مجله پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد شانزدهم، شماره دوم، ۱۳۸۸
www.gau.ac.ir/journals

تسهیم یون‌ها و کربوهیدرات‌های محلول کل در برگ‌های مختلف ژنوتیپ‌های برنج در پاسخ به تنش شوری

ایمان نعمتی[۱]، *فواد مرادی[۲]، محمدعلی اسماعیلی[۳] و سمیه قلی‌زاده[۱]

[۱]مربی گروه باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرمشهر، [۲]استادیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی کرج،
[۳]استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه مازندران

تاریخ دریافت: ۸۷/۵/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱/۲۵

چکیده

به‌منظور بررسی واکنش دو ژنوتیپ برنج (*Oryza sativa* L.) در تجمع و تسهیم سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلر، منگنز، فسفر و قندهای محلول کل در برگ‌های سوم، چهارم، پنجم و ششم، در پاسخ به تنش شوری، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به اجرا در آمد. در بررسی همبستگی بین صفات مختلف، وزن خشک، با تجمع املاح سدیم و کلر همبستگی منفی داشت. کاهش مشاهده شده در رشد، در ژنوتیپ IR29 (حساس به شوری) بیش از IR651 (متحمل به شوری) رخ داد. شوری سبب تجمع مقادیر بالای سدیم و کلر در برگ‌های هر دو ژنوتیپ شد و این افزایش در ژنوتیپ IR29 بیش از IR651 رخ داد. بیشترین تجمع سدیم و کلر در برگ‌های سوم و چهارم ژنوتیپ IR29 رخ داد. تجمع کربوهیدرات‌های محلول کل در اثر اعمال تنش شوری فقط در برگ‌های پنجم و ششم ژنوتیپ‌های مورد مطالعه افزایش یافت و در برگ‌های سوم و چهارم تغییری مشاهده نشد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که تحت تنش شوری، کاهش در غلظت کلسیم در ژنوتیپ IR29 بیش از ژنوتیپ IR651 رخ داد با این وجود کاهش در تمام برگ‌های هر دو ژنوتیپ مشاهده شد. در ارتباط با تجمع منیزیم، در دو ژنوتیپ روند منظمی وجود نداشت. تحت تنش شوری، غلظت

* مسئول مکاتبه: foadmoradi@yahoo.com

منگنز و فسفر تغییری نداشت، اما نسبت پتاسیم به سدیم در هر دو ژنوتیپ کاهش یافت که این کاهش در IR29 بیش از IR651 بود. ژنوتیپ IR651 توانست نسبت پتاسیم به سدیم را در برگ ششم، بالاتر از سایر برگ‌ها حفظ کند. به‌طورکلی، ژنوتیپ IR651 توانست یون‌های سمی را در برگ‌های پیر خود ذخیره کند تا از بروز خسارت به برگ‌های جوان جلوگیری نماید در حالی‌که در ژنوتیپ IR29 مقادیر بالایی از این یون‌ها در برگ‌های جوان تجمع یافت. همچنین، کلرور سدیم موجت اختلال در تعادل غلظت املاح در برگ‌های هر دو ژنوتیپ شد.

واژه‌های کلیدی: برنج، تنش شوری، تجمع املاح

مقدمه

شوری و مدیریت آن از مسایلی است که بشر از هزاران سال پیش تاکنون با آن دست به گریبان بوده است. کلیه مناطقی که در دنیا تحت‌تأثیر شوری قرار دارند هنوز به‌طور کامل شناخته نشده‌اند، ولی آنچه که مسلم است شوری خاک مشکل عظیمی است به‌طوری‌که ۱۰۰۰ میلیون هکتار از اراضی دنیا متأثر از شوری می‌باشند که این مقدار حدود ۷ درصد از کل اراضی کره زمین را تشکیل می‌دهد (تستر و داونپرت، ۲۰۰۳).

گزارش‌های متعددی در ارتباط با تأثیر شوری بر کاهش وزن خشک گیاهان زراعی ارایه شده است (مانز، ۲۰۰۲؛ مانز و همکاران، ۲۰۰۲). تأثیر تنش شوری بر رشد گیاه ترکیبی از تنش اسمزی، سمیت یونی و کمبود مواد معدنی می‌باشد (هاسگاوا و همکاران، ۲۰۰۰؛ مانز، ۱۹۹۳؛ مانز، ۲۰۰۲؛ نیومن، ۱۹۹۷؛ یو، ۱۹۹۸). افزایش غلظت سدیم (مرادی و اسماعیل، ۲۰۰۷؛ تستر و داونپورت، ۲۰۰۳) و کلر (شابالا و همکاران، ۲۰۰۰) و کاهش غلظت پتاسیم (فلاورز و حاجی‌باقری، ۲۰۰۱) و کلسیم (الهنداوی و همکاران، ۲۰۰۵) در بافت‌های گیاه در اثر تنش شوری اعلام شد. زو و همکاران (۲۰۰۱) تغییری در غلظت پتاسیم بافت‌های گیاه برنج، در اثر اعمال تنش شوری مشاهده نکردند. در تحقیق‌های انجام شده قبلی نتایج متفاوتی در ارتباط با غلظت قندهای محلول کل (جونز و تونر، ۱۹۸۰؛ مانز و ویر، ۱۹۸۱؛ هانسون و هیتز، ۱۹۸۲؛ مورگان، ۱۹۹۲)، منیزیم (نتوندو و همکاران، ۲۰۰٤؛ بورسیر و همکاران، ۱۹۸۷)، منگنز (سوهایدا و همکاران، ۱۹۹۲؛ حسن و همکاران، ۱۹۷۹؛ کرامر و همکاران، ۱۹۸۷) و فسفر (قره‌یاضی و میبدی، ۲۰۰۲؛ فیجین، ۱۹۸۵) گزارش شده است.

