

## برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات مرتبط با تحمل به شوری در گیاهچه‌های برنج به روش لاین × تستر

حسین صبوری<sup>۱\*</sup>، عاطفه صبوری<sup>۲</sup> و سعید نواب‌پور<sup>۳</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۸/۱۱)

### چکیده

برنج دومین غله مهم کشور می‌باشد و بهبود صفات اقتصادی آن همواره از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. در تحقیق حاضر، به منظور برآورد پارامترهای ژنتیکی و شناسایی لاین‌هایی که هیبریدهای آنها در مرحله گیاهچه‌ای متحمل به تنش شوری باشند، هفت رقم مادری (شاه‌پسند، غریب، طارم محلی، اهلمی طارم، هاشمی، عنبر بو و دم‌سفید) و چهار رقم پدری (خزر، سپیدرود، درفک و آی آر ۲۸) برنج در قالب تجزیه ژنتیکی لاین × تستر تلاقی داده شدند و نتایج حاصل در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشگاه گنبد کاووس از لحاظ صفات مرتبط با تنش شوری مورد بررسی قرار گرفتند. این صفات شامل کد ژنتیکی، محتوای کلروفیل، طول ریشه و اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی، درصد سدیم و پتاسیم ریشه و اندام هوایی و درصد گیاهچه‌های زنده پس از اعمال تنش بودند. نتایج نشان داد که هر دو اثر افزایشی و غالبیت در کنترل صفات گیاهچه‌ای تحت شرایط شوری نقش دارند، اما آثار غیر افزایشی نسبت به آثار افزایشی نقش مهم‌تری را ایفا می‌کنند. در این مطالعه مشخص شد که ارقام هاشمی (۰/۱۰۱-)، غریب (۰/۲۸۴-)، طارم محلی (۰/۳۲۶-)، سپیدرود (۰/۵۶۲-) و درفک (۰/۱۶۴-) دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی خوبی برای انتقال صفت کد ژنوتیپی (عددی که نشان‌دهنده واکنش گیاه به شوری است) مطلوب‌تر و هم‌چنین درصد بوته‌های زنده بیشتر هستند و می‌توان از آنها در برنامه‌های اصلاحی برای کاهش کد ژنتیکی و افزایش درصد گیاهچه‌های زنده استفاده نمود. به‌علاوه، بررسی ترکیب‌پذیری خصوصی صفات مرفولوژیک و فیزیولوژیک نشان داد که از بین ۲۸ تلاقی مورد ارزیابی، سه تلاقی سپیدرود × اهلمی طارم، درفک × هاشمی و درفک × سپیدرود می‌توانند برای برنامه‌های اصلاحی تحمل به شوری در مرحله گیاهچه‌ای مناسب باشند.

واژه‌های کلیدی: برنج، شوری، قابلیت ترکیب‌پذیری

۱. استادیار تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

۲. استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۳. استادیار اصلاح نباتات، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hos.sabouri@gmail.com

## مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) غذای اصلی بیش از ۵۰ درصد مردم جهان می‌باشد (۷) که در ایران نیز نقش مهمی در تغذیه و هم‌چنین اقتصاد کشور ایفا می‌کند. در سال‌های اخیر، تنش‌های محیطی از جمله خشکی، شوری و غیره تولید محصولات گیاهی را به میزان قابل توجهی تحت تأثیر قرار داده‌اند. در بین تنش‌های غیرزیستی، خسارات ناشی از کمبود آب، شوری و دما در سطح جهان گسترده‌تر بوده و به‌همین دلیل بیشتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (۱۰ و ۱۲). تنش شوری بعد از تنش کمبود آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولیدات کشاورزی در بسیاری از کشورهای جهان به شمار می‌رود. خاک‌های شور و سدیمی به طور گسترده‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا یافت می‌شوند. در سواحل دریاها نیز به دلیل غرقاب شدن و یا انتقال ذرات نمک به وسیله وزش باد، شوری به طور موضعی دیده می‌شود (۱ و ۳). بیش از ۳۰٪ زمین‌های زیر کشت و حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد زمین‌های فاریاب دنیا تحت تأثیر تنش شوری هستند (۴ و ۹). بیش از یک سوم این خاک‌های شور در آسیا یافت می‌شوند و حتی در بسیاری از کشورهای این منطقه شوری و قلیایی بودن به اندازه‌ای گسترش یافته که به یک معضل برای اقتصاد ملی آنها تبدیل شده است (۲۵).

در قاره آسیا، پس از کشورهای شوروی سابق، چین، هندوستان و پاکستان، بیشترین گسترش سطوح خاک‌های مبتلا به شوری و قلیایی در ایران وجود دارد (۴). از کل مساحت کشور ایران، مساحتی در حدود ۲۳/۵ میلیون هکتار، معادل ۱۴/۲ درصد، به درجات متفاوت با مسائل شوری، سدیمی (قلیایی بودن) و ماندابی بودن روبروست که البته همچنان رو به افزایش است (۲۶) و پیش‌بینی می‌شود که این میزان تا ۷۵٪ از کل اراضی فاریاب کشور پیشروی کند (۲۵). در دنیا، شوری غالب خاک‌ها از نوع قلیایی است. این قبیل خاک‌ها دارای غلظت بالایی از سدیم و پتاسیم می‌باشند (۱۲). اثر شوری بر برنج ناشی از تنش‌های اسمزی و یا سمیت یون‌ها می‌باشد. اثر

اولیه شوری، در غلظت‌های متوسط آن، از تنش اسمزی ناشی می‌شود و با افزایش غلظت یون‌ها در بافت‌های گیاهی، نمود کلی گیاه کاهش می‌یابد (۵، ۸ و ۹). اگر چه مطالعات زیادی در زمینه تحمل به شوری در برنج انجام گرفته و به دنبال این مطالعات، پیشرفت‌های چشم‌گیری نیز حاصل شده است (۱، ۱۳، ۲۱، ۲۴، ۲۷ و ۲۹)، اما باید توجه داشت که با وضعیت کنونی شوری خاک که در سطوح زیر کشت این محصول مشاهده می‌شود، روش‌های به زراعی قادر به پاسخ‌گویی نیاز جمعیت روز افزون جهان نمی‌باشند و در نتیجه امروزه محققین راهکارهایی را اتخاذ نموده‌اند که پیشرفت در این زمینه را سرعت بخشند.

