به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی
دوره ۲ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۳
صفحه‌های ۲۳-۳۰

ارزیابی واکنش لاین‌های موتانت برنج (*Oryza sativa* L.) به تنش شوری در مرحلهٔ گیاهچه‌ای

زهرا مجیدی[۱]، غلام‌علی رنجبر*[۲]، نادعلی بابائیان جلودار[۳]، نادعلی باقری[۴]

۱. کارشناس ارشد، گروه بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲. دانشیار، گروه بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳. استاد، گروه بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴. استادیار، گروه بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۶/۰۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۷/۱۴

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر جهش‌زاهای شیمیایی بر رقم برنج 'طارم محلی' در شرایط تنش شوری، بذور رقم برنج 'طارم محلی' تحت تیمار دو موتاژن شیمیایی اتیل متان سولفونات (۱۴ میلی‌مولار) و سدیم آزید (۲ میلی‌مولار)، قرار گرفت و در نسل دوم بوته‌هایی که از نظر صفات مهم اقتصادی مطلوب بودند، انتخاب شدند. گیاهچه‌های حاصل از این بوته‌ها در نسل سوم با استفاده از یک آزمایش فاکتوریل دوعاملی در قالب طرح پایهٔ کاملاً تصادفی در سه تکرار، در دو سطح شوری صفر و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در محیط هیدروپونیک ارزیابی شد. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که دو لاین موتانت حاصل از تیمار اتیل متان سولفونات در گروه متحمل قرار گرفتند که در مقایسه با شاهد (بدون اعمال موتاسیون) تحت تنش شوری بهتر عمل کردند و دو لاین حساس به شوری نیز تحت تیمار این موتاژن مشاهده شد، درحالی‌که بیشتر لاین‌های موتانت حاصل از تیمار سدیم آزید در تنش شوری مشابه با رقم شاهد عمل کردند. همچنین چند لاین حساس به شوری از این موتاژن شناسایی شد.

کلیدواژه‌ها: اتیل متان سولفونات، برنج، تنش شوری، سدیم آزید، موتاسیون.

* نویسنده مسئول
Email: ali.ranjbar@gmail.com

مقدمه

نمک موجود در محلول خاک یکی از عوامل مهم کاهش‌دهندهٔ عملکرد گیاهان زراعی، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا است. با توجه به حضور ایران در منطقهٔ خشک و نیمه‌خشک، محدودیت آب شیرین در بیشتر مناطق سبب شده است کشاورزان به‌منظور تولید محصولات زراعی ناچار به استفاده از آب‌های با کیفیت پایین و شور باشند. از طرف دیگر، به‌دلیل رشد سریع جمعیت و تبدیل زمین‌های حاصل‌خیز به اماکن صنعتی و مسکونی، زارعان به استفاده از زمین‌های کم‌بازده و اراضی شور روی آوردند [۴ و ۵] بنابراین، شوری جزء جدایی‌ناپذیر بسیاری از مناطق زراعی در ایران است.

شوری تأثیر چندجانبه‌ای بر گیاهان زراعی داشته و موجب بروز تنش اسمزی، سمّیت یونی و اختلال در تعادل یونی می‌شود[۱۰]. گیاهان مختلف قابلیت‌های متفاوتی در محیط‌های شور از خود نشان می‌دهند. میزان کاهش رشد گیاه تحت شرایط شوری بهتری نمک، غلظت نمک و مرحلهٔ رشد گیاه بستگی دارد [۹].

با توجه به اهمیت بارز برنج در تغذیهٔ انسان و افزایش تقاضای جهانی برای تولید آن، محدودیت منابع تولید و حساسیت آن به استرس شوری که عملکرد گیاه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد [۶ و۱۳]، اصلاح برای تولید واریته‌های برنج مقاوم به شوری یکی از بهترین راهکارها برای بهره‌برداری از خاک‌های شور و استفاده از آب‌های با کیفیت پایین برای زراعت است.