سازوکارهای مختلفی وجود دارند که گیاه با استفاده از آنها سطوح درونی یون‌های سمی نظیر سدیم و پتاسیم را در مقدار پایین نگه می‌دارد. کاهش جذب در غشای سلولی سلول‌های ریشه، دفع از طریق ریشه و انتقال مجدد این یون‌ها از برگ‌ها به ریشه، از سازوکارهای ممکن در این امر می‌باشد (اردی و تالیسنیک، ۱۹۹۳؛ کویرو، ۱۹۹۷). علاوه‌بر آن، گیاه هم‌زمان با تجمع سدیم و کلر، از طریق تجمع این یون‌ها در واکوئل سلول، می‌تواند تنش شوری را نیز تحمل کند (اشرف و همکاران، ۲۰۰۱؛ شاختمن و مانز، ۱۹۹۲). در گراس‌ها نگهداری سدیم و کلر در بخش‌های مسن گیاه نیز سازوکار دیگر تحمل به شوری می‌باشد (گرین‌وی، ۱۹٦۲؛ بورسیر و همکاران، ۱۹۸۷).

پاسخ برنج به تنش شوری، بسته به مرحله رشدی گیاه متفاوت می‌باشد. در اغلب ارقام مورد کشت برنج در دنیا، برنج در مرحله گیاهچه‌ای حساس به تنش شوری می‌باشد (لاتز و همکاران، ۱۹۹۵). سازوکارهای تحمل شوری در گیاه برنج، در مراحل گیاهچه‌ای و رسیدگی با یکدیگر متفاوت می‌باشند، از این‌رو، برای بررسی کامل تحمل به شوری در برنج باید صفاتی مشترک در این دو مرحله مورد بررسی قرار گیرد (مرادی و همکاران، ۲۰۰۳). تی‌سوتچیا و همکاران (۱۹۹٤) گزارش کردند که در گیاه برنج، بین توانایی گیاه در جلوگیری از انتقال نمک به اندام هوایی با تحمل به شوری رابطه مستقیمی وجود دارد در حالی‌که شانون و همکاران (۱۹۹۸) بین تجمع یون‌ها در اندام‌های هوایی برنج با تحمل به شوری ارتباطی نیافتند. اسلم و همکاران (۲۰۰۳) اعلام کردند که تحمل به شوری در گیاه برنج با نسبت پتاسیم به سدیم ارتباط دارد. جذب بالای کلسیم در گیاه برنج تحت تنش شوری باعث جذب بهتر پتاسیم از خاک شور می‌گردد و از این‌رو، از بروز خسارات شدید در گیاه جلوگیری می‌شود و نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه برنج بهبود می‌یابد (سونگ و همکاران، ۲۰۰٦).

از آن‌جایی‌که به‌دلیل پایین بودن کیفیت آب آبیاری، حتی با اعمال شیوه‌های دقیق مدیریت آبیاری خاک به‌تدریج شور می‌گردد لذا نیاز به اصلاح گیاهان زراعی با تحمل بیشتر به نمک بسیار ضروری به نظر می‌رسد با توجه به این که تفاوت تحمل به شوری در غلات نه تنها در میان جنس‌ها و گونه‌های مختلف، بلکه در درون یک گونه نیز مشاهده می‌شود لذا با آگاهی از علم فیزیولوژی گیاهی می‌توان به نحوه تأثیر تنش شوری بر گیاه و سازوکارهای تحمل به آن پی برد و از این طریق، در جهت غربال و گزینش اولیه ارقام محتمل اقدام نمود. هدف از انجام این مطالعه تعیین میزان رشد گیاه و برآورد غلظت یون‌های مختلف و کربوهیدرات‌های محلول کل در برگ‌های سوم (پیرترین برگ)، چهارم، پنجم و ششم (جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه‌یافته) در دو ژنوتیپ برنج، در شرایط عادی و تنش شوری

می‌باشد. به‌علاوه، در این تحقیق، تأثیر شوری بر تسهیم[1] یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلر، منگنز، فسفر و کربوهیدرات‌های محلول در برگ‌های مختلف گیاه نیز مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در سال ۱۳۸۵ بذرهای دو ژنوتیپ متحمل (IR651) و حساس (IR29) برنج در گلخانه پژوهشی بخش فیزیولوژی و پروتئومیکس پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی کرج، در شرایط هیدروپونیک رشد داده شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل دو ژنوتیپ (متحمل و حساس) برنج، دو سطح تنش شوری (صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرور سدیم) و برگ‌های مختلف گیاه (شامل برگ‌های سوم، چهارم، پنجم و ششم) بود. ابتدا در صفحات یونولیت با ضخامت یک سانتی‌متر، ۲۰ سوراخ ایجاد شد و سپس یک طرف صفحه یونولیت توسط توری پلاستیکی پوشانده شد. در هر سوراخ سه بذر جوانه‌زده قرار گرفت و صفحه‌های یونولیت بر روی تشت‌های پلاستیکی ۱۹ لیتری حاوی آب مقطر، شناور شدند. ابعاد یونولیت با توجه به دهانه تشت، به اندازه‌ای بود که به‌طور کامل بر روی آب شناور باشد (در مجموع، ۱٦ تشت تهیه شد و هر کدام از ژنوتیپ‌ها در ۸ تشت قرار داده شدند و بر روی هر تشت یک صفحه یونولیت قرار گرفت). پس از سه روز، آب مقطر با محلول غذایی تهیه شده براساس روش یوشیدا و همکاران (۱۹۷٦) جایگزین شد.

در طی دوره انجام آزمایش، در طول یک شبانه‌روز، ۱٦ ساعت روشنایی با استفاده از لامپ تنگستن و با میانگین شدت نور ۳۵۰ میکرومول کوانتوم بر مترمربع بر ثانیه تأمین شد. همچنین، pH محیط غذایی به‌طور روزانه با استفاده از هیدروکسید پتاسیم و اسید کلریدریک ۱ نرمال در حد ۵/۵ ثابت نگه داشته شد. در طول اجرای آزمایش، دمای گلخانه در محدوده ۲۵ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد (روز- شب) و رطوبت نسبی محیط ۷۰ درصد بود. پس از ظهور کامل ششمین برگ گیاه (۲۸ روز پس از کشت)، تشت‌ها به‌طور تصادفی گروه‌بندی شدند و تنش شوری با استفاده از نمک کلرور سدیم در دو سطح صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار اعمال گردید. ۲٤۰ ساعت پس از اعمال تنش شوری، نمونه‌های گیاهی از برگ‌های سوم (پیرترین برگ)، چهارم، پنجم و ششم (جوان‌ترین برگ) گیاهچه‌ها جمع‌آوری شدند. هضم نمونه‌ها برای سنجش غلظت سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، منگنز و فسفر با استفاده از روش هضم مرطوب با

