یافته های نوین کشاورزی
سال یازدهم- شماره۲- زمستان ۱۳۹۵

تاثیر شوری بر غلظت برخی عناصر در بافت‌های گیاه برنج (*Oryza sativa* L) و میزان زیست توده

اسفندیار فرهمندفر، استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
فواد مرادی، استادیار پژوهش موسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
الهیار فلاح*، استادیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران

چکیده

تنش شوری باعث تغییر در جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاه برنج می‌شود. برای تعیین تاثیر تنش شوری در مراحل مختلف رشد گیاه برنج بر غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم ریشه، ساقه و برگ، آزمایش گلدانی در معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور(آمل) انجام شد. طرح به صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با دو رقم برنج هیبرید (دیلم) و PSBRC88 در کرت‌های اصلی و سه سطح شوری صفر، ٦ و ١٢ دسی زیمنس بر متر در سه مرحله رشد (پنجه زنی، ساقه‌دهی و گلدهی) به صورت فاکتوریل درکرت‌های فرعی به اجرا درآمد. کشت هیدروپونیک با محلول غذایی یوشیدا در گلدان‌های ٦ لیتری انجام شد. میزان غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم ریشه، ساقه و برگ برنج پس از اعمال تیمار شوری در هرمرحله رشد به مدت ۲۰ روز اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که میزان غلظت یون‌های کلسیم،پتاسیم و منیزیم با افزایش سطح شوری در ریشه، ساقه و برگ برنج کاهش یافت ولی میزان یون سدیم افزایش معنی‌داری یافت. در تیمار شاهد، بیشترین غلظت یون‌ها در مرحله گلدهی بود و همواره میزان غلظت یون‌های ریشه کمتر از ساقه و برگ بود. میزان غلظت یون پتاسیم، کلسیم و منیزیم در رقم PSBRC88 بیشتر از رقم هیبرید (دیلم) بود. بنابراین، رقم PSBRC88 دارای کارایی بهتر جذب یون‌های سدیم، پتاسیم، منیزیم و کلسیم در تنش شوری داشت و تولید زیست توده بیشتری داشت.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، سدیم، منیزیم، مراحل رشدی برنج

---

* نویسنده مسئول: E-mail: a.fallah@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۰۸/۲۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۰٦/١٦

مقدمه

برنج گیاهی نیمه آبزی و حساس به شوری است. رشد بهینه گیاه برنج به شرایط محیطی بستگی دارد. فراهمی عناصر غذایی در محیط رشد گیاه برنج ضروری است و هر گونه کمبود باعث کاهش رشد خواهد شد (۱).گیاهان برای جذب عناصر ضروروی انتخاب محدودی دارند و عناصری که ضروری نیستند و یا حتی سمی را جذب می‌کنند. حدود ٦۰ عنصر در بافت‌های گیاهی وجود دارد ولی فقط ۱۷ عنصر برای رشد گیاهان ضروری هستند (۳). علت اصلی شوری در طبیعت، غلظت زیاد کاتیون‌های سدیم، کلسیم، منیزیم و آنیون‌های کلر، سولفات و نیترات می‌باشد (۷). شوری به صورت حضور مقدار بیش از حد نمک‌های محلول در خاک یا آب آبیاری تعریف می‌شود. حد بحرانی شوری برای گیاه برنج بین ٤-۳ دسی زیمنس بر متر گزارش شده است ولی غلظت بحرانی نمک در بافت برگ که باعث خسارت به گیاه برنج می‌شود در میان ارقام برنج، متفاوت است (۲).

پتاسیم جزء عناصر پر مصرف گیاه است و جذب آن توسط گیاه به صورت یون می‌باشد و عمدتا دارای نقش کاتالیزوری است. با کمبود پتاسیم سوخت و ساز نوری کاهش و میزان تنفس افزایش می‌یابد و نتیجه آن کاهش کربوهیدرات‌ها است. تنظیم فشار اسمزی، فعال سازی آنزیم‌ها، تنظیم اسیدیته سلولی، برقراری تعادل کاتیون- آنیون در سلول، تنظیم تبخیر و تعرق از طریق روزنه‌ها و انتقال فرآورده‌های فتوسنتز، از وظایف ضروری پتاسیم درگیاه برنج می‌باشد (۳).

کلسیم و منیزیم دو عنصر دو ظرفیتی بوده و به همین صورت هم توسط گیاه جذب می‌شوند. وجود پکتات کلسیم دردیواره سلولی برای زنده ماندن گیاه الزامی بوده و علاوه بر نقش‌های متعدد، متعادل کردن غلظت سایر عناصر غذایی در بافت گیاهی به‌عهده کلسیم است (۸). کلسیم در تشکیل و افزایش پروتئین در درون میتوکندری دخالت دارد. با توجه به نقش میتوکندری‌ها در تنفس هوازی و در نتیجه جذب عناصر غذایی می‌توان چنین نتیجه گرفت که رابطه مستقیم بین مقدار کلسیم و جذب عناصر غذایی بوسیله گیاهان وجود دارد. وجود منیزیم برای تداوم سوخت و ساز نوری، فعال کردن آنزیم‌های متعدد در رابطه با سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها و نقش آن در چرخه اسید سیتریک در تنفس سلولی اهمیتی حیاتی دارد و از آنجا که منیزیم جزئی از ساختمان کلروفیل به شمار می‌رود کمبود آن رنگ پریدگی برگ‌ها را به دنبال دارد. منیزیم در جذب و تثبیت CO_2 و سنتز پروتئین دخالت دارد. میزان انتقال و خروج منیزیم توسط گیاه برنج بین ۳ تا ۵ کیلو گرم در یک تن عملکرد دانه برنج متغیر است (۳).

