶۰ × ۴۰ × ۲۰ سانتی‌متر استفاده گردید. ابتدا برای اطمینان از عدم آلودگی سطحی، بذور با محلول هیپوکلرید سدیم ۵ درصد ماده تجاری به‌مدت ۵ دقیقه ضد عفونی شدند و سپس چندین بار با آب مقطر شستشو گردیدند. این بذور بر روی کاغذهای صافی استریل در دمای ۲۵ درجه قرار داده شدند. پس از جوانه‌دار شدن بذور، در هر واحد آزمایشی از هر لاین ۲۰ بذر با فاصله دو سانتی‌متر در صفحه‌های یونولیت که در ظروف کشت قرار داده شده بودند، کشت شد. محلول غذایی هر هفت روز تعویض شد. میزان pH محلول غذایی به‌طور روزانه آزمون و با استفاده از NaOH و HCl در دامنه ۶ – ۵ نگه داشته شد. چهار هفته پس از اعمال شوری غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم و غلظت Ca و نسبت آنها برای واحد آزمایشی به‌شیوه امامی (۳) تعیین گردید. در این راستا ابتدا اندام هوایی و ریشه گیاه را به‌طور جداگانه برداشت نموده و سپس نمونه‌ها در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. نمونه‌های خشک شده اندام هوایی را با استفاده از آسیاب پودر نموده و ۰/۳ گرم از نمونه گیاهی آسیاب شده درون فالکون ۱۵ میلی‌لیتری ریخته شد و ۲/۳ حجم از مخلوطی که از قبل تهیه شده بود و شامل ۶ گرم اسید سالسیلیک، ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ و ۱۸ میلی‌لیتر آب مقطر بود به نمونه پودر شده در یک بالن ژوژه اضافه شد و به‌مدت ۲۴ ساعت در محیط آزمایشگاه نگهداری شد. پس از ۲۴ ساعت نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت درون حمام آب‌گرم (بن ماری) با دمای ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس جهت بی‌رنگ کردن، به آنها چند قطره آب اکسیژنه اضافه شد. در نهایت غلظت Na و K محلول به‌دست آمده با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (مدل Genway) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری Ca از دستگاه جذب اتمی (Atomic Absorption) مدل پرکین ۴۰۰ (Perkin 400) استفاده گردید. در این زمینه ضمن اینکه فیلتر دستگاه روی عنصر سدیم و یا پتاسیم بر حسب نیاز تنظیم شد. ابتدا با آب مقطر دوبار تقطیر و سپس با نمونه‌های استاندارد دستگاه کالیبره و حسب مورد سدیم و یا پتاسیم نمونه قرائت گردید. ضمن اینکه کالیبراسیون بعد از تعدادی قرائت مجدداً صورت می‌پذیرفت. تجزیه واریانس صفات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد و اجزاء واریانس بر مبنای امید ریاضی به‌دست آمد و وراثت‌پذیری برآورد شد. در این راستا از فرمول (۱) استفاده شد (۴).

$$h_b^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \frac{\sigma_e^2}{r}} \qquad (۱)$$

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.159]

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 11:14 IRST on Saturday February 24th 2018

در این فرمول‌ها، h^2_b توارث‌پذیری عمومی، σ^2_g برآوردی از واریانس ژنتیکی بین لاین‌های جمعیت و r تعداد تکرار می‌باشد. ضرایب همبستگی فنوتیپی (پیرسون) و ژنتیکی بین صفات روی میانگین ۱۴۲ لاین جمعیت محاسبه گردید. ضرایب همبستگی ژنوتیپی با محاسبه کواریانس ژنتیکی در تجزیه کواریانس و برآورد واریانس ژنتیکی در تجزیه واریانس با توجه به فرمول (۲) محاسبه گردید (۴).

$$r_g = \frac{\sigma_{xy}}{\sqrt{\sigma^2_{gx} \times \sigma^2_{gy}}} \qquad (۲)$$

در این فرمول σ_{xy} کواریانس ژنتیکی بین صفات x و y، هم‌چنین σ^2_{gx} و σ^2_{gy} به‌ترتیب واریانس ژنتیکی صفات x و y می‌باشند. کلیه تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گردید.

نتایج و بحث

اثر ژنوتیپ در تجزیه واریانس جداگانه در دو محیط تنش شوری و بدون تنش (داده‌ها آورده نشده است) و هم‌چنین در تجزیه واریانس مرکب (جدول ۱)، برای میزان یون‌های معدنی مورد مطالعه (سدیم، پتاسیم و کلسیم) و نسبت این یون‌ها در اندام هوایی بسیار معنی‌دار ($P \leq ۰/۰۱$) بود. این موضوع بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بالای این صفات در جمعیت تلاقی برگشتی پیشرفته (BC_2F_6) برنج مورد بررسی است. هم‌چنین معنی‌دار ($P \leq ۰/۰۱$) شدن اثر تنش و برهمکنش تنش و ژنوتیپ (جدول ۱)، به‌ترتیب بیانگر تأثیر تنش شوری بر ویژگی‌های مذکور و روند متفاوت برخی ژنوتیپ‌ها در واکنش به سطوح شوری برای میزان سدیم، پتاسیم و کلسیم و نسبت این یون‌ها در جمعیت مورد مطالعه است. صبوری و همکاران (۲۶) نیز تأثیر تنش شوری، ژنوتیپ و اثر متقابل این دو عامل را بر یون‌های سدیم، پتاسیم و نسبت این دو گزارش نموده‌اند.