1- Compartmentation

اسید سولفوریک ۹٦ درصد، آب اکسیژنه و پودر اسید سالسیلیک و هضم نمونه‌ها برای برآورد غلظت کلر توسط آب مقطر انجام گرفت (امامی، ۱۹۹٦). به‌منظور برآورد غلظت فسفر، پس از استخراج عصاره به‌روش هضم مرطوب، نمونه‌ها با استفاده از وانادات مولیبدات رنگ‌آمیزی شدند (امامی، ۱۹۹٦). برای اندازه‌گیری غلظت کربوهیدرات‌های محلول کل از روش هضم استیوارت (۱۹۸۹) توسط سولفات روی ۰/۳ نرمال، هیدروکسید باریوم ۵ درصد و محلول فنل استفاده شد. غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه نشر شعله‌ای (مدل کورنینگ ٤۱۰)[1] و غلظت یون‌های کلسیم، منیزیم و منگنز توسط دستگاه جذب اتمی (مدل پرکین المر ۳۱۱۰)[2] خوانده شد. برای خواندن غلظت یون کلر از دستگاه اندازه‌گیری یون (مدل متروم، سوئیس)[3] استفاده گردید و غلظت فسفر و کربوهیدرات‌های محلول کل نیز با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری (واریان، کرس ۳۰۰)[4] برآورد گردید.

جهت انجام محاسبات آماری از نرم‌افزارهای آماری SAS 6.1 و SPSS 13 و به‌منظور نمایش روند تغییرات و رسم منحنی‌ها از نرم‌افزار Excel (۲۰۰۳) استفاده شد.

نتایج و بحث

از نظر وزن خشک برگ‌ها و غلظت سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، و کلر در برگ‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مشاهده شد. همچنین، تفاوت بین دو ژنوتیپ از نظر غلظت کربوهیدرات‌های محلول کل نیز در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). همچنان که در جدول ۲ نشان داده شده است، در اثر اعمال تنش شوری، وزن خشک کل بوته در هر دو ژنوتیپ کاهش معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشت با این حال تفاوت چشم‌گیری بین دو ژنوتیپ مشاهده شد به‌طوری‌که وزن خشک کل بوته در ژنوتیپ IR29 در حدود ٤٦ درصد و در ژنوتیپ IR651، ۱۷ درصد کاهش یافت. کاهش معنی‌دار (سطح احتمال ۱ درصد) وزن خشک برگ‌ها در اثر اعمال تنش شوری فقط در برگ ششم دو ژنوتیپ مشاهده شد. در اثر تنش شوری، وزن خشک ششمین برگ ژنوتیپ حساس کاهش بیشتری نسبت به ژنوتیپ متحمل نشان داد. کاهش در وزن خشک برگ ششم ژنوتیپ IR29 حدود ۳۹ درصد و در ژنوتیپ IR651 در حدود ۱۲ درصد بود (جدول ۲).

1- Flame Photometer (Corning- 410)
2- Atomic Absorption Spectrometer
3- Ion Meter (Methrom, Switzeerland)
4- Spectrophotometer (Methrom, Cary 300)

بین وزن خشک برگ‌ها و غلظت سدیم (r=-٠/٣٩٧**)، کلسیم (r=-٠/٧٤٤**)، منیزیم (r=-٠/٧٧**) و کلر (r=-٠/٤٢٥**) همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت (جدول ٤).

براساس نظر مانز (٢٠٠٢) میزان تولید ماده خشک در شرایط تنش در برابر شرایط شاهد، با میزان تحمل به تنش مرتبط می‌باشد. کاهش بیشتر تولید ماده خشک در ژنوتیپ IR29 نسبت به IR651 دلیل بر حساس‌تر بودن ژنوتیپ IR651 می‌باشد. بخشی از کاهش در وزن خشک گیاهان مورد مطالعه ناشی از اثر یون‌های سمی نظیر سدیم و کلر می‌باشد. با توجه به شکل‌های ١- الف و ٣- الف، غلظت‌های بالاتر این یون‌ها در ژنوتیپ IR29 ممکن است دلیل کاهش بیشتر وزن خشک در این ژنوتیپ نسبت به ژنوتیپ IR651 باشد. کاهش وزن خشک گیاه در شرایط تنش شوری توسط هاسگاوا و همکاران (٢٠٠٠) و مانز و همکاران (٢٠٠٢) نیز گزارش شده است.

جدول ١- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه.

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		سدیم	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	کلر	قندهای محلول	منگنز	فسفر
بلوک	٣	٥٣٠٥٣٨/٢**	١٩٥٠	٢٠٣/٧	٥٢٣/٧	١٩٦٣٣١/٧**	٩٠٩٣/٢**	٠/٧	٧٤
ژنوتیپ	١	٢٣١٠٨٨٥/٩**	٤٣٢٨٧/٥	٢٤٦٧٨/٢**	١٧٥٢/*	١٢٦٧٦٨/٩**	١٠٢٠٧*	٠/١	١٢٧/٧
تنش شوری	١	٣٥٢٠٢٧٣/٧**	٠/٥	١٠٩٦٤/٨**	١٠٥٣٥**	١٧٩٩٦٧٧٦/٩**	٨٠٢٠٨١/٤**	٥/١**	١٨٨/٢
برگ	٣	٤٢١٦٣٠/٣**	١٨٦١/٥	٧٧٧٧٠٨**	٨٨٠٤٨/٢**	١٦٣٣٩٠٧/٦**	٧٥٥٢٢١/٥**	١٢٨/١**	٣٣٠٨/١
ژنوتیپ ×تنش شوری	١	١٧٥٦٣٤٨/٢**	٥٥٣٠/٤	٢٨٨٢/٨**	٢٦٢٩/١**	١٧٠٠٥٧٥**	٤٥/٤	٠/٢	٣٣٠٨/١
ژنوبیپ ×برگ	٣	٢٤٨٠٦٩**	٨٦٦٤/٦	٢٩٩٢٨/٧**	١٢٨١/٦**	٩١٨٩/٣**	٤١٤٧/٥*	١/٦**	٩٥٦/٧
تنش شوری برگ	٣	٢٦٨٥٥٢/٤**	١٣٥٦٠/٧*	١٤٥٤٣/٨**	٤٢٣/١	١٣٨٢٤٢٦/٩**	٣١٢٤٥٣/٨**	٠/٢	٣٢٨/٧
ژنوتیپ ×تپش	٣	٢٥٦٨٤**	٨٥٨٩/٧	٣٤٨/٥**	٢٦٩٨/٤**	٢٧٥٧٧**	٢٠٥٤/٥	٠/٩*	٨٣٧/٢
خطا	٤٤	١٩٧٥٦	٣٥٧٥/٨	٢٠٠/٤	٢٤٩/٥	٢٨٦٥٧	١٥٤٥/٣	٠/٣	٨٤٦/٧
ضریب تغییرات	-	١٠/٥	٦/٨	١٢/٤	٥/٦	٧/٨	٩/٦	١٢/٤	١٩