ارقام ایندیکا متحمل به شوری، دفع کننده مناسب یون Na^+ و میزان جذب بالا K^+ و نسبت Na^+/K^+ پائینی را در اندام هوایی گیاهچه نشان دادند (۹). همبستگی مثبت بین نسبت سدیم به پتاسیم و تحمل به شوری در گیاه برنج مشاهده شد. نسبت سدیم به پتاسیم کمتر از دو به یک در دانه، متحمل بودن ارقام برنج به شوری را نشان می‌دهد (۳). طی گزارشی، نشان داده شد که دو گیاه برنج و علف هرز سوروف

(*Echinochloa oryzicola*) در معرض تنش شوری ۵۰-۱۰۰ mm/l^{-1} (میلی مول بر لیتر) کلریدسدیم، گیاه سوروف، توانایی محدود کردن تجمع یون سدیم را داشت و در عوض، مقدار یون پتاسیم بالاتری را در خود نگهداری نمود. نسبت Na^+/K^+ در سوروف بیشتر از گیاه برنج بود (Hoai, et al. 2005) تحقیقات نشان داد که کارایی دفع یون Na^+ از ریشه گیاه برنج با تعرق تغییر می‌کند. رقم متحمل به شوری برنج پوکالی افزایش معنی‌داری را از نظر غلظت یون Na^+ در برگ‌ها حتی در شوری بالای خاک نشان نداد، در حالی که ارقام‌های حساس به نمک تجمع نمک را در برگ‌هایشان نشان داد. تعادل و تناسب یون‌های K^+وNa^+ درون سلولی برای فعالیت بسیاری از آنزیم‌های سیتوسول و هم چنین حفاظت از پتانسیل غشایی و به‌عنوان یک تنظیم کننده اسمزی مناسب برای تنظیم حجم سلول بسیار مهم‌اند (۷).

یکی از اثرات ثانویه غلظت بالای Na^+ در محیط ریشه از جذب مواد غذایی ضروری مانند K^+ ، Ca^{++} ، $No3^{--}$ و غیره جلوگیری می‌نماید (۳). لیانگ (۱۹۹۹) نشان داد که با افزایش غلظت نمک، سطوح یون سدیم ساقه و برگ گیاه جو افزایش یافت. همچنین در آزمایشی مشخص شد با افزایش شوری میزان یون سدیم ساقه و برگ برنج افزایش یافت ولی پتاسیم کاهش معنی‌داری نشان داد. طی آزمایشی که بر روی ارقام برنج توسط زینگ و همکاران (۲۰۰۳) در محیط شور انجام گرفت مشاهده شد که در خاک‌های شور، افزایش شوری نه فقط تنش‌های اسمزی را در گیاهان تحمیل می‌نمایند، بلکه بر جذب و انتقال مواد غذایی ضروری مانند K^+ و Ca^{2+} تأثیر می‌گذارد. یون سدیم می‌تواند منجر به خسارت یون‌های Ca^{++} و K^+ از سلول‌های گیاه و کاهش جریان رو به داخل یون K^+ در ریشه‌ها گردد (۷). در برنج غلظت بالایی از یون Na^+، باعث کاهش در جذب کلسیم می‌شود. نتدادو و همکاران (۲۰۰٤) نشان دادند غلظت بالای نمک NaCl در محیط رشد، جذب و تجمع یون‌های K^+ و Ca^{2+} با شدت بیشتر و جذب یون Mg^{2+} توسط ریشه با شدت کمتری کاهش یافت. شانون و همکاران (۱۹۹۸) به این نتیجه رسیدند که تنش با نمک NaCl غلظت یون K^+ در برگ‌های برنج را در کالیفرنیا حدود ٤۰٪ کاهش داد، امّا بر مقادیر یون‌های Mg^{2+} Ca^{2+} بی‌تأثیر بود.

هدف تحقیق در این آزمایش، تعیین میزان غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم ریشه، ساقه و برگ دو رقم برنج در تنش شوری و بدون تنش درسه مرحله مختلف رشدی گیاه برنج بود.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی تاثیر تنش شوری در مراحل مختلف رشد گیاه برنج بر غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم ریشه، ساقه و برگ برنج، آزمایش گلدانی در گلخانه معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران (آمل) انجام شد. آزمایش به صورت اسپیلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه کامل

تصادفی در سه سطح شوری صفر، ٦ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر به عنوان کرت اصلی و ارقام (دیلم و PSBRC88) و سه مرحله رشدی (بیست روز بعد از آغاز مرحله پنجه‌زنی، بیست روز بعد از مرحله ساقه دهی و ۲۰ روز بعد از مرحله گلدهی) به عنوان کرت فرعی با سه تکرار اجرا گردید. دمای محیط با نصب سه فن کوئل تقریبا مشابه هوای بیرون بوده است.

بذرهای دو رقم برنج هیبرید (دیلم) و PSBRC88 پس از ضدعفونی، به صورت جداگانه و تک تک در حفره‌های ورقه‌های کاشت نشاء انتقال یافت در قسمت تحتانی هر حفره هم منفذ کوچکی تعبیه شده بود که ریشه‌چه‌های هر بذر پس از جوانه زدن جهت جذب مواد غذایی در محیط کشت غذایی یوشیدا (۱۹۷٦) غوطه‌ور بودند. نشاکاری در گلدان‌های پلاستیکی به رنگ سفید به گنجایش ٦ لیتر که حاوی محلول غذایی بود، انجام پذیرفت. برای کشت نشاء و نگهداری آن در محلول غذایی از درب پوشش‌های مخصوصی استفاده شد. درب پوش‌های چوبی به گونه‌ای شبیه سازی و طراحی شده بود که بر روی هر کدام از آن‌ها سه سوراخ به قطر سه و به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر (به شکل مثلث متساوی الاضلاع) تعبیه گردید و تک نشاء در هر منفذ انجام گرفت.