در هر دو محیط بدون تنش و تنش شوری وراثت‌پذیری بسیار بالایی برای صفات غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم، نسبت یون سدیم به پتاسیم و سدیم به کلسیم در اندام هوایی برآورد شد (جدول ۲) که با نتایج صبوری و همکاران (۲۵) در یک راستا بود. برآورد وراثت‌پذیری بالا برای این صفات بیانگر سهم پایین آثار محیطی بر بروز میزان این یون‌ها و نسبت آنها در اندام هوایی در بین لاین‌های BC_2F_6 برنج بود، بنابراین این صفات می‌توانند جهت اهداف اصلاحی به‌کار روند. بالاترین میزان وراثت‌پذیری مربوط به یون کلسیم برابر با ۹۹/۳۲ در هر دو محیط تنش شوری و بدون تنش بود، که این موضوع بیانگر این است که این یون نسبت به سایر یون‌ها کمتر تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد.

اعمال تنش شوری (۸ dS/m) در مقایسه با عدم تنش باعث تغییر معنی‌دار در عناصر و نسبت‌های آنها در میانگین کل ژنوتیپ‌های مورد بررسی (۱۴۸ ژنوتیپ) گردید. به‌نحوی که جذب سدیم را به‌شدت (حدود سه برابر) افزایش داده است (جدول ۲). به‌طورکلی میزان بالای سدیم در اندام هوایی موجب مشکلات اسمزی و فیزیولوژیک در گیاه می‌گردد (۸ و ۲۸)، و محققین مختلف از جمله یئو و فلاورز (۳۰)، تستر و دانپورت (۲۸) عامل اصلی خسارت ناشی از تنش شوری در برنج را بالا رفتن میزان سدیم و در نتیجه سمیت این عنصر در گیاه می‌دانند و علاوه بر این در گزارش فرهمندفر و همکاران (۵) و میردارمنصوری و همکاران (۱۹) نیز افزایش میزان سدیم در اندام هوایی برنج در پی تنش شوری مشاهده گردیده است.

در این بررسی شوری موجب افزایش معنی‌دار غلظت کلسیم (حدود ۲۰٪) گردید (جدول ۲). افزایش غلظت کلسیم بر اثر تنش شوری که توسط زِنگ و شانون (۳۳) در برنج، هوشمند و همکاران (۱۲) در گندم دوروم و خورشیدی و همکاران (۱۵) در یونجه نیز گزارش گردیده است، که در این موارد می‌تواند حاکی از تلاش گیاه در جلوگیری از صدمات ناشی از شوری و یا سازگار شدن گیاه به محیط باشد. در مقابل کاهش کلسیم در اندام هوایی گندم نان در محیط شور توسط منگوزو و همکاران (۱۸) و در کلزا توسط پرسلی و همکاران (۲۴) مشاهده گردیده است.

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.159]

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 11:14 IRST on Saturday February 24th 2018

جدول ۱. میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس مرکب برای غلظت برخی مواد معدنی در جمعیت B_2F_6 برنج در مرحله گیاهچه

منابع تغییر	درجه آزادی	صفات مورد مطالعه				
		Na^+	K^+	Ca^{2+}	Na^+/K^+	Na^+/Ca^{2+}
تنش	۱	۸/۹**	۱۱۹/۴**	۳/۸**	۴/۰۶**	۱۶/۸**
تکرار درون تنش	۴	۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۲
ژنوتیپ	۱۴۷	۰/۰۱**	۰/۷۵**	۰/۲۲**	۰/۰۱**	۵/۴**
تنش × ژنوتیپ	۱۴۷	۰/۰۱**	۰/۳۸**	۰/۰۸**	۰/۰۱**	۳/۹**
خطا	۵۸۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۲. میانگین و وراثت‌پذیری غلظت برخی مواد معدنی در جمعیت B2F6 برنج در مرحله گیاهچه

محیط		صفات مورد مطالعه Ï				
		Na^+ (%)	K^+ (%)	Ca^{2+} (%)	Na^+/K^+	Na^+/Ca^{2+}
بدون تنش		۰/۰۹	۲/۶۱	۰/۵۶	۰/۰۴	۰/۱۶
تنش شوری ۸ dS/m		۰/۲۹	۱/۸۷	۰/۶۹	۰/۱۶	۰/۴۲
* درصد تغییر		۲۲۲/۲	-۲۸/۴	۲۳/۲	۳۲۵	۱۶۲/۷
وراثت‌پذیری	محیط بدون تنش	۹۷/۱۸	۹۷/۸۸	۹۹/۳۲	۹۶/۸۱	۹۷/۳۳
	محیط تنش شوری	۹۷/۸۴	۹۴/۳۵	۹۹/۳۲	۹۷/۸۸	۹۷/۶

Ï. برای هر صفت اختلاف میانگین دو محیط در آزمون LSD و سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است.