*معنی‌دار در سطح احتمال ١ درصد، **معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد.

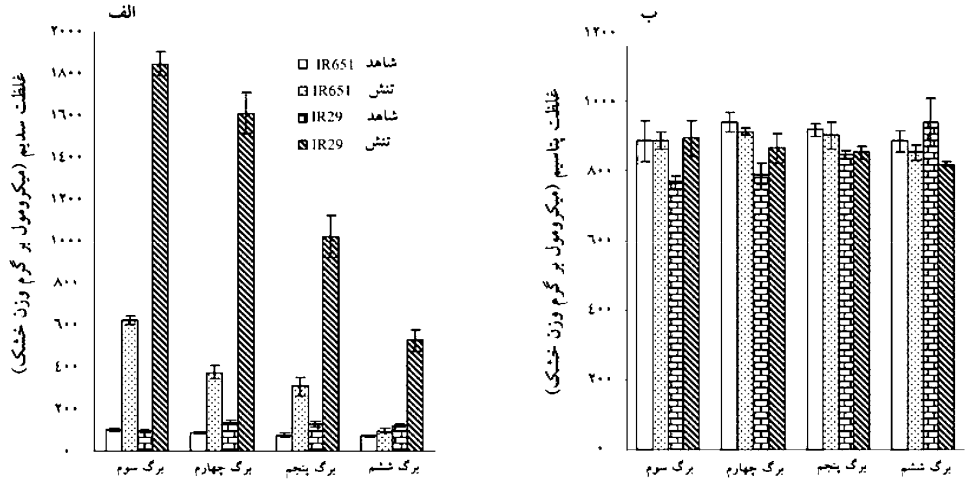
جدول ۲- وزن خشک کل بوته و برگ‌های مختلف ژنوتیپ‌های برنج ورد مطالعه در شرایط شاهد و تنش شوری.

ژنوتیپ		کل بوته	برگ سوم	برگ چهارم	برگ پنجم	برگ ششم
IR651	شاهد	٤٦٨±١٣/١	٩/٦±٠/٤	٢٠±١	٢٦±٠/٧	٣٣±٠/٩
	تنش	٣٨٥±١٤/٥	٩/١±٠/٤	١٩/٩±٠/٩	٢٥/٢±١/١	٢٩±٠/٩
IR29	شاهد	٤٥١±١٢	٨/١±٠/٤	١٦±٠/٧	٢٥±١	٣٩±١/٤
	تنش	٢٤٣±١١/٤	٨/١±٠/٤	١٥/٩±٠/٧	٢٤/٦±١/١	٢٤±٠/٧

اعمال تنش شوری سبب افزایش معنی‌دار (در سطح احتمال ۱ درصد) تجمع سدیم در تمام برگ‌های ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد (شکل ۱- الف). افزایش غلظت سدیم در ژنوتیپ IR29 به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) از ژنوتیپ IR651 بیشتر بود. در هر دو ژنوتیپ، بیشترین میزان سدیم در برگ سوم ذخیره شد با این حال در شرایط تنش، میزان سدیم ذخیره شده در سومین برگ ژنوتیپ حساس ۲/۹ برابر بیش از سدیم ذخیره شده در برگ سوم ژنوتیپ متحمل بود. غلظت سدیم در برگ ششم ژنوتیپ IR651 در شرایط تنش و شاهد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. به عبارت دیگر، تنش شوری بر افزایش غلظت یون سدیم در جوان‌ترین برگ ژنوتیپ متحمل تأثیری نداشت در حالی‌که غلظت سدیم در ششمین برگ ژنوتیپ IR29، رشد یافته در شرایط تنش، تقریباً ٤/٢ برابر شرایط شاهد بود (شکل ۱- الف). ذخیره بیشتر سدیم در برگ‌های پیر و جلوگیری از انتقال آن به برگ‌های جوان‌تر، سبب محافظت از برگ‌های جوان گیاه در برابر اثرات یون‌های سمی می‌گردد. این نتایج با یافته‌های تستر و داونپورت (۲۰۰۳) مطابقت دارد. تفاوت در میزان سدیم تجمع‌یافته در برگ‌های چهارم و پنجم ژنوتیپ IR651 از نظر آماری معنی‌دار نبود. مرادی و اسماعیل (۲۰۰۷) نیز افزایش غلظت سدیم را در برگ‌های برنج تحت تنش شوری گزارش دادند.