وقتی‌که ارتفاع گیاه به ۲۰ سانتی‌متر رسید در گلدان‌های حاوی محیط کشت به صورت تک بوته انتقال یافت به‌نحوی که ریشه‌ها در داخل محیط کشت و اندام هوایی رو به سمت بیرون بودند. با استفاده از pH متر مدل(744-METROHM) و محلول یک نرمال اسید کلریک و هیدروکسید سدیم، اسیدیته محیط کشت هر ۲ روز یک بار بین ٦-۵/۵ تنظیم و هر ۷ روز یک بار محلول غذایی محیط کشت گیاه برنج تعویض شد (۱۲). در هر مرحله رشدی، تیمار شوری به مدت ۲۰ روز اعمال شد. سپس، میزان غظلت یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم ریشه ،ساقه و برگ در هر مرحله رشدی اندازه‌گیری شد. ابتدا ریشه، برگ و ساقه از هم جدا شده و در آون با دمای ۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ٤۸ ساعت قرار داده شد. سپس نمونه‌ها با آسیاب برقی پودر شد. برای سنجش سدیم و پتاسیم، یک گرم پودر هر بافت گیاه برنج را با ترازوی دقیق یک ده هزارم توزین شد و داخل کروزه‌های چینی قرار گرفت. سپس نمونه ها در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۲ ساعت گذاشته شد. خاکستر سفید حاصل را در ارلن مایر ریخته و به آن ۱۰ میلی لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال اضافه شد و بر روی حمام آب گرم به مدت سه ساعت گذاشته و با دستگاه فلم فتومتر سنجش شد (۱۲). برای سنجش یون منیزیم و کلسیم از سیستم جذب اتمیک مدل (Varian-Aspectr-AA-10) استفاده شد. یون کلسیم در طول موج ٤۲۲/۷ نانومتر و یون منیزیم در طول موج ۲۰۲/٦ نانومتر سنجش شد. داده‌ها در قالب طرح با نرم افزار SAS تجزیه و مقایسه میانگین به روش دانکن با نرم افزار MSTATC انجام گرفت.

نتایج و بحث

جدول (۱) نشان داد اثر سطوح شوری و مرحله رشدی بر غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بافت ریشه، ساقه و برگ گیاه برنج در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. همین روند برای مرحله ساقه‌دهی و گلدهی وجود داشت. اثر رقم در مرحله حداکثر پنجه‌زنی، بجز بر میزان غلظت یون سدیم و پتاسیم ریشه و پتاسیم برگ، بر سایر غلظت یونی بافت‌های برگ و ساقه معنی‌دار بود (جدول ۱). در مرحله ساقه دهی و گلدهی اثر رقم بر غلظت یونی سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بافت ریشه، ساقه و برگ گیاه برنج در سطح یک یا پنج درصد معنی‌دار بود (جدول تجزیه واریانس ارایه نشد). اثر متقابل بین رقم و سطوح تنش شوری و مرحله رشدی وجود داشت.

غلظت یون سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بافت ریشه

مقایسه میانگین اثر سطوح شوری بر غلظت سدیم (جدول ۲) نشان داد با افزایش شوری، میزان یون سدیم در بافت ریشه برنج نسبت به شاهد در هر سه مرحله رشدی، افزایش یافت. میزان افزایش غلظت یون سدیم در بافت ریشه در تیمار ۱۲ دسی زیمنس بر متر بین ۸۰ تا ۹۰٪ در مقایسه با شاهد بود. با افزایش شوری، میزان غلظت یون پتاسیم، کلسیم و منیزیم بافت ریشه کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۲). میزان کاهش غلظت یون پتاسیم بافت ریشه در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر نسبت به شاهد در سه مرحله رشدی، ۳۷-۲۷٪ متغیر بود. میزان کاهش غلظت یون کلسیم ۳٤-۱۹٪ و میزان کاهش غلظت یون منیزیم ٤۹-۱۹٪ متغیر بود (جدول ۲). مقایسه دو رقم برنج هیبرید (دیلم) و PSBRC88 نشان داد در هر سه مرحله رشدی میزان غلظت یون سدیم در ریشه برنج رقم دیلم بیشتر از رقم PSBRC88 بوده و در مرحله ساقه‌دهی و گلدهی این تفاوت معنی‌دار بود (جدول ۳). به عبارت دیگر رقم PSBRC88 میزان سدیم کمتری را جذب کرده است و محتمل‌تر از رقم هیبرید (دیلم) می‌باشد.

میزان غلظت یون پتاسیم، کلسیم و منیزیم بافت ریشه رقم PSBRC88 بیشتر از رقم هیبرید دیلم بود (جدول ۳). نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش تنش شوری میزان غلظت یون سدیم ریشه، افزایش معنی‌داری یافت. کاهش در میزان جذب یون‌های Ca^{++} و K^{+} تحت تأثیر جذب زیاد یون Na^{+} می‌تواند یکی از عوامل اصلی در عدم تنظیم اسمزی و مرگ گیاه حساس شود. افزایش مقدار Na^{+} در گیاهان نشان دهنده خسارت شوری به گیاه است که در نهایت منجر به کاهش عملکرد می‌شود و کنترل جذب Na^{+} از طریق ریشه‌ها یکی از مهم‌ترین مکانیزم‌های تحمل به شوری در گیاهان می‌باشد چون شدت انتقال پتاسیم و کلسیم را کاهش می‌دهد (۷).