روش اصلاحی مبتنی بر موتاسیون به‌منزلهٔ یکی از روش‌های اصلاحی با ایجاد تنوع ژنتیکی فراوان، زمینه را برای انتخاب واریته‌های موتانت با صفات مهم اقتصادی فراهم می‌کند. زمین‌های شور نیز برای غربالگری لاین‌های موتان متحمل به شوری با عملکرد بالا، بلوغ زودتر و دیگر صفات مطلوب از بین تنوع حاصل از موتاسیون مناسب‌اند [۱]. بدین‌منظور، در آزمایش حاضر به بررسی عکس‌العمل موتانت‌های حاصل از موتاژن‌های شیمیایی اتیل متان سولفونات، سدیم آزید و تیمار ترکیبی متیل نیتروز اوره + سدیم آزید تحت استرس شوری پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

در سال ۱۳۸۸ حدود ۵۰ گرم بذر 'طارم رقم محلی' (از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری) برای هر یک از تیمارهای موتاژنی، اتیل متان سولفونات[1] و سدیم آزید[2] به‌صورت زیر تحت تیمار قرار گرفتند.

تیمار اتیل متان سولفونات

بذرها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق در آب‌مقطر خیسانده شدند. سپس آب ظرف تخلیه می شود و به مدت ۱۸ ساعت در محلول ۱۴ میلی‌مولار اتیل متان سولفونات قرار گرفتند. پس از آن سه مرتبه و هر بار پنج دقیقه با آب‌مقطر شست‌وشو شدند. مجدداً سه مرتبه و هر بار ۲۰ دقیقه در آب‌مقطر قرار گرفتند تا موتاژن باقی‌مانده در سطح بذور کاملاً از بین رود. در نهایت به مدت دو ساعت زیر شیر آب جاری شست‌وشو شدند [۲].

تیمار سدیم آزید

بذرها به مدت ۱۴ـ ۱۸ ساعت در آب خیسانده شدند و سپس به مدت سه ساعت در محلول دو میلی‌مولار سدیم آزید و بافر فسفات سدیم با اسیدیتهٔ ۳/۵ قرار گرفتند [۲].

بذور بعد از تیمار به همراه شاهد ('طارم محلی' بدون اعمال موتاژن) در کرت‌های جداگانه در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری خزانه‌گیری شد و پس از ۳۰ روز نشاها در زمین اصلی به صورت تک‌بوته و با فاصلهٔ ۲۰ × ۲۰ سانتی‌متر کشت شدند.

1. Ethyl methane sulfonate (EMS)
2.Sodium azide (SAZ)

پرورش نسل اول به روش متداول (مطابق عرف منطقه) انجام گرفت و بذرهای هر کدام از ۲۰ بوته انتخابی در هر تیمار موتاژنی به‌طور جداگانه برداشت و در نسل دوم کشت شدند. در این نسل، از بین تنوع ایجاد شده توسط موتاسیون بوته‌هایی که از نظر صفات مهم اقتصادی نظیر ارتفاع کوتاه‌تر، بلوغ زودتر و عملکرد بیشتر نسبت به سایر بوته‌ها برتری داشتند، برای هر تیمار به‌طور جداگانه انتخاب و در نسل سوم تحت تنش شوری قرار گرفتند. بدین‌منظور، بذور ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده بعد از ضدعفونی با قارچ‌کش کربوکسی تیرام با غلظت دو در هزار، در داخل پتری که ته آن با کاغذ صافی مرطوب پوشانده شده بود، قرار داده شدند. سپس پتری‌های حاوی بذر در ژرمیناتور در دمای ۲۷ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شدند. بعد از پنج تا هفت روز بذور جوانه‌دار شده به ظروف کشت که حاوی محلول غذایی یوشیدا بود، منتقل شدند [۱۴]. محیط کشت یوشیدا هر هفته یک بار تعویض شد و در تمام مدت رشد به‌طور روزانه اسیدیتهٔ محلول کنترل و با NaOH و HCl در سطح ۵/۵ ثابت نگه داشته می‌شد. متوسط دمای محیط در روز ۳۰ و در شب ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد بود. در مرحلهٔ رشد رویشی، مرحلهٔ سه‌برگچه‌ای (۱۴ روز بعد از انتقال)، گیاهچه‌های مطالعه شده در دو سطح صفر و ۱۲ دسی‌زیمنس تحت تیمار شوری قرار گرفتند.