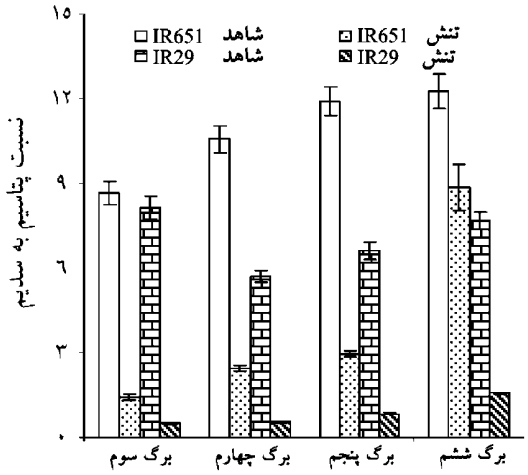
در ژنوتیپ متحمل IR651، افزودن نمک Nacl به محلول غذایی، تأثیر معنی‌داری بر غلظت یون پتاسیم در برگ‌ها نداشت و در هیچ‌کدام از برگ‌های این ژنوتیپ، تفاوت معنی‌داری بین شرایط تنش و عادی از این نظر وجود نداشت (شکل ۱- ب). بین برگ‌های مختلف این ژنوتیپ نیز تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد. در ژنوتیپ IR29 و در شرایط شاهد، بیشترین غلظت یون پتاسیم در برگ ششم مشاهده شد در حالی‌که با اعمال تنش شوری، غلظت پتاسیم در این برگ کاهش یافت. تحت تنش شوری، افزایش معنی‌دار (در سطح احتمال ۱ درصد) غلظت یون پتاسیم در برگ‌های

سوم و چهارم ژنوتیپ حساس، مشاهده شد (شکل ۱- ب). اختلال در تجمع پتاسیم ناشی از رقابت این یون با یون سدیم برای جذب از طریق کانال‌های سدیم- پتاسیم می‌باشد. فلاورز و حاجی‌باقری (۲۰۰۱) کاهش تجمع پتاسیم را در گیاه تحت تنش شوری گزارش دادند در حالی‌که برخی از مطالعات دیگر نشان می‌دهد برخی از گیاهان توانایی حفظ غلظت‌های بالای پتاسیم را تحت تنش شوری دارند (زو و همکاران، ۲۰۰۱).



شکل ۱- غلظت سدیم (الف) و پتاسیم (ب) در دو ژنوتیپ متحمل (IR651) و حساس (IR29) برنج. اعداد، میانگین ± خطای استاندارد می‌باشند.

اسلم و همکاران (۲۰۰۳) نسبت پتاسیم به سدیم را به‌عنوان یک صفت کلیدی برای بررسی تحمل به شوری برنج گزارش نمودند. اعمال تنش شوری موجب کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در برگ‌های هر دو ژنوتیپ شد. نسبت پتاسیم به سدیم در ژنوتیپ حساس به مراتب از ژنوتیپ متحمل کمتر بود. نسبت پتاسیم به سدیم در برگ ششم ژنوتیپ IR651 بیش از سایر برگ‌های این ژنوتیپ بود. در هر دو ژنوتیپ، کمترین میزان پتاسیم به سدیم در برگ سوم مشاهده شد (شکل ۲).



شکل ۲- نسبت پتاسیم به سدیم در دو ژنوتیپ متحمل (IR651) و حساس (IR29) برنج.
اعداد، میانگین ± خطای استاندارد می‌باشند.

شوری اعمال شده با نمک Nacl، موجب کاهش معنی‌دار (در سطح احتمال ۱ درصد) غلظت یون کلسیم در تمام برگ‌های هر دو ژنوتیپ شد (جدول ۳). میزان کاهش غلظت کلسیم در برگ‌های ژنوتیپ IR29 بیش‌تر از ژنوتیپ IR651 بود. الهنداوی و همکاران (۲۰۰۵) نیز کاهش تجمع کلسیم در شرایط شور را گزارش دادند و اعلام کردند که در شرایط تنش یون کلسیم در گیاهان حساس‌تر به شوری، کمتر تجمع می‌یابد. بیشترین غلظت یون کلسیم در برگ سوم ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مشاهده شد. برگ‌های چهارم، پنجم و ششم ژنوتیپ IR651 از نظر غلظت کلسیم تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند که احتمالاً ناشی از تحرک کم این یون در گیاه می‌باشد (جدول۳).

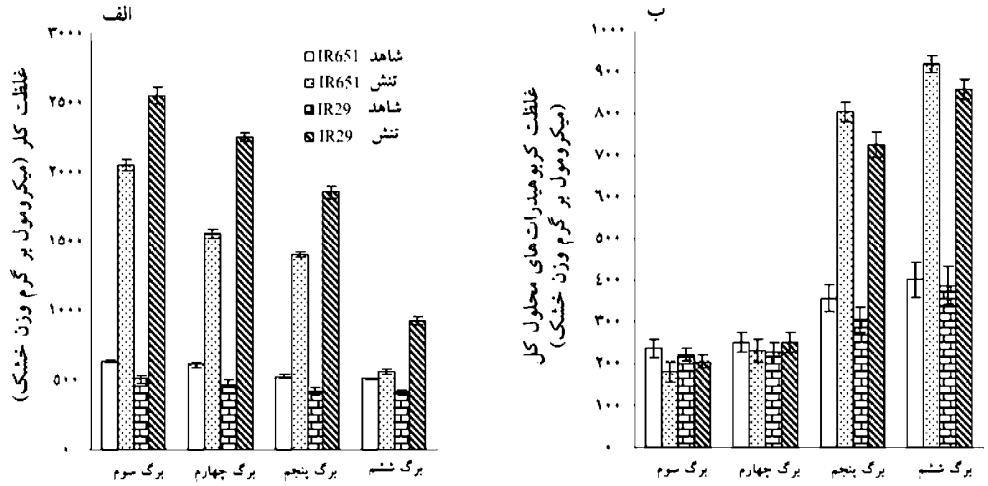
واکنش دو ژنوتیپ مورد مطالعه از نظر تجمع یون منیزیم کاملاً متفاوت بود. تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار (در سطح احتمال ۱ درصد) غلظت منیزیم در برگ‌های سوم و چهارم ژنوتیپ متحمل شد ولی بر غلظت این یون در برگ‌های پنجم و ششم تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). در ژنوتیپ حساس IR29، کاهش غلظت منیزیم در برگ‌های پنجم و ششم مشاهده شد و شوری بر غلظت منیزیم در برگ‌های سوم و چهارم تأثیر معنی‌داری نداشت. به‌طورکلی، در ارتباط با تجمع این یون در برگ‌های مختلف روند خاصی مشاهده نشد. نتوندو و همکاران (۲۰۰٤) نیز اعلام کردند که تنش شوری تأثیر خاصی بر غلظت یون منیزیم در برگ‌های گیاه ندارد. در حالی‌که بورسیر و همکاران

(١٩٨٧) کاهش غلظت منیزیم را در اثر تنش شوری گزارش کردند. در شرایط شاهد، در هر دو ژنوتیپ، کمترین غلظت منیزیم در برگ ششم و بیشترین غلظت این یون در سومین برگ مشاهده شد (جدول ٣).