جدول۱: نتایج تجزیه واریانس غلظت‌های یونی اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف شوری، رقم و مراحل رشدی در مرحله حداکثر پنجه‌زنی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		Na^+ در ریشه	K^+ در ریشه	Na^+ در ساقه	K^+ در ساقه	Na^+ در برگ	K^+ در برگ
تکرار	۲	٤٤٨٩١٠/٧٢^{ns}	٤٩٢٩٨٧/٢*	١٦٩٠٧٥/٨^{ns}	٢٩٨٧٠٥٨/٤^{ns}	٧٨٥١٧٣/٥^{ns}	٦٠٧٣٣٥/١٣^{ns}
رقم	۱	١٢٠٠٣٩/١٩^{ns}	٦٨٤٠٨/٩^{ns}	٧٠٥٩٧٣٣/٨*	٢٧١٣٣٤٣١/٢*	٩٩٥٥٣٨١/٤**	١١٩٦٦٢/٣^{ns}
تکرار × رقم	۲	٤٨٣٠٢٧/٢٤	١٧٩٦٥/٨	٣٢٩٨٠٢/٠٢	٥٧٥٩٣٥/٢	٤٣٠٧٠/٠٢	١٥٣٦٧٢/٤
مرحله رشدی	۲	٥٨٩١٦٩٣٢٣/٦**	٤٨٤٥٧٩٠٤٢**	٨٤٩٩٦١٤٩٦**	٥٩٥٥١٨٤٠٥**	٣٦٢٦٩٨٥٧٣**	٦١٢٨٠٠٨٩٢**
سطوح شوری	۲	١٨٩٦٠٤٥٧٠/٧**	١٧٧٨٧٧١٣٢**	٢٩٢٤٢٢٣٦٤**	١٩٧١٨٥٧٧٠**	١٢٤٤٤٩٢٧٥٢**	٢٥٠٧٦٧٠٦١**
رقم × مرحله رشدی	۲	٤٦٠٥٤/٣^{ns}	٦٩٠٥١/٤^{ns}	٧٠٤٠٢٢٢/٥**	٢٧٢٢٤٩٥٧/٥**	٩٩٣٩٩٣٥/٦**	١٢٥٦٨٩/٤^{ns}
مرحله رشدی × شوری	٤	١٨٩٥٢٧٨٠٩/٥**	١٧٧٩٥٩١٥٩**	٢٩٢٥٠١٠٣٩**	١٩٧٢١٧٣٣٠**	١٢٤٤٤٥٧٠٣**	٢٥٠٦٦٠٢٧٧**
رقم × شوری	۲	١٢٤٩٦٠٠/٨*	٣١٨٣٧٦/٨**	٢٢١٢٩٩٠/٢**	٤٨٦٧٧٠٩/١*	٣٠٥٣٢٩١/١٢**	٣٤٤٣٧٧/٠٤^{ns}
رقم × شوری × مرحله‌رشدی	٤	١٢٥٧٨٧٧/٨**	٣١٥٢٦٦/٦**	٢٢١٥٤٧٤/٥**	٤٨٧٥٦٢٧/٨*	٣٠٥١٩٦١/٠٢**	٣٤٦٢٨٥/٤^{ns}
خطای کل	۳۲	٢٩٤٩٥٤	٤٤٨١٣/٧	٣٣٠٣٧٣/٣	١٢٦٧١٧/٠٤	٤٣٩٣٧/٧	٣٤٥٤٧٧/١
ضریب تغییرات (٪)		٩/٨	٦/٧	١١/٦	٨/٤	١٠/٣	١٢/٦

ادامه جدول۱:

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		Ca^{++} در ریشه	Ca^{++} در ساقه	Ca^{++} در برگ	Mg^{++} درریشه	Mg^{++} درساقه	Mg^{++} در برگ
تکرار	۲	٣٩٦٧٢٩/٤**	٣٨٦٢٤٧/٢**	٢١١٩١٠/٣**	٣٩٩٠٥٨/٤**	٣٩٩٧٥٦/٥**	٣٩١٦٤٢/٩**
رقم	۱	١٤٠/١٧^{ns}	٩٧٠٢٨٢**	٣٨١٣٦٠/٠٧*	١٠٦١٢/٠٢**	١٠٥٨٤*	١٩٠٨١٦/٧**
تکرار × رقم	۲	٠/٨٨٩	٧٤	٤٤١٣/٤١	٣/٠٢	١٣٤/٨٩	٩/٧٢
مرحله رشدی	۲	٢٦٧٤٤٥٦/٢**	٣٥٩٠٠٧٣/٠٢**	١٥٦٩٧٣٠١/٥**	٢٠١٨٥١/١٧**	٥٦٦٣١٣/٩**	٣٦٢٠٣٠٩/٠٢**
سطوح شوری	۲	١٣٢٧٥٨٩/٤**	١٣٢٦٢٢٣/٦**	٧٠٠٠٧٦٦/٧**	٩٨٤٩٧/٧**	٢٥٤٢١٥/٢**	١٣٤٦٩١٢/٦**
رقم × مرحله رشدی	۲	٣٥/١٧^{ns}	٩٨٩٤٧/٤**	٤٦٥٤٧٠/٤**	١١٩٧٠/٩**	١٠٣٤٠/٢٢**	١٨٣٤٠١/٠٦**
مرحله رشدی × شوری	٤	١٣٣٥٩٦٢/٧**	١٣٢٢٣١٦/٥**	٦٩٩٢٦١٤/٠٧**	٩٨٤٤٥/٤**	٢٥٦٢٠٧/٤**	١٣٥٣٦٩٠/٥**
رقم × شوری	۲	١٢٣٠٩/٥**	١٨٩٧٣/٦**	٢٤٠٥٨٢/٨**	٤٧٤٧/٠٣**	٤٤٧٦/٥٠**	٢١٦٩١/٢**
رقم × شوری × مرحله‌رشدی	٤	١٢٠٣٧/٦٧**	١٨٥٤٨/٤**	٢٤١٦٤٤/٠٧**	٤٦٤٧/٤**	٤١٤٢/٢٢**	٢٢٤٢٨/٦**
خطای کل	۳۲	١٣٨/٥	١٥٥/٦	١٣٥٥٧	٨٣/٧	٢٠٩/٩	٣٨٧/٢
ضریب تغییرات (٪)		٩/٥	٧/٨	١٠/٤	٨/٥	٩/٧	٧/٥