* : درصد تغییر ویژگی در محیط تنش شوری نسبت به محیط بدون تنش.

این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از مکانیزم‌های متفاوت گیاهان در واکنش به شوری و یا متفاوت بودن شرایط از جمله میزان تنش شوری اعمال شده باشد. هرچند افزایش غلظت سدیم در محیط ریشه موجب کاهش فعالیت و قابلیت دسترسی کلسیم در غشاء سلولی ریشه شده و در نتیجه انتقال خیلی زیادتر سدیم نسبت به کلسیم به اندام هوایی، در پی این تنش، نسبت سدیم به کلسیم (Na/Ca) به بیش از ۲/۵ برابر رسیده است (جدول ۲). این نتایج با گزارش علی‌اصغرزاده و اسفندیاری (۱) مطابقت دارد.

پتاسیم به‌عنوان یک عنصر پرمصرف در گیاهان عالی یک تنظیم کننده اسمزی می‌باشد و در صورت فراهم بودن باعث کاهش پتانسیل اسمزی (پتانسیل آب) محیط داخل سلول می‌شود (۷). اما همان‌گونه که در بررسی حاضر دیده شد تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار و حدود ۳۰ درصدی پتاسیم شده است (جدول ۳). این کاهش در کنار افزایش غلظت سدیم باعث گردیده است تا نسبت Na/K در محیط تنش در مقایسه با عدم تنش، تغییر معنی‌دار ($P \leq ۰/۰۱$) و بیش از ۴ برابری داشته باشد. این عدم توازن احتمالاً باعث رقابت سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌های غشاء پلاسمایی و عدم ثبات غشاء پلاسمایی می‌گردد که می‌تواند بخشی از آسیب‌های تنش شوری به گیاه باشد (۶). لذا می‌توان گفت ژنوتیپ‌های با جذب بیشتر پتاسیم و هم‌چنین نسبت پایین‌تر Na/K می‌توانند در مقابله با شوری موفق‌تر عمل نمایند و به‌عبارتی متحمل‌تر به شوری باشند. فرهمندفر و همکاران (۵) و میردارمنصوری و

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 11:14 IRST on Saturday February 24th 2018 [DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.159]

جدول ۳. مقادیر والدین به‌همراه میانگین، بیشینه و کمینه لاین‌های BC_2F_6 برنج و ژنوتیپ‌های شاهد غلظت برخی مواد معدنی در شرایط بدون تنش و تنش شوری در مرحله گیاهچه

لاین‌ها		شرایط بدون تنش شوری						شرایط تنش شوری				
		Na^+ (%)	K^+ (%)	Ca^{2+} (%)	Na^+/K^+	Na^+/Ca^{2+}	Na^+ (%)	K^+ (%)	Ca^{2+} (%)	Na^+/K^+	Na^+/Ca^{2+}
والدین	هاشمی	۰/۱۴	۲/۸۷	۰/۵۶	۰/۰۵	۰/۲۵	۰/۳	۲/۱۸	۰/۵۷	۰/۱۴	۰/۵۲
	IR22	۰/۰۵	۲/۱۱	۰/۳۹	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۳۵	۱/۸۷	۰/۷۶	۰/۱۹	۰/۴۶
میانگین جامعه تلاقی برگشتی		۰/۰۹	۲/۶۱	۰/۵۶	۰/۰۴	۰/۱۶	۰/۲۹	۱/۸۷	۰/۶۹	۰/۱۶	۰/۴۲
کمینه لاین‌های تلاقی برگشتی		۰/۰۱	۱/۴۸	۰/۳	۰/۰۰۴	۰/۰۲	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۳۷	۰/۰۵	۰/۱۴
شماره لاین تلاقی برگشتی		۱۲۲ و ۱۲۵	۴۴ و ۲۰	۲۴ و ۴۹	۱۲۲ و ۱۲۵	۱۲۵	۱۳۹	۴۶ و ۵۵	۷۹	۱۲ و ۱۳۹	۱۳۹
بیشینه لاین‌های تلاقی برگشتی		۰/۱۵	۳/۶۳	۱/۷۳	۰/۰۸	۰/۳۸	۰/۴	۲/۶۱	۲/۲۶	۰/۵	۰/۸۸
شماره لاین تلاقی برگشتی		۳۹	۵۳	۱۴۱	۴۴	۴۹	۵۵	۸۵ و ۱۳۹	۱۲۹	۳ و ۵۵	۷۹
کمینه شاهدها		۰/۰۶	۲/۱۵	۰/۵۶	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۲۶	۱/۹۴	۰/۵۸	۰/۱	۰/۳۹
اسم رقم		S_{28} و S_{32}	S_{35}	S_{28}	S_{32}	S_{32}	S_{28}	S_{32}	S_{35}	S_{28}	S_2
بیشینه شاهدها		۰/۱	۲/۴۸	۰/۸۳	۰/۰۵	۰/۱۵	۰/۴۲	۲/۵	۰/۷	۰/۲۱	۰/۷
اسم رقم		S_{35}	S_{32}	S_{32}	S_{35}	S_{35}	S_{35}	S_{28}	S_2	S_{35}	S_{35}
LSD 5% ژنوتیپ‌ها در هر ستون		۰/۰۱	۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۲۵	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.159]

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 11:14 IRST on Saturday February 24th 2018

همکاران (۱۹) نیز افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در برنج‌ها ایرانی را با افزایش شوری گزارش نموده‌اند.