تنش شوری باعث افزایش معنی‌دار (در سطح احتمال ١درصد) غلظت یون کلر در هر دو ژنوتیپ شد (شکل ٣- الف). تحت شرایط شاهد، در هر دو ژنوتیپ، بین برگ‌های مختلف از نظر غلظت کلر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. تجمع یون کلر در اثر تنش شوری در ژنوتیپ IR651 به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ١ درصد) کمتر از ژنوتیپ IR29 بود. در جوان‌ترین برگ ژنوتیپ IR651 تفاوت بین شرایط شاهد و تنش از نظر تجمع کلر معنی‌دار نبود در حالی‌که در برگ ششم ژنوتیپ IR29، شوری موجب شد که غلظت یون کلر در شرایط تنش، ٢/٢ برابر بیش از شرایط شاهد باشد (شکل ٢- الف). این نتایج با یافته‌های شابالا و همکاران (٢٠٠٠) مطابقت دارد.

جدول ٣- تغییرات غلظت یون‌های مختلف در برگ‌های مختلف ژنوتیپ برنج مورد مطالعه، در شرایط شاهد و تنش شوری.

ژنوتیپ			شماره برگ			
			برگ سوم	برگ چهارم	برگ پنجم	برگ ششم
IR651	شاهد	کلسیم	٥٥٧/٦±١٦/٤	٤٠٧/٢±٢١/٨	٣٨٨/٤±١٦	٣٨٨/٦±١٩/١
		منیزیم	٣٧٣/٦±٦/٩	٣٣٥/٩±٣	٢٧٣/٤±٨/٣	١٨٥/٢±٥/٣
		منگنز	٤/٣±٠/١	٢/٧±٠/٠	٣/٣±٠/١	٩/٢±٠/١
		فسفر	١٥٠/١±٨/٤	١٤٦/١±١٤/٤	١٥٢/٥±٢٢	١٦٨/٧±٢٠/١
	تنش	کلسیم	٤٩٨/٣±١٤	٣٦٤/٢±٤/٣	٣٤٤/٣±٢٠/٣	٢٥٦±٢١
		منیزیم	٢٨٦/٩±٢/٤	٢٨٨/٩±٥/٤	٢٧٥±١٠/٥	١٧٠/٤±٩/١
		منگنز	٣/٤±٠/٠	٢/٤±٠/٠	٣/٣±٠/٠	٧/٨±٠/٤
		فسفر	١٤٢±١٢/٨	١٤٣/٦±١٥/٨	١٥٧/٤±١٤/٢	١٤٩/٣±١٢/٢
IR29	شاهد	کلسیم	٤٤٦±١٤	٣٩٨/٥±١٤/٥	٣٤٠/٥±٢٠/٣	٣١٨/٤±٢٢/٩
		منیزیم	٣٤٧/١±٢٣/٣	٣٤٠/٥±٥/٦	٢٧٨/٧±٨/٢	١٩٦/١±٨/٥
		منگنز	٤/٢±٠/١	٢/٧±٠/٣	٣/٢±٠/١	٩/٥±٠/٨
		فسفر	١٣٨/٨±١٧/٩	١٣٢/٣±٢٦/٤	١٦٦/٢±٦/١	١٥٢/٥±٢٦/٩
	تنش	کلسیم	٢٧١/٦±١٩/٥	٢٨٠/٦±١٦/١	٢٢٩/٨±٩/٧	٢١١/٥±٧/٨
		منیزیم	٣٣٦/٦±٣/٦	٣٥٧/٢±١٤/٣	٢٥٦/٩±٦/١	١٥٧/٨±٥/٨
		منگنز	٣/٧±٠/١	٢/٨±٠/٠	٢±٠/١	٩/٣±٠/٤
		فسفر	١٢٩/١±١٤	١٣٩/٦±١٢/٥	١٧٨/٣±٩/١	١٨٤±٧/٩



شکل ۳- غلظت کلر (الف) و کربوهیدرات‌های محلول (ب) در دو ژنوتیپ متحمل (IR651) و حساس (IR29) برنج. اعداد، میانگین ± خطای استاندارد می‌باشند.

در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، در شرایط شاهد، غلظت کربوهیدرات‌های محلول در برگ‌های ششم به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) از برگ‌های سوم و چهارم بیشتر بود (شکل ۳- ب). افزون نمک Nacl به محلول غذایی سبب شد که غلظت کربوهیدرات‌های محلول در برگ‌های پنجم و ششم هر دو ژنوتیپ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۳- ب). در هر دو ژنوتیپ تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر غلظت کربوهیدرات‌های محلول در برگ چهارم نداشت. بین غلظت کربوهیدارت‌های محلول و وزن خشک برگ‌های ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، همبستگی مثبت و معنی‌داری (r=۰/۵۱۷**) مشاهده شد (جدول ٤). با توجه به اهمیت کربوهیدرات‌های محلول در فرآیند تنظیم اسمزی، افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول در برگ ممکن است به‌دلیل ساکارز تنظیم اسمزی در گیاه باشد که خود نیاز به تحقیق بیشتری دارد. افزایش بیشتر غلظت کربوهیدرات‌های محلول در برگ‌های جوان و به ویژه غلظت بالاتر آن در ژنوتیپ متحمل، نشان می‌دهد که بررسی این موضوع از اهمیت بالایی برخوردار است. جونز و ترنر (۱۹۸۰) نیز افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول را در شرایط شوری گزارش دادند، در حالی‌که هانسون و هیتز (۱۹۸۲) کاهش کربوهیدرات‌های محلول در اثر شوری را گزارش کردند و مورگان (۱۹۹۲) نیز تغییری در این صفت مشاهده ننمود.