تحمل تنش شوری یک صفت چند ژنی و تحت کنترل آثار افزایشی، غالبیت و فوق غالبیت است (۲، ۳، ۱۵، ۱۸ و ۲۳). تحمل شوری در گیاهان یک صفت پیچیده است که به نوبه خود شامل چندین صفت فیزیولوژیک می‌باشد که به شدت تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند. در برنامه‌های بهبود ژنتیکی برای تحمل به تنش، متخصصین اصلاح نباتات بایستی ابتدا اقدام به انتخاب والدین برای انجام تلاقی جهت انجام طرح‌های ژنتیکی مناسب نمایند. نظر به کمی بودن صفات مرتبط با تحمل به تنش‌های غیر زیستی از جمله شوری، این امر از حساسیت و پیچیدگی خاصی برخوردار است. از طرف دیگر، برای دست‌یابی به ژنوتیپ‌های برتر از طریق انتخاب در نسل‌های در حال تفکیک و تولید دورگ‌های مناسب، بررسی وراثت‌پذیری، برتری دورگ و قابلیت ترکیب‌پذیری ارقام نیز دارای اهمیت فراوانی است و نقش بارزی را در بهبود مواد ژنتیکی ایفا می‌کند (۴ و ۲۲). اگرچه طرح دای آلل (۱۶) بیشترین کاربرد را در تعیین ساختار ژنتیکی صفات دارد، اما با توجه به نیاز به انجام تلاقی‌های زیاد و صرف وقت و هزینه زیادی که در اجرای آن ضروری است، لذا محققین با استفاده از طرح‌هایی مانند لاین × تستر (۱۹) جمعیت مورد مطالعه خود را تقلیل می‌دهند. در اصلاح نباتات، طرح ژنتیکی لاین × تستر به عنوان یکی از روش‌های برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی،

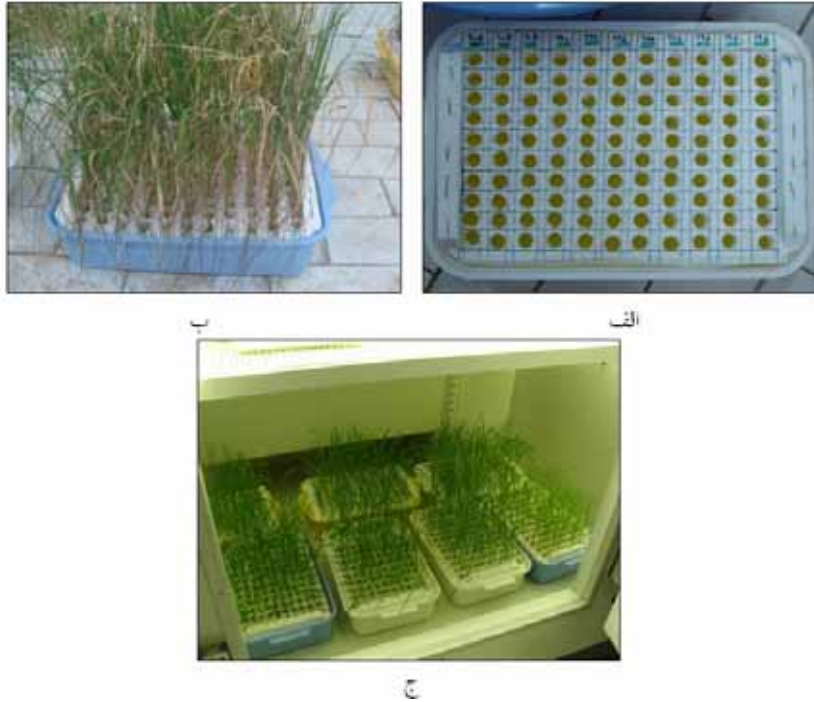
رشد، تکرارهای آزمایش به طور جداگانه و در زمان‌های مختلف اجرا شدند. شرایط اتاقک رشد ۲۵ درجه سلسیوس در روز و ۲۱ درجه سلسیوس در شب و رطوبت نسبی ۷۰٪ بود. این شرایط به منظور به حداقل رساندن سایر تنش‌های محیطی در اجرای آزمایش بود. ژنوتیپ‌های مذکور در محلول غذایی یوشیدا (۱۰) کشت داده شدند. برای استفاده از شرایط کنترل شده اتاقک رشد، ابتدا صفحات یونیلیت با ابعاد ۲۸×۳۲×۱/۲۵ سانتی‌متر تهیه شده و به کمک مته ۱۰۰ سوراخ با قطر یک سانتی‌متر (۱۰×۱۰) روی آنها ایجاد شد (شکل ۱). زیر هر صفحه یونیلیت، یک شبکه نایلونی ریز چسبانده شد و مجموعه مذکور روی یک سینی ۱۲ لیتری گذاشته شد. برای تهیه محلول پایه یوشیدا، هر کدام از عناصر درشت مغذی به میزان لازم (مطابق جداول ۱ و ۲) وزن شدند و به ظرف یک لیتری انتقال یافتند.

ظرف مذکور با ۷۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر پر شد و مخلوط به بالن ژوژه یک لیتری انتقال داده شد و سپس حجم آن با آب مقطر به یک لیتر رسانده شد و به مدت ۱۵ دقیقه تکان داده شد. عناصر ریزمغذی، بجز کلرید آهن که در ۱۰۰ میلی‌متر آب مقطر حل شد، هر کدام جداگانه در ۵۰ میلی‌متر حل شدند. در نهایت، همه عناصر در یک لیتر آب مقطر مخلوط شدند. محلول کلرید آهن قبل از اسید سیتریک به مخلوط اضافه شد و مخلوط برای ۱۵ دقیقه تکان داده شد. سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک به مخلوط اضافه شد و حجم محلول به یک لیتر افزایش داده شد. این محلول، پس از ۱۰ دقیقه تکان داده شدن، در ظروف تیره دارای برچسب نگهداری گردید. رنگ نهایی محلول، زرد مایل به قهوه‌ای بود. هر سینی با این محلول غذایی پر شد. برای جلوگیری از خوابیدگی بوته‌های برنج به محلول، ۴/۵ میلی‌گرم در لیتر سیلیکون (سدیم متا-سیلیکات ۹-هیدرات) اضافه شد. در هر سینی، ۵ لیتر از این محلول وجود داشت و هر هفته تعویض شد. pH محلول هفته‌ای سه مرتبه کنترل گردید و میزان آن به وسیله NaOH و HCl در حد ۵/۵ نگه داشته شد. بذره‌های هیبرید جوانه زده به داخل هر سوراخ از شبکه نایلونی