مقادیر والدین به‌همراه میانگین، بیشینه و کمینه لاین‌های BC_2F_6 جمعیت برنج و ژنوتیپ‌های شاهد برای صفات مورد بررسی در تیمار بدون تنش و تنش شوری در جدول ۳ آورده شده است. مقایسه میانگین والدین برای میزان سدیم نشان می‌دهد در محیط بدون تنش میزان غلظت یون سدیم رقم هاشمی به‌عنوان والد تکرار شونده برابر با ۰/۱۴٪ و حدود سه برابر غلظت این یون در والد دیگر (IR-22) بود. اعمال تنش شوری غلظت Na در هر دو والد را افزایش داد، اما این غلظت در رقم هاشمی حدود دو برابر ولی در لاین IR-22 هفت برابر گردید و در کل در این محیط میزان سدیم لاین IR-22 بیش از غلظت این یون در رقم هاشمی گردید. از طرف دیگر اختلاف کلیه ویژگی‌های مورد ارزیابی در والدین در هر دو محیط تنش و بدون تنش معنی‌دار بود و علاوه بر Na، تغییرات K، Ca، نسبت Na/K و Na/Ca والد هاشمی زمانی که در محیط تنش شوری قرار گرفت کمتر از لاین IR-22 بود. این موضوع می‌تواند ناشی از تحمل بیشتر رقم هاشمی در قبال شوری در مقایسه با لاین IR-22 باشد. یئو و فلاورز (۳۱) معتقدند که ارقامی که مقدار کمتری یون سدیم و با غلظت کمتر در اندام هوایی خود انباشته می‌کنند، از سازوکار رقیق‌سازی نمک و تجمع آن در واکوئل‌ها برخوردارند و موفق می‌شوند که از اثرات سوء نمک تا حدی مصون بمانند. ارقام پا بلند، برگ‌های ضخیم‌تر و باریک‌تر و نسبت سطح برگ کمتری دارند. برگ‌های ضخیم‌تر دارای بافت پارانشیمی بیشتر و تعداد واکوئل بیشتری هستند و در نتیجه بهتر می‌توانند نمک‌ها را در واکوئل ذخیره کنند (۲۵). با توجه به ارتفاع بیشتر هاشمی نسبت به IR-22 (۱۱) احتمالاً یکی از دلایل تحمل بیشتر این رقم در مقابل والد دیگر می‌تواند همین مکانیسم باشد.

مقایسه میانگین صفات لاین‌های جمعیت تلاقی برگشتی و میانگین والدین (جدول ۳) نشان می‌دهد در تمام صفات در هر دو محیط تنش و بدون تنش شوری این میانگین‌ها حد واسط میانگین والدین قرار گرفته است. با این حال این میانگین‌ها در اغلب موارد به‌میزان رقم هاشمی نزدیک‌تر هستند. از آنجا که هاشمی به‌عنوان والد تکرار شونده در تلاقی شرکت داده شده است و این والد سهم بالاتری درمجموعه ژنی جمعیت دارد، این موضوع دور از انتظار نیست. دامنه تغییرات صفات در جمعیت BC_2F_6 برنج مورد بررسی نشان داد در کلیه صفات برخی از لاین‌ها مقداری بیشتر از والد برتر و یا کمتر نسبت به والد با ارزش پایین داشتند (جدول ۳). به‌عنوان مثال در محیط بدون تنش میزان غلظت یون سدیم به‌ترتیب دامنه تغییراتی از ۰/۰۱٪ (لاین‌های ۱۲۲ و ۱۲۵) تا ۰/۱۵٪ (لاین ۳۹) و در شرایط تنش شوری این دامنه بین ۰/۱۲٪ (لاین ۱۳۹) تا ۰/۴٪ (لاین ۵۵) بود که این لاین‌های کرانه در هر دو محیط اختلاف معنی‌داری با والدین داشتند. بین این دو والد از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. هم‌چنین انجام مقایسات میانگین در شرایط بدون تنش (جدول ۳)، برای میزان غلظت یون پتاسیم در اندام هوایی وجود اختلاف معنی‌دار بین لاین‌های والدینی و اختلاف معنی‌دار لاین‌های دارای مقدار کمینه (لاین‌های ۲۰ و ۲۴) با والد کمتر (IR-22) و لاین دارای مقدار بیشینه (۵۳) با والد برتر (هاشمی) از نظر این صفت را معین نمود. در شرایط تنش شوری بیشترین میزان غلظت یون پتاسیم مربوط به لاین‌های ۸۵ و ۱۳۹ با داشتن غلظت پتاسیم ۲/۶۱ و کمترین میزان غلظت این یون متعلق به لاین‌های ۴۶ و ۵۵ با غلظت ۰/۲۱ بود. والد هاشمی نسبت به والد IR-22 میزان یون پتاسیم بیشتری را در اندام هوایی خود تجمع داده و اختلاف آنها با یکدیگر معنی‌دار شد. این نتایج بیانگر وجود تفکیک متجاوز برای کلیه صفات در جمعیت BC_2F_6 برنج مورد مطالعه است. این موضوع می‌تواند دلیل بر وجود بیش از یک مکان ژنی در کنترل هر یک از این صفات و یا به عبارتی دیگر کمی بودن توارث آنها در این جمعیت باشد، که با گزارشات قبلی (۱۰ و ۱۶) در این زمینه مطابقت دارد. علاوه بر این مقایسه کمینه و بیشینه لاین‌های جمعیت تلاقی برگشتی با کمینه و بیشینه لاین‌های شاهد (S_2 و S_{28} به‌عنوان مقاوم و S_{32} و S_{35} به‌عنوان