پس از اعمال تیمار شوری، امتیازدهی براساس روش لی و همکاران، انجام گرفت (جدول۱) [۸]. برای سهولت امتیازدهی، در هر ظرف یک ردیف به رقم متحمل (Nonabokra) و یک ردیف به رقم حساس 'IR29' اختصاص داده شد. ۱۴ روز بعد از اعمال تیمار شوری صفاتی نظیر طول اندام هوایی و طول ریشه‌چه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، گیاهچه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شدند تا وزن آن‌ها ثابت شود، سپس با ترازوی حساس و با دقت یک هزارم، وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. پس از آن غلظت عناصر سدیم و پتانسیم در این اندام‌ها به کمک دستگاه فلایم فتومتر اندازه‌گیری شدند. با توجه به به‌کارگیری دو فاکتور (سطح شوری و ژنوتیپ)، این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تجزیهٔ واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS و MSTAT-C انجام شد. مقایسهٔ میانگین تیمارها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج و یک درصد انجام شد.

جدول۱. نحوهٔ امتیازدهی ژنوتیپ‌ها پس از اعمال شوری در مرحلهٔ گیاهچه به روش لی و همکاران (۲۰۰۷)

امتیاز	مشاهده	
بسیار متحمل	رشد نرمال بدون علائم برگی	۱
متحمل	رشد تقریباً نرمال، برگ‌ها در نوک سفید و لوله شده	۳
نسبتاً محتمل	رشد عقب افتاده، بسیاری از برگ‌ها لوله‌شده، تعدادی از برگ‌ها بلندند	۵
حساس	رشد متوقف شده، بسیاری از برگ‌ها خشک و تعدادی از گیاهان مردند	۷
بسیار حساس	همهٔ گیاهان مرده و خشک‌اند	۹

نتایج و بحث

براساس نتایج جدول امتیاز ژنوتیپی، لاین‌های موتانت شمارهٔ ۴ و ۱۲ (حاصل از تیمار موتاژنی اتیل متان سولفونات) به همراه رقم 'نونابوکرا' بسیار متحمل و 'طارم محلی' و لاین‌های شمارهٔ ۸، ۶، ۱۱ و ۹ ژنوتیپ‌های متحمل و 'IR29' و لاین‌های ۱ و ۱۳ به عنوان ژنوتیپ‌های حساس دسته‌بندی شدند (جدول۲).