نقش مهمی در ارزیابی پتانسیل ژنتیکی و برآورد آثار مختلف ژنتیکی در مواد آزمایشی مورد مطالعه برعهده دارد. لازمه استفاده از روش لاین × تستر برای صفات مرتبط با تحمل به شوری، وجود تنوع ژنتیکی برای این صفات است و از آنجایی که این مورد به وسیله یثو و همکاران (۳۲) در جمعیت برنج‌های خارجی و صبوری و همکاران (۲۸) در جمعیت برنج ایرانی به اثبات رسیده است، لذا در این پژوهش استفاده از طرح ژنتیکی لاین × تستر برای افزایش تحمل به شوری در برنامه‌های اصلاحی و تعیین ارزش ژرم پلاسماهای مورد استفاده در افزایش تحمل به شوری، مد نظر قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

در این بررسی، هفت لاین مادری و چهار لاین پدری به عنوان تستر دریافتی از مؤسسه تحقیقات برنج کشور مورد استفاده قرار گرفتند. لاین‌های مادری شامل شاه‌پسند، غریب، طارم محلی، اهلمی طارم، هاشمی، عنبر بو و دم‌سفید و والد‌های پدری شامل خزر، سپیدرود، درفک و آی آر ۲۸ بودند. پس از تلاقی والدین، ۲۸ تلاقی و ۱۱ والد به عنوان مواد ژنتیکی بررسی شدند. هم‌چنین در این بررسی از لاین‌های دم‌سیاه، IR50، صدوری و حسن سرایی به عنوان شاهد استفاده گردید. در سال ۱۳۸۷ پس از کاشت والدین در نیمه اول اردیبهشت، در اواسط مرداد ماه هم‌زمان با گل‌دهی برنج، عملیات دورگ‌گیری در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس انجام شد. بذره‌های به‌دست آمده در شرایط سردخانه تا سال ۱۳۸۸ نگهداری شدند. در تابستان و پاییز سال ۱۳۸۸، به‌منظور ارزیابی هیبریدها و والد‌ها از نظر صفات مرتبط با تحمل به شوری در مرحله گیاهچه، ۳۹ ژنوتیپ موجود در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس مورد ارزیابی قرار گرفتند. این مرحله از آزمایش در شرایط کنترل شده اتاقک رشد در آزمایشگاه گیاه‌شناسی مجتمع آموزش عالی گنبد انجام شد. با توجه به فضای محدود اتاقک



شکل ۱. نمایشی از سیستم کشت ساخته شده (الف)، گیاهان رشد یافته در سینی پس از اعمال شوری (ب) و سینی‌های داخل دستگاه قبل از اعمال شوری در ژنوتیپ‌های برنج (ج)

جدول ۱. اجزای محلول غذایی پایه یوشیدا مورد استفاده در ارزیابی ژنوتیپ‌های برنج (۳۳)

مقدار (گرم در یک لیتر)	ماده	عنصر	درشت مغذی
۹۱/۴	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	N	
۳۵/۶	$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	P	
۷۱/۴	$\text{K}_2\text{SO}_4$	K	
۱۱۷/۳۵	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Ca	
۳۲۴/۰	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Mg	
			ریز مغذی
۱/۵	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Mn	
۰/۰۷۴	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Mo	
۰/۰۳۵	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Zn	
۰/۹۳۴	$\text{H}_3\text{BO}_3$	B	
۰/۰۳۱	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Cu	
۷/۷	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Fe	
۱۱/۹	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$	اسید سیتریک	

جدول ۲. مقدار ترکیب در محلول غذایی مورد استفاده در ارزیابی ژنوتیپ‌های برنج (۳۳)

عنصر	ماده	میلی لیتر محلول پایه در ۳۶۰ لیتر محلول غذایی	تجمع عنصر (mg/L)
<u>درشت مغذی</u>			
N	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	۴۵۰ سی سی	۴۰
P	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	۴۵۰ سی سی	۱۰
K	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	۴۵۰ سی سی	۴۰
Ca	CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	۴۵۰ سی سی	۴۰
Mg	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	۴۵۰ سی سی	۴۰
<u>ریز مغذی</u>			
Mn	MnCl <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O		۰/۵۰
Mo	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O		۰/۰۵
Zn	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>		۰/۰۱
B	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O		۰/۲۰
Cu	FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O		۰/۰۱
Fe	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> .H <sub>2</sub> O		۲/۰۰

اعمال شوری و در مرحله سه برگگی، یادداشت برداری (طبق جدول ۳) و براساس روش گریگوریو و همکاران (۱۴) انجام شد. برگ‌های مرده گیاهان نیز جمع‌آوری شدند و در نمونه نهایی برای آنالیز مورد استفاده قرار گرفتند. میزان تجمع سدیم و پتاسیم در ریشه و اندام هوایی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان سدیم و پتاسیم به روش فلیم فتومتر استفاده شد.

ابتدا محلول‌های استاندارد ۱۰۰۰ mg/L سدیم و پتاسیم با حل کردن ۱/۹۱۰۳ گرم کلرور پتاسیم و ۲/۵۴۳۵ گرم کلرور سدیم در یک لیتر آب مقطر و سپس برداشتن ۱۰ میلی‌لیتر از هر یک از محلول‌ها و رساندن حجم آن به ۱۰۰ میلی‌لیتر، تهیه شد. با استفاده از این محلول‌های استاندارد، چند محلول استاندارد دیگر بین صفر تا ۱۰۰ mg/L (۴ و ۸ برای K<sup>+</sup> و ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ برای Na<sup>+</sup>) تهیه و با دستگاه فلیم فتومتر قرائت می‌شوند.

انتقال داده شدند. در هر سوراخ ۳ بذر جوانه زده قرار داده شد. تا سه روز پس از انتقال، بذرها از آب مقطر استفاده کردند. سپس مخلوط غذایی به سینی‌ها منتقل شد. محلول غذایی شور با اضافه کردن نمک کلرید سدیم به محلول غذایی یوشیدا ساخته شد. با توجه به اینکه صبوری و همکاران (۲۸) بهترین میزان شوری را برای مشاهده تنوع، ۸ دسی زیمنس بر متر گزارش کرده‌اند، از این مقدار شوری برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها استفاده شد. در هر سینی دو ردیف به ارقام متحمل (Pokkali) و حساس (IR29) اختصاص داده شد (۱۴).