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.159]
Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 11:14 IRST on Saturday February 24th 2018

حساس به شوری)، در شرایط تنش شوری (جدول ۳) نشان می‌دهد در هر دو جهت (کمینه و بیشینه) در این جمعیت لاین‌هایی وجود دارند که نسبت به لاین‌های شاهد اختلاف معنی‌دار نشان می‌دهند. به‌عنوان مثال کمینه Na، K و نسبت این دو یون در جمعیت (به‌ترتیب ۰/۱۲، ۰/۲۱ و ۰/۰۵) نسبت به کمینه آن در لاین‌های شاهد (به‌ترتیب ۰/۲۶، ۱/۹۴ و ۰/۱ و مربوط به لاین‌های S_{28}، S_{32} و S_{28}) و هم‌چنین بیشینه Na، K و نسبت این دو یون در جمعیت (به‌ترتیب ۰/۴، ۲/۶۱ و ۰/۵) نسبت به بیشینه آن در لاین‌های شاهد (به‌ترتیب ۰/۴۲، ۲/۵ و ۰/۲۱ و مربوط به لاین‌های S_{35}، S_{28} و S_{35}) اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهند. این موضوع علاوه بر تأیید تنوع گسترده برای صفات مورد مطالعه در جمعیت، این امید را فراهم می‌نماید که بتوان لاین‌های مقاومی را با استفاده از این شاخص‌ها در جمعیت یافت. در این بین از آنجا که غلظت پایین سدیم و نسبت کم یون سدیم به کلسیم (Na/Ca) و نسبت کم یون سدیم به پتاسیم (Na/K) در محیط تنش شوری به‌عنوان معیار تحمل به شوری در برنج توسط لی و همکاران (۱۷)، زنگ و شانون (۳۳) و سایر غلات به‌عنوان مثال هوشمند و همکاران (۱۲) مطرح گردیده است. لذا لاین ۱۳۹ که دارای این ویژگی‌ها است می‌تواند کاندید مناسبی در این زمینه باشد.

مقادیر ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی صفات مورد ارزیابی در شرایط بدون تنش و تنش شوری به‌ترتیب در جدول ۴ و ۵ آورده شده است. در هر دو شرایط تنش و بدون تنش روند کلی بیانگر قوی‌تر بودن همبستگی ژنتیکی بین صفات نسبت به همبستگی فنوتیپی است. این موضوع در سایر مطالعات نیز گزارش گردیده است (۱۲). به‌طورکلی همبستگی فنوتیپی بین دو یا چند صفت ناشی از همبستگی‌های ژنتیکی و محیطی می‌باشد (۴). لذا این نتایج نشان می‌دهد هرچند هر دو گروه عوامل ژنتیکی و محیطی در بوجود آمدن همبستگی صفات فنوتیپی در این مطالعه می‌باشد، اما تأثیر عوامل ژنتیکی که ناشی از پلیوتروپی (تأثیر هم‌زمان یک ژن بر بیش از یک ویژگی) و عدم تعادل لینکاژی یا پیوستگی ژن‌ها می‌باشد، بیشتر است (۴). باید توجه داشت که برخی ژن‌ها می‌تواند پلیوتروپی مثبت و برخی پلیوتروپی منفی داشته باشند و برآیند این اثرات همبستگی ژنتیکی دو ویژگی را تعیین می‌کند. لذا ضرورتاً علامت همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی لازم نیست یکسان باشد.