در شرایط تنش شوری کمترین میزان جذب سدیم در لاین‌های موتانت حاصل از تیمار اتیل متان سولفونات مربوط به لاین‌های شمارهٔ ۱۲ و ۴ و 'نونابوکرا' (ژنوتیپ‌های متحمل) و بیشترین مقدار جذب سدیم مربوط به لاین‌های شمارهٔ ۱۳، ۱ و 'IR29' (ژنوتیپ‌های حساس) است (جدول۳). نتایج نشان داد تحت تنش شوری، ژنوتیپ‌های حساس نسبت به ژنوتیپ‌های متحمل مقدار بیشتری سدیم در اندام هوایی خود نگهداری می‌کنند [۱۱]. بنابراین، باتوجه به مقدار زیاد تجمع یون سدیم در ژنوتیپ‌های حساس، میزان رشد در آن‌ها به مراتب کمتر از ارقام متحمل است. مقایسهٔ میانگین برای مقدار جذب پتایسم نشان داد که میزان تنوع بین ارقام از لحاظ جذب پتاسیم کمتر از جذب سدیم بود. این امر نشان می‌دهد که ارقام ترجیح می‌دهند تا حد ممکن میزان جذب سدیم را کم کنند تا اینکه با تغییر در جذب پتاسیم اثرات منفی ناشی از حضور یون سدیم در محیط سلول را خنثی کنند. همچنین نتایج مقایسهٔ میانگین برای نسبت سدیم به پتایسم در این تیمار موتاژنی نشان داد که لاین‌های شمارهٔ ۴، ۱۲ و رقم 'نونابوکرا' کمترین نسبت سدیم به پتاسیم را داشتند که اختلاف بسیار معناداری نیز با شاهد 'طارم محلی' نشان دادند. این امر در حالی است که رقم 'IR29' و لاین‌های ۱ و ۱۳ بیشترین میزان نسبت سدیم به پتاسیم را داشتند. میزان سدیم یا پتاسیم به‌تنهایی نمی‌تواند در تفکیک ارقام متحمل و حساس معیار مفیدی باشد، بلکه نسبت این دو یون بایستی ارزیابی شود [۷].

ارتباط نسبت سدیم به پتاسیم با تحمل به شوری، قوی‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب برای اصلاح تحمل به شوری است [۳]. رقم 'نونابوکرا' و لاین‌های ۴ و ۱۲ بیشترین مقدار زیست توده را داشتند که این سه ژنوتیپ از نظر امتیازدهی جزء ژنوتیپ‌های بسیار متحمل شناسایی شدند و کمترین میزان سدیم به پتاسیم را داشتند (جدول۳). کمترین زیست‌توده تحت تنش شوری مربوط به رقم 'IR29' و لاین شمارهٔ ۲ بود که از لحاظ امتیازدهی جزء ژنوتیپ‌های بسیار حساس شناسایی شده بودند و بیشترین میزان سدیم به پتاسیم را نیز داشتند.

جدول۲. امتیاز ژنوتیپی ارقام و لاین‌های موتانت برنج حاصل از تیمار اتیل متان سولفونات تحت‌تأثیر شوری

ژنوتیپ	امتیاز ژنوتیپی	ژنوتیپ	امتیاز ژنوتیپی	ژنوتیپ	امتیاز ژنوتیپی
۱	۹	۶	۵	۱۲	۱
۲	۷	۷	۷	۱۳	۹
۳	۷	۸	۳	NoNa	۱
۴	۱	۹	۵	IR	۹
۵	۷	۱۱	۵	طارم محلی	۳

لاین‌های موتانت ۳، ۵ و ۱۱ (حاصل از تیمار سدیم آزید) به همراه رقم 'طارم محلی' به‌منزلهٔ ژنوتیپ‌های متحمل، 'IR29' و لاین شمارهٔ ۹ به‌منزلهٔ ژنوتیپ حساس و 'نونابوکرا' جزء ژنوتیپ بسیار متحمل شناسایی شدند (جدول۴). بقیهٔ لاین‌ها در گروه نیمه‌حساس قرار گرفتند.

جدول۳. مقایسهٔ میانگین مقدار جذب شوری توسط ژنوتیپ‌های مختلف در صفات بررسی‌شده تحت تیمار با اتیل متان سولفونات