تحت شرایط شاهد، غلظت منگنز در هر دو ژنوتیپ در برگ‌های چهارم و پنجم کمتر از برگ‌های سوم و ششم بود. تفاوت بین دو ژنوتیپ از نظر غلظت منگنز معنی‌دار نبود ولی اعمال تنش موجب کاهش معنی‌دار غلظت منگنز در برگ سوم هر دو ژنوتیپ شد (جدول ٣). کاهش در غلظت منگنز در ششمین برگ ژنوتیپ IR651 نیز مشاهده شد. رابطه بین شوری و عناصر کم‌مصرف بسیار پیچیده است. سوهایدا و همکاران (١٩٩٢) اعلام کردند که به‌دلیل کم بودن حلالیت عناصر کم‌مصرف در خاک‌های شور و سدیمی، گیاهان در این خاک‌ها معمولاً دچار کمبود عناصر کم‌مصرف می‌شوند ولی با این حال غلظت عناصر کم‌مصرف ممکن است افزایش یابد، کم شود و یا تغییری نکند. شوری غلظت منگنز را در گیاه جو افزایش (سوهایدا و همکاران، ١٩٩٢) و در ذرت کاهش (حسن و همکاران، ١٩٧٩) داد. کرامر و همکاران (١٩٨٧) نیز در تحقیقی روی گیاه جو در شرایط تنش املاح سدیم و کلسیم دریافتند که غلظت منگنز کاهش می‌یابد.

جدول ٤- ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه.

	سدیم	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	کلر	منگنز	فسفر	کربوهیدرات‌های محلول	وزن خشک
سدیم	١								
پتاسیم	-٠/٢٤٥	١							
کلسیم	٠/١٥٦	-٠/١٣١	١						
منیزیم	٨**	-٠/١٤٣	٠/١٧٨	٠/٢٣٠	١				
منگنز	-٠/٢٦٧	-٠/٠١٣	٠/١٥٢	-٠/٤٥٢**	٠/٤١٥**	١			
فسفر	-٠/١٥٠	٠/٠٤٢	٠/٢٠٠	-٠/٣٧٨**	-٠/١٤٥	٠/٢٨٦			
کربوهیدرات‌های محلول	-٠/١٢٨	-٠/٠٩٤	٠/٤٤٢**	٠/٦٩٠**	-٠/٠٧٨	٠/٤٠٤**	٠/٣٤٦**	١	
وزن حشک	-٠/٣٩٧**	٠/٢٥١*	-٠/٧٤٤**	-٠/٧٧٠**	-٠/٤٢٥**	٠/٥٤٩**	٠/٢٩٨*	٠/٥١٧**	١

*معنی‌دار در سطح احتمال ١ درصد، **معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد.

منابع

1.Ashraf, M., Nazir, N., and Mc Neilly, T. 2001. Comparative salt toler ances of amphidiploid and diploid Brassica species. Plant Sci. 160: 683-689.

2.Aslam, M., Muhammad, N., Qureshi, R.H., Ahmad, Z., Nawaz, S., and Akhtar, J. 2003. Calcium and salt-tolerance of rice, Commun. Soil Sci. Plant Anal. 34: 3013-3031.

3.Boursier, P., Lynch, J., Lauchli, A., and Epstein, E. 1987. Chloride partitioning in leaves of salt stressed sorghum, maize, wheat and barley. Aust. J. Plant Physiol. 14: 463-473.
4.Cramer, G.R., Lynch, J., Lauchli, A., and Epstein, E. 1987. Influx of Na^+, K^+ and Ca^{2+} into roots of salt stressed cotton seedlings. Plant Physiol. 83: 510-516.
5.El-Hendawy, S.E., Hu, Y., and Schmidhalter, U. 2005. Growth, ion content, gas exchange, and water relation of wheat genotypes differing in salt tolerances. Aust. J. Agric. Research. 56: 123-134.
6.Emami, A. 1996. Metods for plant analysis. Technical issue No. 182. Soil and water research Institute, 125p. (In Persian)
7.Erdei, L., and Taleisnik, E. 1993. Changes in water relation parameters under osmotic and salt stress in maize and sorghum. Physiol. Plant. 89: 381-387.
8.Feigin, A. 1985. Fertilization management of crop irrigated with saline water. Plant Soil. 89: 285-299.
9.Flowers, T.J., and Hajibagheri, M.A. 2001. Salinity tolerance in Hordeum vulgare: ion concentrations in root cells cultivars differing in salt tolerance. Plant and soil, 231: 1-9.
10.Gharehyazi, B., and Meybodi, H. 2002. Physiological aspects and breeding for salinity stress in plants. Isfahan Univ. of Technology Press. 274p. (In Persian)
11.Greenway, H. 1962. Plant responses to saline substrates. II. Chloride, sodium, and potassium uptake and translocation in young plants of Hordeum vulgare during and after a short sodium chloride treatment. Aust. J. Biol. Sci. 15: 39-57.
12.Hanson, A.D., and Hitz, W.D. 1982. Metabolic responses of plant water deficit. Annu. Rev. Plant Physiol. 33: 163-203.
13.Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K., and Bohnert, H.J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annu. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol. 51: 463-499.
14.Hassan, N.A.K., Drew, J.V., Kienudsen, D., and Olsen, R.A. 1979. Influence of soil salinity on production of dry matter and uptake and distribution of nutrients in barley and corn. Agron. J. 62: 43-45.
15.Jones, M.M., and Turner, N.C. 1980. Osmotic adjustment in expanding and fully expanded leaves of sunflower in response to water deficits. Aust. J. Plant Physiol. 7: 181-192.
16.Koyro, H.W. 1997. Ultrastructure and physiological changes in root cells of sorghum plants (*Sorghum bicolor-Sorghum sudanensis* cv. Sweet Sioux) induced by Nacl. J. Exp. Bot. 48: 693-706.
17.Lutts, S., Kinet, J.M., and Bouharmont, J. 1995. Changes in plant response to Nacl during development of rice (*Oryza sativus* L.) varieties differing in salinity resistance. J. Exp. Bot. 46: 1843-1852.
18.Massoud, F.J. 1974. salinity and Alkalinity as soil degradation. Rome: FAO.