در شرایط بدون تنش همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی بین درصد سدیم، پتاسیم و کلسیم معنی‌دار نبود، اما در شرایط تنش وضعیت متفاوت بود، به‌نحوی‌که همبستگی ژنتیکی بین درصد سدیم با کلسیم مثبت و معنی‌دار (r_g = ۰/۳۹**) و بین پتاسیم با سدیم (r_g=-۰/۳۶**) و هم‌چنین پتاسیم با کلسیم (r_g=-۰/۲۵**) منفی و معنی‌دار بود. همان‌گونه که انتظار می‌رفت هر دو همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی درصد سدیم با نسبت سدیم به پتاسیم و نسبت سدیم به کلسیم در هر دو شرایط و به‌ویژه در شرایط تنش شوری قوی مثبت و معنی‌دار ($P \leq$ ۰/۰۱) بود. از طرف دیگر درصد پتاسیم با نسبت سدیم به پتاسیم و درصد کلسیم با نسبت سدیم به کلسیم در هر دو شرایط منفی و معنی‌دار ($P \leq$ ۰/۰۱) بود، به نحوی‌که قوی‌ترین همبستگی در شرایط بدون تنش و تنش شوری به‌ترتیب مربوط به درصد Na با Na/K (r_g= ۰/۸۹**) و درصد Ca با Na/Ca (r_g=-۰/۸۸**) بود. این نتایج با گزارش فرهمندفر و همکاران (۵) و میردارمنصوری و همکاران (۱۹) مطابقت داشت. با توجه به ضرایب همبستگی، به‌نظر می‌رسد در شرایط تنش شوری جذب سدیم و پتاسیم مستقل از یکدیگر عمل نخواهد کرد و از این نظر با یکدیگر در رقابت هستند و همان‌گونه که از داده‌های جداول ۲ و ۳ نیز می‌توان نتیجه گرفت، با افزایش سدیم در محیط رشد، گیاه (به‌ویژه ارقام متحمل) سعی در افزایش جذب پتاسیم جهت مقابله با شوری دارند که منجر به ثابت نگه داشتن یا کاهش کم نسبت سدیم به پتاسیم در این ژنوتیپ‌ها نسبت به ژنوتیپ‌های حساس دارد.

به هر ترتیب در این بررسی در پی اعمال تنش شوری، افزایش سدیم اندام هوایی بیش از افزایش یون‌های پتاسیم و کلسیم بود، لذا افزایش نسبت سدیم به پتاسیم و سدیم به کلسیم در اندام هوایی شد (جداول ۲ و ۳). این موضوع باعث

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.159]

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 11:14 IRST on Saturday February 24th 2018

جدول ۴. ضرایب همبستگی فنوتیپی (پایین قطر) و ژنتیکی (بالای قطر) غلظت برخی مواد معدنی در محیط بدون تنش در جمعیت BC_2F_6 برنج

	Na^+ (%)	K^+ (%)	Ca^{2+} (%)	Na^+/K^+	Na^+/Ca^+
Na^+	–	۰/۰۷ ns-	۰/۰۹ ns	۰/۸۹**	۰/۸۵**
K^+	۰/۰۵ns	–	۰/۰۷ns-	۰/۶۹**-	۰/۲۳**-
Ca^{2+}	۰/۰۳ns	۰/۰۴ns	–	۰/۳۵**-	۰/۸۱**-
Na^+/K^+	۰/۸۵**	۰/۴۷**-	۰/۰۱ns	–	۰/۳۲**
Na^+/Ca^{2+}	۰/۷۹**	۰/۰۹ns-	۰/۴۸**-	۰/۷۳**	–

ns: عدم معنی‌دار، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار درسطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۵. ضرایب همبستگی فنوتیپی (پایین قطر) و ژنتیکی (بالای قطر) غلظت برخی مواد معدنی در محیط تنش شوری در جمعیت BC_2F_6 برنج

	Na^+ (%)	K^+ (%)	Ca^{2+} (%)	Na^+/K^+	Na^+/Ca^{2+}
Na^+	–	۰/۳۶**-	۰/۳۹**	۰/۴۵**	۰/۴۶**
K^+	۰/۱۲ ns	–	۰/۲۵**-	۰/۸۲**-	۰/۳۷**-
Ca^{2+}	۰/۳۱**	۰/۰۵ns	–	۰/۳۹**-	۰/۸۸**-
Na^+/K^+	۰/۳۰**	۰/۸۳**-	۰/۰۷ns	–	۰/۴۷**
Na^+/Ca^{2+}	۰/۴۱**	۰/۱۰ns-	۰/۶۹**-	۰/۳۲**	–

ns: عدم معنی‌دار، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار درسطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

همبستگی قوی بین سدیم و نسبت آن با پتاسیم و کلسیم به‌ویژه در محیط تنش شوری است که این نتایج با گزارشات قبلی (۱۷ و ۲۵) مطابقت دارد. مانز و تستر (۲۲) معتقدند ژنوتیپ‌های حساس به شوری، میزان سدیم بیشتری را به اندام هوایی منتقل می‌کنند، که در پی تجمع بیش از حد آن در بخش‌هایی هم‌چون سیتوپلاسم، کاهش فعالیت آنزیمی و کاهش شدید رشد گیاه را به‌دنبال دارد. در مقابل ژنوتیپ‌های متحمل، Na کمتری را از ریشه به بخش هوایی گیاه انتقال داده و یا تلاش می‌نمایند، این یون را بیشتر در واکوئل سلول‌های اندام هوایی ذخیره نمایند و در نتیجه از تجمع زیاد نمک در سیتوپلاسم ممانعت نمایند. این افزایش سدیم در کنار کاهش پتاسیم در شرایط تنش احتمالاً از علل عمده همبستگی ژنتیکی منفی این دو عنصر است که در این مطالعه مشاهده گردید. از طرف دیگر عدم همبستگی معنی‌دار فنوتیپی بین میزان پتاسیم اندام هوایی با غلظت کلسیم و نسبت سدیم به کلسیم در هر دو محیط بدون تنش و تنش شوری، می‌تواند بیانگر آن باشد که با وجود خاصیت آنتاگونیستی بین دو یون پتاسیم و کلسیم، کاهش غلظت یون پتاسیم تحت تنش شوری، میزان انباشتگی یون کلسیم در اندام هوایی را افزایش نداده است.