صفات / ژنوتیپ	طول ساقه	طول ریشه	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه	زیست توده	درصد پتاسیم	درصد سدیم	درصد سدیم/ پتاسیم
طارم محلی	۲۹/۹۹۳	۱۰/۰۷۳	۵/۸۶۷	۲۷/۹۶۷	۳۳/۸۳۳	۳/۳۲۵	۳/۸۹	۱/۱۷
۱	۲۸/۹۵۸^{ns}	۱۰/۲۰۳^{ns}	۵/۳۶۷^{ns}	۳۰/۷۰۰^{ns}	۳۶/۰۶۷^{ns}	۲/۴۶۶**	۶/۷۶۶**	۲/۷۵۰**
۲	۲۷/۱۶۷^{ns}	۱۰/۲۵۰^{ns}	۴/۵^{ns}	۲۰/۲۶۷^{ns}	۲۴/۷۶۷^{ns}	۳/۰۸۲^{ns}	۴/۶۰۱**	۱/۵۰۵**
۳	۲۹/۷۷۳^{ns}	۹/۹۶۰^{ns}	۷/۳^{ns}	۳۲/۷۶۷^{ns}	۴۰/۰۶۷^{ns}	۳/۰۹۶^{ns}	۴/۵۸۷**	۱/۴۸۳**
۴	۳۵/۹۶۷**	۹/۷۸۷^{ns}	۱۵/۰۶۷**	۷۱/۲**	۸۶/۲۶۷**	۳/۰۵۸^{ns}	۲/۴۴۷**	۰/۸۰۴**
۵	۲۹/۸۰۲^{ns}	۱۰/۲۶۲^{ns}	۵/۶^{ns}	۳۳/۶^{ns}	۳۹/۲^{ns}	۲/۹۲۴*	۵/۷۵۵**	۱/۹۸۲**
۶	۳۵/۱۲۳**	۱۱/۵۵۳**	۴/۷^{ns}	۳۵/۶^{ns}	۴۰/۳^{ns}	۲/۸۶۷**	۴/۰۷۱^{ns}	۱/۴۲۰**
۷	۲۶/۰۸۳^{ns}	۱۰/۸۷۵^{ns}	۱۸/۳**	۲۳/۷^{ns}	۴۲^{ns}	۲/۸۱**	۵/۱۶۱**	۱/۸۳۶**
۸	۳۵/۴۳۲**	۸/۱۴۵**	۸/۳۶۷^{ns}	۴۴/۳۳**	۵۲/۷*	۳/۴۴^{ns}	۵/۰۴۶**	۱/۴۶۷**
۹	۳۲/۲۶۷^{ns}	۱۱/۵۶۷**	۶^{ns}	۳۳/۷۳^{ns}	۳۹/۷۳۳^{ns}	۳/۳۲۵^{ns}	۴/۱۸۶^{ns}	۱/۲۵۵^{ns}
۱۱	۳۱/۶۶۵^{ns}	۱۲/۶۲۵**	۵/۲۳۳^{ns}	۲۸/۹۳^{ns}	۳۴/۱۶۷^{ns}	۳/۱۷۳^{ns}	۴/۸۱۷**	۱/۵۱۹**
۱۲	۳۸/۹۳۳**	۱۰/۷۳۸^{ns}	۱۱/۸۶۷^{ns}	۶۹/۳**	۸۱/۱۶۷**	۳/۸۹۹**	۱/۵۴۸**	۰/۴**
۱۳	۳۰/۶۵۷^{ns}	۱۲/۷۰۵**	۷/۴۳۳^{ns}	۳۶/۹^{ns}	۴۴/۳۳۳^{ns}	۲/۶۳۷**	۹/۲۸۹**	۳/۵۳۷**
NaNo	۳۲/۲۲۳^{ns}	۱۲/۵۵۳**	۱۸/۰۳۳**	۶۸/۳۳**	۸۶/۳۶۷**	۳/۳۲۵^{ns}	۲/۲۹۳**	۰/۶۸۹**
IR	۱۹/۲۱۴**	۱۰/۶۳۰^{ns}	۶/۰۳۳^{ns}	۲۳/۴۶۷^{ns}	۲۹/۵^{ns}	۲/۷۲۷**	۶/۳۵۸**	۲/۳۳۱**
Lsd 5٪	۳/۸	۰/۸۳۷	۸/۰۴۲	۱۱/۹۵۶	۱۶/۸۸۵	۰/۲۶۸	۰/۵۰۸۶	۰/۲
Lsd 1٪	۵/۰۵۴	۱/۱۱۳	۱۰/۷	۱۵/۹۰۱	۲۲/۴۵۵	۰/۳۵۶	۰/۶۷۶	۰/۲۶۶