برای اندازه‌گیری صفات، از گیاهانی که ۱۴ روز در محلول یوشیدا کشت داده شده بودند و سپس تیمار شوری روی آنها اعمال شده بود، استفاده شد. از زمانی که رقم حساس، کد ۷ گرفت (زمانی که رشد متوقف است و بسیاری از برگ‌ها خشک و تعدادی از گیاهان مرده‌اند)، یعنی حدوداً سه هفته بعد از

جدول ۳. نحوه کدبندی در ۱۴ روز پس از اعمال تنش شوری (۱۴)

میزان تحمل	علائم قابل مشاهده	کد اختصاص یافته
بسیار مقاوم	رشد نرمال، بدون علائم برگ‌گی باشد.	۱
مقاوم	رشد تقریباً نرمال، برگ‌ها در نوک سفید و تعداد کمی از برگ‌ها سفید و لوله شده باشد.	۳
نسبتاً مقاوم	رشد عقب افتاده، بسیاری از برگ‌ها لوله شده و تعدادی از برگ‌ها بلند باشند.	۵
حساس	رشد متوقف، بسیاری از برگ‌ها خشک و تعدادی از گیاهان مرده باشند.	۷
بسیار حساس	همه گیاهان مرده و خشک شده باشند.	۹

$$\sigma_{gi}^2 = \sigma_{female}^2 = Cov HS(female), \sigma_{gj}^2 = \sigma_{male}^2 =$$

$$Cov HS(male)$$

$$\sigma_{gca}^2 = Cov HS(average), \sigma_{sca}^2 = \sigma_{mf}^2 = Cov FS$$

$$-Cov HS(female) - Cov HS(male)$$

برآورد ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) از طریق لاین‌ها و تسترها به صورت زیر بود:

$$GCA_{Lines} = \hat{g}_i = \frac{Y_i}{tr} - \frac{Y}{ltr}, \sum \hat{g}_i, GCA_{testers} = \quad [2]$$

$$\hat{g}_j = \frac{Y_{.j}}{tr} - \frac{Y}{ltr}, \sum \hat{g}_j$$

و برای برآورد آثار ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) به شکل زیر اقدام شد:

$$SCA = \hat{S}_{ij} = \frac{Y_{ij}}{tr} - \frac{Y_i}{tr} - \frac{Y_{.j}}{tr} + \frac{Y}{ltr}, \sum_i \hat{S}_{ij} \quad [3]$$

$$= \sum_j \hat{S}_{ij} = \sum_i \sum_j \hat{S}_{ij} = 0$$

که  $i, j$  HS، FS و  $S_{ij}$  به ترتیب تعداد لاین، تستر، خانواده‌های نیمه خواهری، خانواده‌های تمام خواهری و قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی هستند. محاسبه واریانس ژنوتیپی برای هر صفت بر اساس اطلاعات جدول تجزیه واریانس مطابق رابطه زیر به دست آمد. پس از محاسبه ژنوتیپی، واریانس فنوتیپی و واریانس افزایشی وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی برآورد شد:

$$\sigma_g^2 = \frac{MSG - MSE}{r} \quad [4]$$

میزان عناصر سدیم و پتاسیم هر نمونه با استفاده از فرمول زیر برحسب درصد ماده خشک محاسبه می‌شود (۳۱):

$$E = \frac{C \times D \times V}{10^6 \times DM} \times 100 \quad [1]$$

که E مقدار عنصر مورد نظر (درصد)، C غلظت عنصر (میلی‌گرم در لیتر)، D دما (سلسیوس)، V حجم نهایی عصاره تهیه شده (میلی‌لیتر) و DM وزن خشک نمونه (گرم) در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس است. به منظور برآورد پارامترهای ژنتیکی، انتخاب لاین‌ها در شرایط تنش شوری در مرحله گیاهچه‌ای برنج، شناسایی لاین‌هایی که دورگ‌های تست کراس آنها نسبت به تنش شوری متحمل‌تر باشند، از طرح ژنتیکی لاین × تستر استفاده شد. تجزیه واریانس و امید ریاضی میانگین مربعات در جدول ۴ آمده است. اگرچه ماهیت کد ژنتیکی، درصد سدیم، درصد پتاسیم و نسبت سدیم و پتاسیم نشان‌دهنده عدم نرمال بودن آنها است، اما نظر به اینکه تعداد و حجم داده‌های مورد استفاده در تجزیه به اندازه کافی بزرگ می‌باشد، با توجه به قانون اعداد بزرگ (۱۱) برای تجزیه این داده‌ها نیز از قوانین حاکم بر داده‌های نرمال استفاده شد. از امید ریاضی میانگین مربعات لاین و تستر و لاین × تستر، به ترتیب برای آزمون اجزای افزایشی و غالبیت واریانس ژنتیکی استفاده شد. واریانس ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی نیز براساس روابط زیر، با استفاده از نرم‌افزار SAS v.9.2 و بر اساس برنامه ماکرو نوشته شده توسط بارتولوم و گریگوریو (۶) برای لاین × تستر به دست آمد:

جدول ۴. تجزیه واریانس و امیدریاضی میانگین مربعات طرح ژنتیکی لاین × تستر (۱۹)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	امید ریاضی میانگین مربعات
تکرار	$r-1$	$MSR$	$\sigma_e^2 + lt\sigma_R^2$
تلاقی	$rt-1$	$MSC$	$\sigma_e^2 + r\sigma_C^2$
لاین	$l-1$	$MSL$	$\sigma_e^2 + rV_{SCA} + rtV_{GCA(L)}$
تستر	$t-1$	$MST$	$\sigma_e^2 + rV_{SCA} + rlV_{GCA(T)}$
لاین × تستر	$(r-1)(t-1)$	$MS(LT)$	$\sigma_e^2 + rV_{SCA}$
خطا	$(r-1)(lt-1)$	$MSE$	$\sigma_e^2$
کل	$rlt-1$		