**، * و ns: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، ۵٪ و غیر معنی‌دار

با افزایش شوری پتانسیل آب موجود در بافت ریشه کاهش پیدا خواهد کرد و در واقع گیاه برنج با تنش آبی مواجه شد و در نتیجه انسداد روزنه‌ای، اغلب یک واکنش سریع و اولیه گیاه نسبت به تنش شوری است و انسداد سریع روزنه‌های گیاهی می‌تواند ناشی از پتانسیل آب پائین، اثرات مضره یون سدیم بر روی سیگنال‌های ریشه و برگ باشد (۷). اثرات غیر مستقیم شوری می‌تواند به صورت‌های مختلف تنش

آبی، عدم تعادل مواد غذایی و تنش‌های اکسیداتیوی ملاحظه شود و متداول‌ترین اثر قابل مشاهده شوری بر روی گیاهان این است که آب قابل دسترس خاک توسط گیاه کاهش می‌یابد (۱۰).

جدول۲: اثر شوری بر غلظت‌های یونی عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بافت ریشه در مراحل مختلف رشدی گیاه برنج

شوری (دسی زیمنس بر متر)	مرحله حداکثر پنجه زنی				مرحله ساقه دهی				مرحله گلدهی			
	غلظت‌های یونی(mg/kg)											
	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}
۰	c ۱۰۳۰/۵	۲۳۱۷۰/٤a	۲۸٤٦/۷a	۷۳٤/۷a	۱۰۷٦/۳c	۲۱٦۹۵/۹a	۲٦۱۸/٤a	۹۰۹/٦a	۱۰۸۸ c	۲۹۸۳۲/۳a	۲۲۱٦/٤a	۷۷۷/۲a
٦	/٤b ٤٤۳۰	/۹b ۲۰۲۸۸	۲٦۵۲/٦b	٦۹٦/۷b	٤٤۸٦/٦b	۱۸۵۸۹/۱b	۲۲۸٦/۱b	۸۱۱/۹b	۵۵٦۵/۲b	۲۵٦٦۲/۹b	۱۹٤۹/٤b	٦۱۰/۰٦b
۱۲	۷۵۱۹a	۱٦۸۹۰/۳c	۲۳۱۰/۳c	۵۹۱/٦c	۹۸۱۰/۹a	۱۳۵۸۹/۹c	۱۷۱۱/٤c	٦٤۲/۰٦c	۱۰۰۸۸/a	۲۰٦۷٦/۲c	۱۵۸۲/۸c	۳۹۵/۲c

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ به روش دانکن می‌باشد

جدول ۳: اثر رقم بر غلظت‌های یونی عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بافت ریشه در مراحل مختلف رشدی گیاه برنج

غلظت‌های یونی / ارقام	مرحله حداکثر پنجه زنی				مرحله ساقه دهی				مرحله گلدهی			
	غلظت‌های یونی(mg/kg)											
	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}
PSBRC88	٤۲۷۹/۵a	۲۰۱۵۲/۲a	۲٦۰۱/٦a	٦۸۸/۲a	٤۷۵۹/۷b	۱۸۲۹۵/۹a	۲۲۸۷/۰٤a	۸۱٤/٦a	۵۵۳۵/۰٤b	۲۵۷۸۲/۷a	۲۰۵٤/۸a	٦۱۹/۱a
هیبرید بهاریک (دیلم)	٤۳۷۳/۵a	۲۰۰۸۰/۹a	۲٦۰٤/۸a	٦٦۰/۱b	۵٤۸۹/۵a	۱۷٦۲۰/۷b	۲۱۲۳/٦b	۷٦۱/۱b	٦۱٦۲/٤a	۲٤۹۸/۳b	۱۷۷۷/۷b	۵٦۹/۱b

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد

غلظت یون سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بافت ساقه

مقایسه میانگین اثر سطوح شوری نشان داد با افزایش شوری، میزان یون سدیم در ساقه نسبت به شاهد افزایش یافت و میزان افزایش در تیمار ۱۲ دسی زیمنس بر متر بین ۹۵-٪۸۹ در مقایسه با شاهد بود (جدول٤). با افزایش شوری، میزان غلظت یون پتاسیم، کلسیم و منیزیم بافت ساقه کاهش معنی‌داری یافت (جدول ٤). میزان کاهش غلظت یون پتاسیم بافت ساقه در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر نسبت به شاهد در سه مرحله رشدی، ۲۹-۲۱٪ متغیر بود. میزان کاهش غلظت یون کلسیم ۵۲-٪۱۷ و میزان کاهش غلظت یون منیزیم ۳۸-٪۲۱ متغیر بود (جدول ٤).