جدول۴. امتیاز ژنوتیپی ارقام و لاین‌های موتانت برنج حاصل از تیمار سدیم آزید تحت‌تأثیر شوری

ژنوتیپ	امتیاز ژنوتیپی	ژنوتیپ	امتیاز ژنوتیپی	ژنوتیپ	امتیاز ژنوتیپی
۱	۵	۶	۷	NoNa	۱
۲	۹	۷	۷	IR	۹
۳	۳	۸	۷	طارم محلی	۳
۴	۷	۹	۷		
۵	۳	۱۱	۵		

نتایج مقایسهٔ میانگین لاین‌های حاصل از تیمار سدیم آزید برای نسبت سدیم به پتاسیم نشان داد که 'نونابوکرا' کمترین نسبت سدیم به پتاسیم را داشته است که اختلاف بسیار معناداری در مقایسه با شاهد 'طارم محلی' نشان داد (جدول۵). نسبت سدیم به پتاسیم در لاین‌های ۲، ۷، ۴ و ۶ در مقایسه با طارم محلی به‌طور معناداری افزایش یافت و لاین‌های شمارهٔ ۳، ۵ و ۱۱ اختلاف معناداری با شاهد 'طارم محلی' (بدون موتاژن) نشان ندادند.

رقم 'نونابوکرا' بیشترین مقدار وزن خشک را داراست و کمترین زیست‌توده تحت تنش شوری مربوط به رقم 'IR29' و لاین‌های شمارهٔ ۲، ۶ و ۴ بود که از نظر امتیاز ژنوتیپی جزء ژنوتیپ‌های بسیارحساس شناسایی شده بودند و بیشترین نسبت سدیم به پتاسیم را نیز داشتند (جدول۵). بقیهٔ لاین‌های موتانت حاصل از تیمار موتاژنی سدیم آزید از نظر زیست‌توده اختلاف معناداری با شاهد 'طارم محلی' (بدون موتاژن) نشان ندادند (جدول۵).

جدول۵. مقایسهٔ میانگین جذب شوری توسط ژنوتیپ‌های مختلف در صفات بررسی‌شده تحت تیمار با سدیم آزید