درصد سدیم معنی دار بود. در مورد تسترها نیز اختلاف بین لاین‌ها تنها در مورد محتوای کلروفیل معنی دار بود. عدم وجود اختلاف معنی دار برای اکثر صفات مورد بررسی احتمالاً نشان‌دهنده وجود نقش آثار غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل صفات کد ژنوتیپی، طول اندام هوایی، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک ریشه، نسبت سدیم به پتاسیم ریشه، سدیم اندام هوایی، پتاسیم اندام هوایی، نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی و درصد گیاهچه‌های زنده بود. عدم اختلاف معنی دار مشاهده شده برای منبع لاین × تستر برای صفات وزن خشک اندام هوایی و درصد سدیم ریشه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی دار از نظر قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی برای سایر صفات در بین ترکیبات بود که حاکی از نقش مهم اثر غالبیت و غیرافزایشی در کنترل صفات مذکور می‌باشد. تفاوت بین لاین‌ها و تسترها در بسیاری از صفات معنی دار نبود. اما اثر متقابل لاین × تستر

معنی دار بود. بنابراین در مجموع می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که اگرچه هر دو اثر افزایشی و غیرافزایشی در کنترل صفات گیاهچه‌ای تحت شرایط تنش شوری نقش دارند، اما واریانس‌های غیرافزایشی نقش مؤثرتری در شرایط تنش شوری ایفا می‌کنند. کمپتورن (۱۹) عنوان نمود که برای معنی دار شدن قوی اثر تلاقی‌های مربوط به یک صفت، لزومی بر معنی دار شدن کلیه اجزای آن (لاین‌ها، تسترها و لاین × تستر) نیست، بلکه معنی دار شدن تنها یک جزء نیز می‌تواند سبب

$$\sigma_{ph}^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2 \quad [5]$$

$$h_b^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_{ph}^2} \quad [6]$$

$$h_n^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_{ph}^2} \quad [7]$$

که  $\sigma_{ph}^2$  و  $\sigma_g^2$ ،  $h_n^2$ ،  $h_b^2$  به ترتیب وراثت‌پذیری عمومی، خصوصی، واریانس ژنتیکی حقیقی و واریانس فنوتیپی حقیقی می‌باشند.

## نتایج و بحث

### تجزیه واریانس صفات بر اساس روش لاین × تستر

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که بین هیبریدها تفاوت معنی داری برای کلیه صفات وجود دارد. وجود تنوع ژنتیکی و اختلاف بین این صفات به وسیله یثو و همکاران (۳۲) در جمعیت برنج‌های خارجی و صبوری و همکاران (۲۸) در ژرم پلاسما برنج خارجی و ایرانی نیز گزارش شده است. اختلاف معنی دار والدین در برابر هیبریدها بجز برای درصد پتاسیم ریشه، حاکی از وجود هتروزیس معنی دار برای کلیه صفات مورد بررسی در شرایط تنش شوری در مرحله گیاهچه برنج می‌باشد. اختلاف بین لاین‌ها برای صفات محتوای کلروفیل، طول ریشه، وزن ریشه، وزن خشک اندام هوایی و

جدول ۵. تجزیه واریانس صفات مختلف ارقام والدینی و تلاقی‌های حاصل براساس روش لاین × تستر در شرایط تنش شوری برای گیاهچه‌های برنج

کد ژنتیکی	کلروفیل	طول ریشه	طول اندام		وزن اندام	وزن ریشه	وزن خشک		درجه آزادی	منابع تغییر
			هوائی	هوائی			ریشه	اندام هوائی		
۰/۲۸	۲۲/۰۸**	۲/۱۳**	۸/۴۰**	۱۱۴/۶۵**	۲۲/۶۵**	۰/۱۱**	۰/۰۷**	۲	تکرار	
۴/۸۵**	۴۱/۳۶**	۳۲/۲۹**	۱۷۹/۸۸**	۳۱۱/۹۳**	۳۰۴/۴۷**	۱/۹۳**	۱۷/۰۴**	۴۲	ژنوتیپ	
۴/۲۰**	۲/۲۵	۱۹۰/۴۵**	۱۰۸/۲۸**	۵۹۲/۶۰**	۱۶۱/۴۵**	۰/۷۸**	۱۹/۵۵**		شاهد در برابر والدین و هیبرید)	
۱۱/۲۵**	۲۸۸/۵۱**	۱/۲۷*	۱۴۱۰/۶۶**	۶۱۴/۱۱**	۴۷۹/۴۹**	۲/۴۳**	۹/۱۴**		والدین در برابر هیبرید	
۲/۱۵**	۱۴/۳۹**	۲۵۷۰**	۹۹/۵۸**	۳۲/۶۶**	۳۳/۵۱**	۰/۲۲**	۲/۳۲**	۱	شاهد	
۶/۸۶**	۵۴/۹۲**	۴۴۷۰**	۱۲۹/۶۸**	۱۵۳/۴۷**	۱۴۶/۹۸**	۰/۹۶**	۱۰/۷۸**	۱	والدین	
۴/۱۹**	۳۱/۶۳**	۲۳/۲۲**	۱۶۴/۴۷**	۳۸۰/۰۸**	۳۹۱/۲۲**	۲/۵۰**	۲۱/۱۶**	۳	هیبرید	
۰/۷۶ns	۲۰/۳۹**	۳۸/۴۵*	۲۵۰/۲۰ ns	۴۵۰/۸۱ ns	۷۳۱/۲۱*	۴/۶۱ ns	۲۸/۲۸**	۶	لاین	
۴/۹۰ns	۱۰/۴۰**	۳۴/۲۶ ns	۲۴۲/۴۷ ns	۵۳۰/۶۷ns	۱۹۹/۷۳ ns	۱/۰۸ ns	۲۷/۵۸ ns	۳	تستر	
۵/۲۱**	۳۸/۹۱**	۱۷/۰۵**	۱۲۲/۸۹**	۳۳۱/۴۱**	۳۱۰/۵۵**	۲/۰۳**	۱۷/۷۳ ns	۱۸	لاین × تستر	
۰/۰۹	۰/۸۱	۰/۱۹	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۸۶	۰/۰۱	۰/۱۰**	۸۴	خطا	
۷/۵/۰۸	۳/۵۵	۲/۹۸	۱/۱۸	۲/۵۷	۴/۱۷	۴/۱۱	۶/۲۹		ضریب تغییرات	



جدول ۵. تجزیه واریانس صفات مختلف ارقام والدینی و تلاقی‌های حاصل براساس روش لاین × تستر در شرایط تنش شوری برای گیاهچه‌های برنج