برنج نیز همانند بسیاری دیگر از گیاهان زراعی از مکانیسم‌های متعددی جهت مقابله با تنش شوری استفاده می‌کند. با توجه به این‌که کم بودن میزان غلظت یون سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و سدیم به کلسیم در گیاه تحت شرایط شور به‌عنوان یکی از معیارهای مهم مقاومت به شوری به‌شمار می‌رود بنابراین می‌توان گفت که لاین شماره ۱۳۹ از جمعیت BC_2F_6 برنج با دارا بودن غلظت سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و سدیم به کلسیم کمتر، از مقاومت به شوری بیشتری برخوردار است، این در حالی است که لاین شماره ۵۵ با داشتن بیشترین

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.159]

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 11:14 IRST on Saturday February 24th 2018

مقدار غلظت سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم در شرایط تنش شوری دارای مقاومت کمتری نسبت به شرایط تنش شوری است. در میان ارقام والدینی نیز رقم هاشمی به‌عنوان والد تکراری در دو بار تلاقی برگشتی جزو ارقام نسبتاً متحمل به شوری و رقم IR-22 به‌عنوان والد دوم جزو ارقام نسبتاً حساس به شوری قرار می‌گیرد. بنابراین نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که می‌توان از ارقام متحمل به شوری برای کشت در مناطقی با سیستم کشت مستقیم استفاده نمود، چون در این سیستم تحمل گیاهچه‌ها به شوری ضروری به‌نظر می‌رسد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله مراتب تقدیر و تشکر خود را از دانشگاه شهرکرد به‌خاطر تأمین بودجه این پژوهش، از آقای دکتر حسین صبوری به‌خاطر فراهم نمودن بذور لاین‌های شاهد و از سرکار خانم ناهید سادات حیدری که در مراحل مختلف انجام این پژوهش ما را یاری کرده‌اند اعلام می‌داریم.

منابع مورد استفاده

1. Aliasgharzade, M. and M. Esfandiari. 2004. Effect of dual incubations of *Sinorhizobium meliloti* and *Arbuscular mycorrizal* fungi on growth of salt stressed alfalfa. *In:* Proceeding of the CIGR International Conference. Beijing, China. pp. 11-14.
2. Dionisio-sese, M. L. and S. Tobita. 2000. Effect of salinity on sodium content and photosynthetic responses of rice seedlings in salt tolerance. *Journal of Plant Physiology* 157:54-58.
3. Emami, A. 1997. The Methods of Analysis Plant. Volume 1, Water and Soil Research Institute, Tehran. (In Farsi).
4. Falconer, D. S. and T. F. C. Machay. 1996. Introduction to Guantitative Genetics. Ronald Press, New York.
5. Farahmanfar, A., K. Postini, A. Fallah, R. Tavakolafshari and F. Moradi. 2009. Evaluation of salt tolerance on germination and seedling growth in Iranian rice cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Science* 40(3): 71-94. (In Farsi).
6. Ferreira-Silva, S. L., J. Silveira, E. Voigt, L. Soares and R. Viegas. 2008. Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 20(1): 51-59.
7. Flowers, T. J., P. F. Troke and A. R. Yeo. 1977. The mechanisms of salt tolerance in halophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 28: 183-221.
8. Flowers, T. J. and A. R. Yeo. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: Where Next? *Australian Journal of Plant Physiology* 22: 875-884.
9. Grattan, S. R. and C. M. Grieve. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulture* 78: 127-157.
10. Gregorgio, G. B. and D. Senadhira. 1993. Genetics analysis of salinity tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 86: 333-338.
11. Hosseini Chaleshtari, M., S. Houshmand, SH. Mohammadi, A. Tarang, M. Khoddambashi and H. Rahim Soroush. 2012. Mapping quantitative trait loci for plant height, heading time, growth duration and grain yield in two advanced back cross populations of rice. *Iranian Journal of Field Crop Science* 14(3): 235-249 . (In Farsi).
12. Houshmand, S., A. Arzani, S. A. Maibody. 2005. Evaluation of salt-tolerant genotypes of durum wheat drived from in vitro and field experiments. *Field Crops Research*. 19: 345-354.
13. Hussain, N., A. Ali, G. Sarwar, F. Mujeeb and M. Tahir. 2003. Mechanism of salt tolerance in rice. *Pedosphere* 13(3): 233-238
14. Khan, M. A., M. U. Shirazi, M. A. Khan, S. M. Mujtaba, E. Islam, S. Mumtaz, A. Shereen, R. U. Ansari and M. Y. Ashraf. 2009. Role of proline, K^+/Na^+ ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat. *Pakistan Journal of Botany* 41(2): 633- 638.
15. Khorshidi, M. B., M. Yarnia and D. Hassanpanah. 2009. Salinity effect on nutrients accumulation in alfalfa shoots in hydroponic condition. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 7(3-4): 787-790.
16. Koyama, M. L., A. Levesley, R. M. D. Koebner, T. J. Flowers and A. R. Yeo. 2001. Quantitative trait loci for component physiological traits determining salt tolerance in rice. *Plant Physiology* 125: 406-422.
17. Lee, K. S., W. Y. Choi, J. C. Ko, T. S. Kim and G. B. Gregorio. 2003. Salinity tolerance of japonica and ondica rice (*Oryza sativa* L.) at seedling stage. *Planta* 216(6): 1043-1046.