صفات / ژنوتیپ	طول ساقه (سانتی‌متر)	طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	زیست‌توده	پتاسیم (٪)	سدیم (٪)	سدیم/ پتاسیم
شاهد	۳۰/۵۵	۷/۸۵	۵/۷۵	۳۰/۲۵	۳۶	۳/۵۵	۳/۹۵۴	۱/۱۱
۱	۳۰/۴۱۳^{ns}	۸/۹۱۳**	۶/۷۵^{ns}	۳۲/۲۹^{ns}	۳۹/۰۴^{ns}	۲/۸۷۹**	۴/۱۲۳^{ns}	۱/۴۴*
۲	۲۶/۹۳۳*	۹/۰۱۷**	۴/۴۶۷^{ns}	۱۸/۳**	۲۲/۷۶۷**	۳/۰۹۷*	۷/۶۲۶**	۲/۴۵۹**
۳	۳۰/۷۷^{ns}	۱۰/۴۱۷**	۷/۴*	۳۱/۳۹۳^{ns}	۳۸/۷۹۳^{ns}	۳/۲۶۸^{ns}	۲/۹۸۱*	۰/۹۱۹^{ns}
۴	۲۵/۶۳**	۹/۳۰۳**	۴/۰۶۳^{ns}	۲۳/۴۶*	۲۷/۵۲۳^{ns}	۲/۴۶۵**	۴/۳۸۶^{ns}	۱/۷۹۲**
۵	۲۹/۸^{ns}	۹/۸۴**	۶/۶۸۳^{ns}	۳۸/۴۸۸*	۴۰/۱۷۲^{ns}	۲/۷۵۲**	۳/۰۳۹*	۱/۱۱۱^{ns}
۶	۲۶/۵۸۷*	۷/۱۸۳^{ns}	۴/۰۸۷^{ns}	۲۳/۷۷*	۲۵/۸۶۳*	۲/۹۲۴*	۵/۸۴۸**	۱/۹۹۸**
۷	۳۰/۰۶۷^{ns}	۹/۸۵**	۶/۱۳^{ns}	۲۶/۶^{ns}	۳۲/۳^{ns}	۳/۷۰۸^{ns}	۷/۲۲۴**	۲/۰۱۲**
۸	۲۶/۹۸۳*	۹/۰۶**	۴/۵۸۷^{ns}	۲۳/۳۸۷*	۲۷/۹۷۳^{ns}	۲/۷۵۲**	۴/۸۱۶*	۱/۷۵۴**
۹	۳۰/۶^{ns}	۱۰/۲۵**	۵/۹۶۷^{ns}	۲۶/۱۳۳^{ns}	۳۲/۱^{ns}	۳/۴۴۰^{ns}	۵/۷۳۴**	۱/۶۶۱**
۱۰	۳۰/۳۳۳^{ns}	۹/۷۵**	۶/۷^{ns}	۲۷/۸۶۷^{ns}	۳۴/۵۶۷^{ns}	۳/۱۲۳^{ns}	۶/۹۵۷**	۲/۲۱۶**
۱۱	۳۰/۶۱^{ns}	۹/۵۹**	۵/۷۵^{ns}	۳۱/۱۸۳^{ns}	۳۶/۹۳۳^{ns}	۲/۸۶۷**	۳/۶۴۱^{ns}	۱/۲۷^{ns}
IR29	۲۱/۹۹۱**	۹/۹۱**	۶^{ns}	۲۰/۶**	۲۶/۶**	۲/۷۲۷**	۶/۳۵۸**	۲/۳۳۱**
NoNa	۳۲/۲۲۳^{ns}	۱۲/۵۵**	۱۸/۰۳**	۶۸/۴**	۸۶/۳۶**	۳/۳۲۵^{ns}	۲/۲۹۳**	۰/۶۸۹**
Lsd 5٪	۳/۵۰۲	۱/۰۲۶	۱/۴۸	۷/۱۹۹	۸/۲۵۷	۰/۵۳۱	۰/۹۰۳	۰/۳۶۸
Lsd 1%	۴/۶۵۷	۱/۳۶۵	۱/۹۶۹	۹/۵۷۶	۱۰/۹۸۳	۰/۷۰۷	۱/۲۰۱	۰/۴۹

باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده از اعمال تنش شوری در لاین‌های موتانت حاصل از دو موتاژن اتیل متان سولفونات و سدیم آزید، تیمار موتاژنی اتیل متان سولفونات بهتر از سدیم آزید عمل کرده است، به گونه‌ای که در بین لاین‌های حاصل از تیمار اتیل متان سولفونات، دو لاین موتانت به‌دست‌آمده که در شرایط تنش شوری بهتر از شاهد 'طارم محلی' عمل کردند و در گروه رقم مقاوم 'نونابوکرا' قرار گرفتند. این در حالی است که موتاژن سدیم آزید نتوانست لاین موتانتی را ایجاد کند که تحت تنش شوری بهتر از 'طارم محلی' باشد. لاین‌های حاصل از تیمار سدیم آزید در تنش شوری بیشتر واکنشی شبیه به 'طارم محلی' داشتند و چند لاین نیز ضعیف‌تر از شاهد 'طارم محلی' عمل کردند. بیشترین تنوع در بین لاین‌ها نیز در لاین‌های موتانت حاصل از تیمار موتاژنی اتیل متان سولفونات مشاهده شده است. این موتاژن علاوه بر ایجاد دو رقم بسیار متحمل یک لاین بسیار ضعیف نیز ایجاد کرده که در گروه رقم حساس 'IR29' قرار گرفته است.