درصد گیاهچه‌های زنده	نسبت سدیم به پتاسیم			نسبت سدیم به پتاسیم			درصد پتاسیم ریشه		درصد پتاسیم ریشه		درجه آزادی	منابع تغییر
	اندام هوایی	اندام هوایی	اندام هوایی	اندام هوایی	اندام هوایی	اندام هوایی	ریشه	ریشه	ریشه	ریشه		
۴۳/۰۳۱**	۰/۰۲۷	۰/۰۳۳**	۰/۰۲۰**	۱/۶۹**	۰/۲۸**	۰/۰۱۰*	۲				۲	تکرار
۳۸۵/۸۶۲**	۱/۳۷۱**	۰/۱۶۸**	۲/۵۰۹**	۴۶/۳۴**	۷۰/۶۲**	۰/۱۸۶**	۴۲				۴۲	ژنوتیپ
۳/۴۶۳	۱/۶۶۱**	۰/۳۳۶**	۱۱/۱۰۴**	۰/۷۹**	۱/۷۳**	۰/۰۰۲ NS						شاهد در برابر والدین و هیبرید (والدین و هیبرید)
۱۷/۵۳۸**	۳/۲۲۶**	۰/۲۲۵**	۱/۱۷۵**	۲۷۴/۱۳**	۱/۱۳**	۰/۰۰۸ NS						شاهد
۱۲۰/۶۶۷**	۱/۰۰۳**	۰/۰۰۱	۳/۰۱۰**	۴/۲۲**	۱/۹۰**	۰/۰۵۶**	۱				۱	والدین
۱۸۷/۲۹۱**	۳/۰۰۷**	۰/۳۴۱**	۳/۹۹۸**	۱۴۵/۲۱**	۲/۳۵**	۰/۴۱۰**	۱				۱	هیبرید
۵۱۶/۶۷۸*	۰/۷۲۶**	۰/۱۱۴**	۱/۶۲۲**	۷/۶۵**	۱/۰۶**	۰/۱۳۱**	۳				۳	لالین
۱۲۰/۴۹۰۱ NS	۰/۸۵۳ NS	۰/۱۶۱ NS	۲/۱۸۱ NS	۳/۴۳ NS	۲/۳۷**	۰/۱۰۵ NS	۶				۶	تستر
۵۴/۵۲۰ NS	۰/۹۳۲ NS	۰/۱۱۹ NS	۱/۹۵۹ NS	۲/۸۴ NS	۰/۲۷ NS	۰/۰۳۰ NS	۳				۳	لالین × تستر
۳۶۴/۲۹۸**	۰/۶۴۹**	۰/۰۹۷**	۱/۳۹۵**	۹/۸۶**	۰/۷۵ NS	۰/۱۵۷**	۱۸				۱۸	خطا
۱/۶۰۲	۰/۰۱۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۱/۸۴	۰/۰۴**	۰/۰۰۲	۸۴				۸۴	
۴/۵۵	۸/۸۹	۳/۵۸	۳/۴۰	۱۸/۷۸	۴/۰۱	۵/۹۴						ضریب تغییرات

NS و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

و معنی دار شدن آن گردد. رحیم سروش و مؤمنی (۲۷) در مطالعه خود روی برنج در شرایط نرمال نشان دادند که سهم واریانس افزایشی برای صفات تعداد دانه پر درخوشه و تعداد روز تا ۵۰٪ گل دهی، عرض دانه و وزن هزاردانه بیشتر از واریانس غالبیت است. در حالی که برای عملکرد دانه، تعداد پنجه، طول خوشه و ارتفاع میزان واریانس غالبیت بر افزایشی فزونی داشت. از روش لاین در تستر در پژوهش‌های مربوط به تنش‌های غیرزیستی در سایر گیاهان نیز استفاده شده است. به عنوان مثال، از این روش برای تجزیه ژنتیکی عملکرد و برخی صفات فنولوژیک در لاین‌های آفتابگردان تحت شرایط نرمال و تنش خشکی استفاده شده است (۱۷). این پژوهش نشان داد که میانگین مربعات لاین برای صفاتی نظیر طول مدت پر شدن دانه و تعداد روز تا شروع و پایان گل دهی و میانگین مربعات تستر برای صفاتی نظیر طول مدت پر شدن دانه و تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک در هر دو شرایط معنی دار می‌باشند. هم‌چنین میانگین مربعات لاین × تستر برای صفاتی چون طول مدت پر شدن دانه، تعداد روز تا شروع و پایان گل دهی و تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک در یک یا هر دو شرایط معنی دار شد که گویای واریانس غیرافزایشی معنی دار بود. هم‌چنین از این روش در برنج برای تجزیه ژنتیکی صفات مختلف در شرایط نرمال استفاده شده است که از آن جمله می‌توان پژوهش رحیم سروش و مؤمنی (۲۷)، احمدی خواه (۱)، کومار و همکاران (۲۰) و رشید و همکاران (۲۵) را نام برد.

#### قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی

تجزیه قابلیت ترکیب‌پذیری لاین‌ها و تسترها نشان داد که از لحاظ دو صفت مهم کد ژنتیکی و درصد گیاهچه‌های زنده که برابندی از کلیه صفات مؤثر بر تحمل به شوری هستند ارقام هاشمی (۰/۱۰۱-)، غریب (۰/۲۸۴-)، طارم محلی (۰/۳۲۶-)، سپیدرود (۰/۵۶۲-) و درفک (۰/۱۶۴-) از نظر کد ژنتیکی دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی دار بودند (جدول ۶). به جز رقم دم‌سفید، بقیه ارقام دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت

ارقام شاه‌پسند (۰/۹۰۷)، غریب (۰/۵۰۱)، طارم محلی (۱/۹۹۰) و سپیدرود (۱/۶۱۱) دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی دار برای وزن خشک اندام هوایی بوده و قابلیت خوبی برای انتقال این صفات داشته و در نتیجه می‌توان انتظار داشت باعث افزایش مقادیر این صفات در نتاج حاصل از خود گردند. ارقام مذکور هم‌چنین دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی دار برای طول اندام هوایی می‌باشند و این درحالی است که در مورد طول ریشه، قابلیت ترکیب‌پذیری

جدول ۶. قابلیت ترکیب پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها برای صفات مختلف گیاهچه‌های برنج در شرایط تنش شوری