جدول٤: اثر شوری بر غلظت‌های یونی عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بافت ساقه در مراحل مختلف رشدی گیاه برنج

شوری (دسی زیمنس بر متر)	مرحله حداکثر پنجه زنی				مرحله ساقه دهی				مرحله گلدهی			
	غلظت‌های یونی(mg/kg)											
	Na^{+}	K^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	K^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	K^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}
۰	۱۰۰۰c	۳۱۳٤٤ /٦a	۳۱۱۵ /٠٦a	۱۰۹۵/۳a	۱۲۳۰/٤c	۳٤۱۱۰a	۲۹۷٦a	۱۱۵۹/۲a	۳۵٤/۱c	۲۹۳۳٤ /۹a	٤۷۰۲/۸a	۳۲٤۸/٤a
٦	٤۷۹۷/۵b	۲۸٤۵۷/۸b	۲۹۰۲/۵b	۱۰۲۲/۳b	۵٤۲٦/٤b	۳۰٦۰۳/۳b	۲٦۲۳/٦b	۹۸۸/۳b	٤۳٦۷/٦b	۲٦۰٤٦/۲b	۳۹٤۵/٦b	۲۷٦۸/۹b
۱۲	۹۰۵٦/۸a	۲٤۷٤۲/۳c	۲۵۷٦/۲c	۸٦۲/۹c	۱۱۹۰٦/۲a	۲۳۹۵۲/۸c	۲۰۲۸/۲c	۷۱۸/۲C	۷۵۳۸/۸a	۲۱۹۹۰/۸c	۲۰۲٤/٦c	۲۱۹۱/۸c

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد

بیشترین درصد کاهش غلظت یون کلسیم ساقه در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر در مرحله گلدهی اتفاق افتاد. مقایسه دو رقم برنج هیبرید (دیلم) و PSBRC88 نشان داد در هر سه مرحله رشدی میزان غلظت یون سدیم در ساقه برنج رقم دیلم بیشتر از رقم PSBRC88 بوده و در در هر سه مرحله رشدی تفاوت معنی‌داری داشت (جدول۵). میزان غلظت یون پتاسیم، کلسیم و منیزیم بافت ساقه رقم PSBRC88 بیشتر از رقم هیبرید دیلم بود (جدول۵) و این تفاوت معنی‌دار بود. میزان افزایش غلظت یون پتاسیم بافت ساقه رقم PSBRC88 در هر سه مرحله رشدی معادل ۸-۳٪ متغیر و بیشتر از رقم هیبرید دیلم بود. ساقه عضو انتقال مواد غذایی از ریشه به برگ است. نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش تنش شوری، میزان غلظت یون سدیم در بافت ساقه برنج افزایش یافت به عبارت دیگر، بخشی از یون سدیم در طول مسیر انتقال در بافت ساقه تجمع کرد و در نتیجه سبب کاهش غلظت یون پتاسیم، کلسیم و

منیزیم بافت ساقه برنج شد. سایر محققین گزارش دادند یون Ca^{++} کافی منجر به استحکام و بهبودی عمل غشاء پلاسمایی ریشه‌ها و اندام هوایی می‌شوند. بنابراین، اثر بهبودی بر رشد اندام هوایی با افزایش یون Ca^{++} در تیمار شوری با کاهش یون Na^{+} مرتبط می‌باشد. شواهدی وجود دارد که یون Na^{+} از طریق غشای ریشه‌ها جایگزین یون Ca^{++} شده و منجر به آشفتگی و یا بی‌نظمی غلظت درون سلولی کلسیم می‌گردد (۲). نتایج نشان داد جذب کلسیم به مقدار معین با افزایش شوری کاهش می‌یابد و درنتیجه این اثر، منجر به خسارت غشایی در سلول می‌گردد و در صورت افزایش بیش از حد نمک در محیط رشد، باعث مرگ سلول و در نهایت مرگ بافت خواهد شد (۲).

جدول ۵: اثر رقم بر غلظت‌های یونی عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بافت ساقه در مراحل مختلف رشدی گیاه برنج

مرحله گلدهی				مرحله ساقه دهی				مرحله حداکثر پنجه زنی				غلظت‌های یونی
غلظت‌های یونی(mg/kg)												
Mg^{++}	Ca^{++}	K^{+}	Na^{+}	Mg^{++}	Ca^{++}	K^{+}	Na^{+}	Mg^{++}	Ca^{++}	K^{+}	Na^{+}	ارقام
۸٤۹/۹a	٤۹۸٦/۲a	۲٦۳۳/۹a	٤۹۹٦/٤b	۹۹٦/۱a	۲٦۱۷/۸a	۳۰۰۱۹/۱a	٥٤۷٥/٦b	۱۰۰۷/٥a	۲۹۰٦/۹a	۲۸۸۹۰/٤a	٤٥۸۹/۹b	PSBRC88
٦٥۲/۸b	٤۷۰٥/۸b	۲٤۲۰۷/۸b	٦٥٥۷/۳a	۹۱٤/۳b	۲٤٦۷/۳b	۲۹۰۹۱/٦b	٦۸۹۹/۸a	۹۷۹/٥b	۲۸۲۲/۲b	۲۷٤۷۲b	٥۳۱۳a	هیبرید بهاریک (دیلم)

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد

غلظت سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بافت برگ

با اعمال تیمار شوری در هر مرحله رشدی، میزان یون سدیم بافت برگ در همان مرحله افزایش معنی‌داری نشان داد. میزان یون سدیم برگ در تیمار ۱۲ دسی زیمنس بر متر نسبت به شاهد در هر سه مرحله رشدی بین ۹۲-۹۳٪ افزایش نشان داد (جدول ٦). روند تغییرات غلظت پتاسیم برگ مشابه روند تغییرات آن در بافت ریشه و بود. اثر شوری بر محتوای K^{+} برگ معنی‌دار شد. به‌نحوی که افزایش تنش شوری، باعث کاهش جذب یون پتاسیم در بافت برگ گیاه برنج شد. مقایسه میانگین سطوح شوری نیز نشان داد که با فزایش میزان شوری، میزان تجمع یون کلسیم در بافت برگ به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ٦). مقایسه میانگین سطوح شوری همچنین نشان داد که با افزایش تنش شوری، میزان یون منیزیم در بافت برگ هم کاهش یافت و بیشترین میزان کاهش آن در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر بود (جدول ٦). مرحله رشدی و ارقام هم، پارامتر نامبرده را تحت تأثیر قرار داد و در طی آزمایش، رقم‌ها و