پژوهش‌ها بر روی واریته *Sweet Potato* تحت تیمار موتاژنی اتیل متان سولفونات با غلظت ۰/۵درصد در محیط کشت MS نشان داد واریته‌های موتانتی به دست آمد که در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl در مقایسه با شاهد بهتر عمل می‌کرد [۱۵].

همچنین در آزمایشی، بذور ۶۷ گیاه Tainung تحت تیمار اتیل متان سولفونات قرار گرفت که درنتیجهٔ آن لاین‌های موتانتی ایجاد شد که در تنش شوری در شرایط کشت هیدروپونیک ارتفاع بیشتر و وزن تر بیشتری در مقایسه با تیپ وحشی (بدون موتاژن) داشتند. این لاین‌ها از نظر ظاهر نیز مطلوب تر از لاین شاهد (بدون موتاژن) بودند [۱۲].

منابع

1. Baloch A, Soomro A, Javed M, Bughio H, Alam S, Bughio M, Mohammed T and Mastoi N (2003) Induction of salt tolerance in rice through mutation breeding. Asian Journal of Plant Sciences. 2(3): 273-276.
2. Bradley JT, Cooper J, Tai Th H, Colowit P, Greene EA, Henikoff S and Comai L (2007) Discovery of chemically induced mutations in rice by TILLING. BioMedCentral. (BMC Plant Biology). 7: 19.
3. Dvorak J, Norman MM and Goyal S (1994) Enhancement of the salt tolerance in Triticum turgidum L. by the Knal locus transferred from the Triticum aestivum L. Chromosome4D by homologous recombination. Theoretical and Applied Genetics. 87: 872-877.
4. Flowers TJ (1990) Salt in the rice. Biological Sciences. 2(4): 27-30.
5. Garg AK, Kim JK, Ranwala AP, Choi YD, Kochian LV and Wu RJ (2002) Trehalose accumulation in rice plants confers high tolerance levels to different abiotic stresses. Biological Sciences. 99(25): 15898-15903.
6. Joseph B and Jini D (2010) Salinity induced programmed cell death in plants: Challenges and opportunities for salt-tolerance plant. Plant Sciences. 5: 376-390.
7. Lee SY, Choi WY, Ko JC, Kim TS and Gregorio GB (2003) Salinity tolerance of japonica and indica rice (Oryza sativa L.) at seedling stage. Planta. 216(6): 1043-1046.
8. Lee SY, Ahn JH, Cha YS, Yun DW, Lee MC, Ko JC, Lee KS and Fun MY (2007) Mapping QTLs related to salinity tolerance of rice at the young seedling stage. Plant Breeding. 126: 43-46.

9. Maas EV (1986) Salt tolerance of plants. Applied Agric. Research. 1: 12-26.

10. Munns R, James RA and Lauchli A (2006) Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Experimental Botany. 57: 1025-1043.

11. Munns R and Testar M (2008) Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant. Biology. 59: 651-681.

12. SHiu-Cho W, Ching-Kit W and Su-Wan K (1985) Cell Mutations for salt tolerance screening In tissue culture. Botany Bulletin of Academia Sinica. 26: 195-201.

13. Yasseen BT, Abu-Al-Basal MA and Alhamidi FA (2010) An analysis of leaf growth under osmotic stress. Plant Science. 5: 391-401.

14. Yoshida S, Forno DA, Cock JH and Gomez KA (1976) Laboratory manual for physiological studies of rice. IRRI, Los Babos, Philippines.

15. YU-SHI L, Juanzhang Xiao-Rrongao and Jiaan Li (2006) Mutation Induced by Ethyl methanSulphonate (EMS), In vitro Screening for Salt Tolerance and Plant Regeneration of Sweet Potato (Ipomoea batatas L.). Plant Cell, Tissue and ORGN Culture. 88(1): 77-81.