نسبت سندیم به پتاسیم اندام هوایی	درصد سندیم اندام هوایی	نسبت سندیم به پتاسیم ریشه	درصد پتاسیم ریشه	درصد سندیم ریشه	وزن اندام خشک	وزن اندام هوایی	وزن ریشه	وزن اندام هوایی	طول اندام هوایی	طول ریشه هوایی	درصد گیاهچه‌های زنانه	کلوروفیل	کل ژنتیکی	تستر
-۰/۱۲۷**	-۰/۰۳۴*	۰/۰۷۴	-۰/۰۰۹	-۰/۱۱۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۶۳*	۰/۰۰۰*	۲/۶۹**	-۰/۰۷۱**	۲/۶۹**	۰/۹۵**	۰/۰۶	خیزر
-۰/۰۷۸*	۰/۱۱۲**	۰/۴۲۹*	-۰/۰۴۹*	۰/۱۳۸*	۰/۳۱**	۰/۳۱**	۴/۱۱**	۷/۰۸**	۱/۲۱۹**	-۱/۳۳**	۱/۲۱**	۰/۰۵	-۰/۵۵**	سپیدرود
-۰/۰۸۸*	-۰/۰۳۵*	-۰/۰۴۰	۰/۰۱۹	-۰/۰۶۹	-۰/۰۶۹**	-۰/۰۳۰**	-۲/۲۴**	-۱/۶۴**	۱/۰۷**	۰/۵۱**	۱/۰۷**	-۰/۲۹	-۰/۱۶*	درفک
۰/۳۱۳**	-۰/۰۴۳*	-۰/۴۳۳*	۰/۰۳۹*	۰/۰۴۳	-۰/۰۹۴**	-۰/۰۱۳**	-۲/۴۹**	-۴/۷۳**	-۴/۹۸**	۱/۵۳**	-۴/۹۸**	-۰/۷۱**	۰/۶۳**	آی آر
لاین														
۰/۸۵**	-۰/۰۱۷	۰/۴۷۸**	-۰/۰۰۸	-۰/۱۶۲*	۰/۸۰۷**	۰/۰۴*	-۰/۰۴۹*	۳/۶۲**	۳/۵۰**	-۱/۹۵**	۳/۵۰**	-۰/۲۲	۰/۳۵*	شاه‌سند
۰/۱۶**	۰/۱۲۱*	۰/۳۶۷**	۰/۱۴۵**	۰/۸۷۳**	۰/۵۰۱**	۰/۴۲**	۴/۳۵**	۵/۲۷**	۴/۰۵**	-۱/۷۲**	۴/۰۵**	-۰/۶۳*	-۰/۲۸*	غرب
-۰/۳۳۳**	-۰/۰۴۰*	-۰/۳۷۸**	۰/۰۹۷*	۰/۱۷۷*	۱/۹۰**	۱/۱۳**	۱۲/۸**	۶/۴۰**	۲/۳۳**	۱/۸۸**	۲/۳۳**	-۱/۹۹**	-۰/۳۳*	طرم محلی
۰/۰۲۹	-۰/۱۶۶**	۰/۰۱۰	-۰/۰۵۰*	۰/۲۹۴**	-۰/۰۹۷**	-۰/۰۲۵**	۴/۰۷**	۲/۲۰**	۳/۸۹**	-۱/۴۷**	۳/۸۹**	۱/۴۷**	۰/۰۶	اهلمی طرم
۰/۳۸۱**	-۰/۱۰۸*	۰/۴۲۵**	۰/۰۰۷	-۰/۱۹۵*	-۲/۰۰۱**	-۰/۰۷۲**	-۱۰/۸۷**	-۹/۵۹**	-۴/۷۰**	۰/۶۸**	-۴/۷۰**	-۰/۹۵**	-۰/۱۰	هانسی
-۰/۲۹۵**	۰/۰۱۶	-۰/۵۲۸**	-۰/۰۲۸۸	-۰/۰۶۰*	-۰/۰۳۵	-۰/۰۸۰*	-۴/۹۰**	-۱/۱۷**	-۱/۸۰**	۰/۰۸	-۱/۸۰**	۰/۹۹**	۰/۰۶	دم‌سفید
-۰/۱۴۱*	-۰/۰۳۴*	۰/۰۵۰	-۰/۱۲۴**	-۰/۵۱۸**	-۱/۵۶**	-۰/۵۲**	-۵/۰۷**	-۶/۷۳**	-۷/۱۶**	۲/۵۱**	-۷/۱۶**	۱/۳۳**	۰/۱۳*	عنبر بو
۰/۰۳۴	۰/۰۱۷	۰/۰۲۰	۰/۳۹۲	۰/۰۱۴	۰/۰۵۸	۰/۰۲	۰/۲۷	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۳۶	۰/۲۴	۰/۰۹	خطای استاندارد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها
۰/۰۲۶	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵	۰/۲۹۴	۰/۰۱۰	۰/۰۷۰	۰/۰۲	۰/۲۰	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۰۷	خطای استاندارد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی تسترها
۰/۰۴۸	۰/۰۲۴	۰/۰۲۹	۰/۵۵۴	۰/۰۱۹	۰/۱۳۱	۰/۰۳	۰/۳۸	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۵۲	۰/۳۴	۰/۱۲	اختلاف خطای استاندارد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها
۰/۰۳۳۶	۰/۰۱۸	۰/۰۲۲	۰/۴۱۹	۰/۰۱۵	۰/۰۹۹	۰/۰۲	۰/۲۹	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۳۹	۰/۲۶	۰/۰۹	اختلاف خطای استاندارد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی تسترها

\*\* و \* به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد

معنی دار برای نسبت سدیم به پتاسیم ریشه و اندام هوایی بودند. هم‌چنین از بین تلاقی‌های برتر ذکر شده تاکنون، تلاقی‌های خزر×شاه‌پسند، سپیدرود×غریب، خزر×اهلمی طارم، سپیدرود×اهلمی طارم و درفک×دم‌سفید برای محتوای کلروفیل نیز قابلیت ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌دار در جهت بهبود و افزایش تحمل به شوری نشان دادند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این تلاقی‌ها می‌توانند برای بهبود واکنش گیاه به شوری با استفاده از صفات مذکور مورد توجه قرار گیرند. بررسی قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی برای طول ریشه نشان داد از ۱۱ تلاقی که دارای مقدار مثبت و معنی‌دار برای این ارزش می‌باشند، تلاقی‌های درفک×شاه‌پسند، سپیدرود×اهلمی طارم، درفک×هاشمی و درفک×دم‌سفید از نظر تبادل یونی و تلاقی خزر×اهلمی طارم از لحاظ کد ژنتیکی، درصد گیاهچه‌های زنده و محتوای کلروفیل نیز نمود مطلوبی از خود نشان دادند.