مرحله رشدی نسبت به محتوای پتاسیم، کلسیم و منیزیم رفتارهای متفاوتی را نشان دادند. اندازه گیری‌ها نشان داد که ارقام در مرحله برداشت دوم (مرحله ساقه‌دهی) نسبت به تنش شوری حساسیت بیشتری داشته و این حساسیت منجر به کاهش صفت مورد مطالعه در بافت برگ گردید و این کاهش در رقم حساس (دیلم) بیشتر مشاهده شد (جدول ۷). بیشترین غلظت یون منیزیم در مرحله گلدهی بود ولی با اعمال تیمار شوری در هر مرحله رشدی، میزان غلظت یون منیزیم بافت برگ در آن مرحله رشدی کاهش یافت (جدول های ۵ و ۷). برگ عضو اصلی فتوسنتز در گیاه برنج است و مواد اسیمیلاتی معمولا از برگ به دانه و سایر اندام‌های گیاه برنج منتقل می‌شود.

یکی از اثرات تنش شوری بر گیاه اثرات اختصاصی آن است. این نوع تاثیر بیشتر در اثر تراکم زیاد یک یون نسبت به بقیه یون‌ها در محلول غذایی و به‌تبع آن در بافت گیاهی می‌باشد، بطوری که رقابت یونی مانع جذب سایر یون‌ها توسط گیاه شده و بدین طریق موجبات کاهش رشد و نمو گیاه را فراهم می‌سازد. یون Mg^{2+} بخشی از ملکول کلروفیل و فعال کننده آنزیم‌های فتوسنتزی و تنفس است و برای سنتز بعضی از پروتئین‌ها لازم و ضروری می‌باشد. همچنین منیزیم در توازن الکتریکی نقش مهمی را ایفاء می‌نماید. از جمله نقش‌های متابولیکی یون Mg^{2+} می‌توان، نقش یک عنصر سازنده در ساختمان کلروفیل، ایفای نقش به عنوان یک کوفاکتور آنزیمی، تقسیم و توسعه سلولی در میتوز را نام برد. یکی از نقش‌های مهم دیگر یون Mg^{2+} در گیاهان، صادرات مواد فتوسنتزی است. برگ‌هایی که کمبود منیزیم دارند، آسیب دیدند و شوری منجر به افزایش تجزیه کلروفیل می‌شود (Essah, 2002) و در نتیجه انتقال مواد اسیمیلاتی کاهش خواهد یافت. همبستگی بین نسبت سدیم به پتاسیم و تحمل به شوری مشاهده شد ولی هیچ نسبتی به عنوان نسبت بحرانی تعیین نشده است. نسبت سدیم به پتاسیم کمتر از دو به یک در دانه، متحمل بودن ارقام برنج به شوری را نشان می‌دهد (۳).

وزن خشک کل

مقایسه میانگین، نشان داد که تنش شوری بر وزن کل خشک اثر گذاشت و وزن آن را کاهش داد که میزان کاهش در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر نسبت به شاهد ۱۵٪ بود(جدول۸). با اعمال شوری در مرحله رویشی میزان کاهش معادل ۱۹/٤٪، در مرحله ساقه دهی ۱٦/۲٪ و در مرحله گلدهی معادل ۲۰/۳٪ بود (جدول ۸) به عبارت دیگر وقوع پدیده شوری در مرحله رشدی باعث کاهش وزن خشک کل یک کپه برنج شد.

جدول٦: اثر شوری بر غلظت‌های یونی عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم **بافت برگ** در مراحل مختلف رشدی گیاه برنج

شوری (دسی زیمنس بر متر)	مرحله حداکثر پنجه زنی				مرحله ساقه دهی				مرحله گلدهی			
	غلظت‌های یونی(mg/kg)											
	Na^{+}	K^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	K^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	K^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}
۰	٤٨٣/٣c	/١a ٢٦٣٤٧	٥١٠٧a	٢٤٢٩/٢a	٥٠٥/٨c	٢٩٢٢٩a	٦٥٤٨/٧a	٢٦٠٦/٦a	٤٢٤/١c	/٩a ٣٣٣٣٤	٧٧٠٢/٨a	٣٢٤٨/٤a
٦	٢٨٩١/٩b	٢٣٣٢٧/٩b	٤٦٩٦/٤b	٢٢٥٣/٤b	٣١٩١/٦b	٢٥٢٢٦/٥b	٥٧٧٤/٠٦b	٢٢٨٤b	٦٣٦٧/٦b	٢٨٠٤٦/٢b	٦٩٤٥/٦b	٢٧٦٨/٩b
١٢	٥٧٤٠/٨c	١٨٩٢٤/٩c	٣٨٨١/٧c	١٨٩٢/٦c	٧٧٠٩/٦a	١٩٦٦٨/١c	٤٦٠٧/٣c	١٧٧٨/٧c	١٣٥٣٨/٨a	٢١٩٩٠/٨c	٦٠٢٤/٦c	٢١٩١/٨c

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد

جدول ۷: اثر رقم بر غلظت‌های یونی عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بافت برگ در مراحل مختلف رشدی گیاه برنج

غلظت‌های یونی ارقام	مرحله حداکثر پنجه زنی				مرحله ساقه دهی				مرحله گلدهی			
	غلظت‌های یونی(mg/kg)											
	Na^{+}	K^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	K^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	K^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}
PSBRC88	٢٦٣٩/٣b	٢٢٩١٣/٧a	٤٦٤٥/٧a	٢٢٥١/٢a	٢٩٥٥/٨b	٢٤٩٩٦/٤a	٥٨٥٩/٤a	٢٢٨٩/٠٤a	٥٩٩٦/٤b	٢٨٣٧/٤a	٦٩٨٦/٢a	٢٨١٩/٩a
هیبرید بهاریک (دیلم)	٣٤٩٨/٧٠a	٢٢٨١٩/٦a	٤٤٧٧/٧b	٢١٣٢/٣b	٤٦٤٨/٨a	٢٤٤١٩/٣b	٥٤٢٧/٣b	٢١٥٧/١b	٧٥٥٧/٣a	٢٧٢٠٧/٨b	٦٧٩٥/٨b	٢٦٥٢/٨b