19.Moradi, F., Ismail, A., Gregorio, G., and Egdane, J. 2003. Salinity tolerance of rice during reproductive Development and association with tolerance at the seedling stage. Indian J. Plant Physiol. 8: 105-116.
20.Moradi, F., and Ismail, A.B. 2007. Responses of photosynthesis, chlorophyll fluorescence and ROS-scavenging systems to salt stress during seedling and reproductive stages in rice. Ann. Bot. 99: 1161-1173.
21.Morgan, J.M. 1992. Osmotic components and properties associated with genotypic differences in osmoregulation in wheat. Aust. J. Plant Physiol. 19: 67-76.
22.Munns, R. 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soils. Some dogmas and hypotheses. Plant Cell Environ. 16: 15-24.
23.Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ. 25: 239-250.
24.Munns, R., and Weir, R. 1981. Contribution of sugars to osmotic adjustment in elongating and expanded zones of wheat leaves during moderate water deficit at two light levels. Aust. J. Plant Physiol 8: 93-105.
25.Munns, R., Husain, S., Rivelli, A.R., James, R.A., Candon, A.G., Lindsay, M.P., Lagudah, E.S., Schachtman, D.P., and Hare, R.A. 2002. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection trains. Plant and Soil, 247: 93-105.
26.Netondo, G.W., Onyango, J.C., and Beck, E. 2004. Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. Crop Sci. 44: 806-811.
27.Neumann, P. 1997. Salinity resistance and plant growth revisited. Plant Cell Environ. 20: 1193-1198.
28.Rezvani Moghadam, P., and Koocheki, A. 2001. Research history on salt affected lands of Iran: Present and future prospects-halophytic ecosystem. International symposium on prospects of saline agriculture in the GCC countries. Dubai, UE. 22p.
29.Schachtman, D.P., and Munns, R. 1992. Sodium accumulation in leaves of Triticum species that differ in salt tolerance. Aust. J. Plant Physiol. 19: 331-340.
30.Shabala, S., Babourina, O., and Newman, I. 2000. Ion-specific mechanisms of osmoregulation in bean mesophyll cells. J. Exp. Bot. 51: 1243-1253.
31.Shannon, M.C., Rhoades, J.D., Draper, J.H., Scardaci, S.C., and Spyres, M.D. 1998. Assessment of salt tolerance in rice cultivars in response to salinity problems in California. Crop Sci. 38: 394-398.
32.Song, J.Q., Mei, X.R., and Fujiyama, H. 2006. Adequate internal water status of Nacl salinized rice shoots enhanced selective calcium and potassium absorption. Soil Sci. Plant Nutr. 52: 300-304.
33.Stewart, E.A. 1989. Analysis of vegetation and other organic material. *In:* Acad. Press, New York. Pp: 46-60.

34.Suhayda, C.G., Wang, X., and Redmann, R.E. 1992. Trace metal composition of Hordeum spesies as altered by salinity. In: Stepohn, H., Curtin, D. (Eds) Salinity and Sustainable Agriculture Swift Current Research Station, Saskatchewn.
35.Tester, M., and Dovenport, R. 2003. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. Ann. Bot. 91: 503-527.
36.Tsuchiya, M., Miyake, M., and Hitoshi, N. 1994. Physiological response to salinity in rice plant. III. A possible mechanism for Na^+ exclusion in rice root under Nacl-stress conditions. Jpn. J. Crop Sci. 63: 326-332.
37.Yeo, A.R. 1998. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology. J. Exp. Bot. 49: 915-929.
38.Yushida, S., Forno, D.A., Cock, J.H., and Gomez, K.A. 1976. Laboratory measure for physiological studies of rice. Los Banos (Philipines): International Rice Research Institute.
39.Zhu, J.S., Kinet, J.M., and Lutts, S. 2001. Characterization of rice (*Oryza sativa* L.) F-3 populations selected for salt resistance. I. Physiological behaviour during vegetative growth. Euphytica. 121: 251-263.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Plant Production, Vol. 16(2), 2009
www.gau.ac.ir/journals

Ions and total soluble carbohydrates compartmentation in different leaves of rice genotypes in response to salt stress

I. Nemati[1], *F. Moradi[2], M.A. Esmaeili[3] and S. Gholizadeh[1]

[1]Instructor, Dept. of Horticulture, Islamic Azad University, Khorramshahr Branch,
[2]Assistant Prof., Agricultural Biotechnology Research Institute, Karaj,
[3]Assistant Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Mazandaran University

Abstract

A factorial experiment based randomized complete block was conducted in order to investigation of two rice (*Oryza sativa* L.) genotypes responses for Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, Mn^{2+}, P and total soluble sugars accumulation and compartmentation in leaves 3, 4, 5 and 6 to salt stress. In estimation of the simple correlation between traits, dry weight was negatively correlated with Na^+ and Cl^-. The observed reduction in seedling growth was higher for IR29 (salt sensitive) than IR651 (salt tolerant). Salinity induced high Na^+ and Cl^- accumulation in leaves of both genotypes and in IR29 was more than IR651. The highest Na^+ and Cl^- concentrations were in third and fourth leaves of IR29. Total soluble carbohydrates concentration was increased only in leaves 5 and 6 of studied genotypes and had no change in leaves 3 and 4. Obtained results showed that under saline condition, reduction in Ca^{2+} concentration occurred in IR29 more than IR651, however, was observed in all leaves of both genotypes. There was no regular response of seedlings to salinity in relation to accumulation of Mg^{2+}. Mn^{2+} and P concentrations had no changes under salinity. Under saline condition, K^+/Na^+ ratio was decreased in both genotypes but was higher in IR29. IR651 could to preserve high K^+/Na^+ ratio in sixth leaf than other leaves. Generally, IR651 could to accumulation toxic ions in older leaves for prevent damage to young leaves while high levels of these ions were accumulated in young leaves of IR29. Nacl also caused to imbalance for solutes concentration in leaves of both genotypes.

Keywords: Rice, Salt stress, Solutes accumulation

* Corresponding Author; Email: foadmoradi@yahoo.com