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.159]
Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 11:14 IRST on Saturday February 24th 2018

18. Meneguzzo, S., F. Navari-Izzo, R. Izzo. 2000. NaCl effects on water relations and accumulation of mineral nutrients in shoots, roots and cell sap of wheat seedling. *Journal of Plant Physiol*ogy 156: 711- 716.
19. Mirdar-Mansuri, SH., N. Babaeian-Jelodar and N. Bagheri. 2011. Evaluation of salt tolerance in Iranian rice cultivars based on salt tolerance and sensitive indices under hydroponic conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research* 9(4): 694-703. (In Farsi).
20. Mmohammadi-Nejad, G., A. Arzani, A. M. Rezaie, R. K. Singh, H. Sabouri, M. M. Majidi, M. H. Fotokian, A. Moumeni and G. B. Gregorio. 2009. Mapping of quantitative genes controlling Na^+ and K^+ content in rice under salinity. *Journal of Agricultural Biotechnology* 1(1): 81-101. (In Farsi).
21. Mmohammadi-Nejad, G., R. K. Singh, A. M. Rezaie, A. Arzani, B. Nahkoda, H. Fotokian, A. Moumeni and G. B. Gregorio. 2011. Fine-mapping of a major effect QTL responsible for salinity tolerance (*Saltol*) in rice. *Journal of Crop Biotechnolog* 1(1): 49-59. (In Farsi).
22. Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 651-681.
23. Nakhoda, B., H. Leung, M. S. Mendioro, G. Mohammadi-Nejad and A. M. Ismail. 2012. Isolation, characterization, and field evaluation of rice (*Oryza sativa* L., Var. IR64) mutants with altered responses to salt stress. *Field Crops Research* 127: 191-202.
24. Porcelli, C. A. Gutierrez Boone, F. H. Lavado, R. S. 1995. The K/Na and Ca/Na ratios and rapeseed yield, under soil salinity or sodicity. *Plant and Soil* 175, 251-255.
25. Sabouri, H., A. M. Rezaei, and A. Moumeni. 2008. Evaluation of salt tolerance in Iranian landrace and improved rice cultivars. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 45: 47-63. (In Farsi).
26. Sabouri, H., A. M. Rezaei, A. Moumeni, M. Kavousi, H. Shokri, M. Allahgholipour and H. Jafarian. 2009. Evaluation of relationship between some traits of Iranian rice (*Oryza sativa.* L.) seedlings under saline conditions. *Electronic Journal of Crop Production* 2(4): 1-22. (In Farsi).
27. Summart, J., P. Thanonkeo, S. Panichajakul, P. Prathepha and M. T. Mc Manse. 2010. Effect of salt stress on growth, inorganic ion and proline accumulation in Thai aromatic rice, Kaho Dawk Mail 105, *Callus Culture* 9 (2): 145- 152.
28. Tester, M. and R. Davenport. 2003. Na^+ tolerance and Na^+ transport in high plants. *Annals of Botany* 91: 503-527.
29. Turan, M. A., A. H. A. Elkiram, N. Taban and S. Tban. 2009. Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations in maize plant. *African Journal of Agricultural Research* 4(9): 893- 897.
30. Yeo, A. R. and T. J. Flowers. 1986. Salinity resistance in rice and a pyramiding approach to breeding varieties for saline soils. *Australian Journal of Plant Physiology* 13: 161-173.
31. Yeo, A. R. and T. J. Flowers. 1984. Mechanism of salinity resistance in rice and their role as physiological criteria in plant breeding. PP. 151-170. *In*: R. C. Staples and G. A. Toenniessen (Eds.), Salinity Tolerance in Plants Strategies for Crop Improvement. John. Willey, Publication, New York.
32. Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock and K. A. Gomez. 1976. Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. IRRI, Los Baños, Philippine.
33. Zeng, L. and M. C. Shannon. 2000. Salinity effects on seedling growth and yield components of rice. *Crop Science* 40: 996-1003.