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد

میزان این کاهش در رقم حساس دیلم بیشتر از رقم متحمل بود. مرادی (۲۰۰۲) بیان داشت که تولید ماده خشک بعلاوه تسهیم ماده خشک در اندام های مختلف گیاه برنج با استفاده از تنش شوری به شدت تغییر می یابد. کاهش ارتفاع گیاه و ماده خشک کل به دلیل رشد و نمو کندتر گیاه، ناشی از تنش اسمزی ایجاد شده توسط شوری است و یا ممکن است به دلیل بازدارندگی فتوسنتز از طریق اثرات مستقیم تنش شوری بر روی سیستم فتوسنتزی گیاه برنج باشد.

جدول۸: اثر شوری، مرحله رشدی و رقم بر وزن خشک کل یک کپه گیاه برنج بر حسب گرم

شوری (دسی زیمنس بر متر)	رویشی	ساقه‌دهی	گلدهی	مرحله رشدی	رویشی	ساقه‌دهی	گلدهی	رقم	رویشی	ساقه‌دهی	گلدهی
۰	۳۶/۷۲a	۴۲/۰۶a	۶۱/۴۸a	رشد رویشی	۲۹/۲۵b	۳۷/۵۶b	۵۹/۰۸a	PSBRC88	۳۷/۷a	۴۲/۵a	۶۰/۱۵a
۶	۳۴/۵۶b	۳۷/۲۳b	۵۴/۴۲b	ساقه دهی	۳۶/۴۵a	۳۱/۶۴c	۵۵/۳۲b	هیبرید بهاریک (دیلم) (V2)	۳۲/۳b	۳۶/۶b	۵۵/۱۷b
۱۲	۳۱/۰۸c	۳۱/۹۴c	۴۵/۹۴c	گلدهی	۳۶/۶۸a	۴۱/۹۷a	۴۷/۵۷c				

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد با افزایش شوری، میزان یون سدیم در ریشه، ساقه و برگ برنج نسبت به شاهد افزایش یافته است و میزان افزایش در تیمار ۱۲ دسی زیمنس بر متر بین ۸۰ تا ۹۰٪ در مقایسه با شاهد متغیر بود. مقایسه دو رقم برنج هیبرید (دیلم) و PSBRC88 نشان داد که در هر سه مرحله رشدی میزان غلظت یون سدیم در ریشه، ساقه و برگ برنج رقم دیلم بیشتر از رقم PSBRC88 بود. افزایش تنش شوری، باعث کاهش جذب یون پتاسیم، کلسیم و منیزیم در بافت ریشه، ساقه و برگ گیاه برنج شد. بیشترین مقدار غلظت یون‌ها در مرحله گلدهی حاصل شد در نتیجه اثر سمیت یونی ناشی از تنش شوری، در مرحله گلدهی مشهودتر بود. میزان تولید ماده خشک کل در رقم متحمل به شوری PSBRC88 در هر سه مرحله رشدی بیشتر از رقم دیلم بود.

منابع

1. **Ahmad Khan, M. and Abdulla, Z. 2003.** Salinity solicits induced changed in reproductive physiology of rice (*Oryza sativa* L.) under dense soil conditions. Environmental and Experimental Botany, 49: 145-157.

2. Cachorro, P., Ortiz, A. and Creda, A. 1994 Implications of calcium nutrition on the response of *Phaseolus vulgaris L*. to salinity. Plant and Soil, 159: 205-212.

3. Dobermann, A. and Fairhurst, T. 2000. Rice nutrient disorders and nutrient management. International rice research Institute (IRRI), Manila, Philippines. 190p

4. **Essah, P. A. 2002.** Sodium transport and accumulation in Arabidopsis Thaliana. F.A.O. 2001. Lecture notes on the major soils of the world". http://www.fao.org/documentshow

5. Hoai, T. T., Shim, I. S., Kobayashi, K. and Usüi, K. 2005. Effects of salt stress on ion accumulation and antioxidative enzyme activities. Weed Biology and Management:1-9.

6. **Liang, Y. C. 1999.** Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barely under salt stress. Plant Physiology. 29:217-224.

7. Moradi, F. 2002. Physiological characterization of rice cultivars for salinity tolerance during vegetative and reproductive stages. PhD Dissertation. The University of Philippines at Los Banos. Laguna. Philippines. 190p.

8. Netondo, G. W., Onyango, J. C. and Beck, E. 2004. Crop physiology and metabolism .Crop Science. 44: 797-805.
9. Seong- lee , Choi, K., Sookim, W. Y., J. C. K. T. and Gregorio, G. B. 2003. Salinity tolerance of Japonica and indica rice (*Oryza sativa* L.) at the seedling stage. Planta. 216: 1043-1046.
10. Shannon, M.C., Rhoades, J.D. and Draper,J.H. 1998. Assessment of salt tolerance in rice cultivars in response to salinity problem in California. Crop Science. 38: 394-398.
11. Zeng, L., Wilson A. P., , Draz, C. A., Gregorio, S. E. G. B. and Grieve, C. M. 2003. Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by physiological characters. Euphytica. 129: 281-292.
12. **Yoshida, S., Forno, S. D. A., Cock, J. H. and Gomez, K. A. 1976.** Laboratory manual for physiological studies of rice. International rice research Institute (IRRI), Manila, Philippines.76p