هم‌چنین بررسی مشابه روی طول اندام هوایی نشان داد که ۱۲ تلاقی از ۲۸ تلاقی دارای قابلیت ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌دار برای این صفت می‌باشند و از بین این تلاقی‌ها، تلاقی‌های درفک/طارم محلی، سپیدرود×اهلمی طارم، درفک×هاشمی و درفک×دم‌سفید از نظر تبادل یونی و تلاقی غریب×سپیدرود از لحاظ کد ژنتیکی، درصد گیاهچه‌های زنده و محتوای کلروفیل قابلیت مطلوب و معنی‌داری از خود نشان دادند. از طرف دیگر، بررسی وزن خشک اندام هوایی و ریشه هم‌زمان با طول اندام هوایی و ریشه مشخص نمود که تلاقی‌های سپیدرود×اهلمی طارم، درفک×هاشمی، درفک×دم‌سفید از نظر همه این صفات به همراه صفات مرتبط با تبادل یونی دارای قابلیت ترکیب‌پذیری معنی‌دار و مناسبی در جهت ارتقای تحمل به شوری در نتاج خود بودند. هم‌چنین تلاقی غریب/سپیدرود به‌جز برای صفت طول ریشه و تبادل یونی، برای سایر صفات مهم قابلیت ترکیب‌پذیری معنی‌دار و قابل توجهی را نشان داد.

عمومی شاه‌پسند، غریب و سپیدرود منفی بود. از آنجا که ارقام مذکور متحمل به تنش شوری هستند، شاید یکی از دلایل منفی شدن قابلیت ترکیب‌پذیری شاه‌پسند و غریب نوع سیستم ریشه‌ای گیاه برنج باشد که از نوع افشان می‌باشد و از آنجایی که قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی وزن ریشه در این ارقام مثبت بود به نظر می‌رسد افزایش وزن ریشه در ارقام مورد بررسی در شرایط تنش شوری، به دلیل توسعه بیشتر ریشه در جهت عرضی نسبت به افزایش طولی برای جذب آب بیشتر بوده باشد.

### قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی

قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) تلاقی‌ها نشان داد که قابلیت ترکیب‌پذیری درفک×هاشمی، خزر×اهلمی طارم، خزر×طارم محلی، درفک×طارم محلی، سپیدرود×غریب و خزر×شاه‌پسند از نظر کد ژنتیکی منفی و معنی‌دار و تلاقی‌های خزر×شاه‌پسند، سپیدرود×غریب، درفک×غریب، آی‌آر ۲۸×غریب، سپیدرود×طارم محلی، خزر×اهلمی طارم، درفک×اهلمی طارم، سپیدرود×هاشمی، خزر×دم‌سفید، درفک×دم‌سفید، خزر×عنبربو، سپیدرود×عنبربو از نظر درصد گیاهچه‌های زنده مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۷). بنابراین می‌توان از تلاقی‌های مذکور در اصلاح و تولید برنج دورگ استفاده کرد. هم‌چنین سه تلاقی خزر×شاه‌پسند، سپیدرود×غریب و خزر×اهلمی طارم از لحاظ هر دو صفت قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌دار و مطلوب نشان دادند. تلاقی‌های درفک×شاه‌پسند، درفک×طارم محلی، سپیدرود×اهلمی طارم، درفک×هاشمی، درفک×دم‌سفید و آی‌آر ۲۸×عنبربو با داشتن قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنی‌دار برای هر دو صفت نسبت سدیم به پتاسیم در ریشه و اندام هوایی موجب کاهش این نسبت‌ها در نتاج خود شدند. از سه تلاقی مطلوب یاد شده در توصیف دو صفت کد ژنتیکی و درصد گیاهچه‌های زنده، دو تلاقی خزر×شاه‌پسند و خزر×اهلمی طارم به ترتیب دارای قابلیت ترکیب‌پذیری منفی و

جدول ۷. مقادیر هتروزیس والد برتر و قابلیت ترکیب پذیری خصوصی لاین‌ها برای صفات مختلف گیاهچه‌های برنج در شرایط تنش شوری

وزن خشک ریشه	وزن ریشه		طول اندام هوایی		طول ریشه		کاروفیل		کد ژنتیکی		تلاقی
	HOP	SCA	HOP	SCA	HOP	SCA	HOP	SCA	HOP*	SCA*	
۰/۳۷**	-۱/۰۳۹	۰/۳۳**	۵/۳۶	۳/۴۵**	۳/۹۳	-۱/۱۴**	-۶/۳۱	۳/۱۱	۱/۵۴**	-۲/۹۳۶	۰/۶۷**
۰/۳۷**	-۱/۱۹**	۱/۱۷۵	۵/۱۱۳	-۱/۳۷**	۲/۸۵۳	-۰/۴۰	-۸/۱۱	-۱۴/۹۴	-۰/۰۲	-۲۳/۲۰	۰/۹۳**
۰/۳۷**	-۰/۲۱**	۰/۳۱**	۰/۶۹	-۱/۰۱**	۱/۱۹۷	-۲/۹۲**	-۷/۱۴	۱/۵۹**	-۴/۸۶**	-۱۶/۶۰	۰/۵۰**
۰/۳۷**	-۰/۲۹**	-۱/۱۹**	-۶/۳۹	-۵/۴۰**	۹/۳۸	۳/۲۲**	۲/۸۷۱	۱/۷۵	-۰/۳۲	-۱۷/۰۲	۰/۵۸**
۰/۳۷**	-۰/۲۸**	۰/۷۵	-۵/۱۲۲	۳/۰۴**	۳۳/۲۲	-۲/۸۰**	-۴/۶۴	-۱۵/۴۲	۴/۱۶**	-۲/۲۶۲	-۰/۲۹
۰/۳۷**	۰/۳۳**	۰/۳۳**	۴/۰/۰	۱/۶۲**	۱/۸۴۲	-۱/۵۸**	-۸/۸۲	۱/۲۳۷	۲/۵۶**	-۶/۳۲۹	-۰/۹۲**
۰/۳۷**	-۰/۱۴**	-۰/۱۴**	-۴/۲۷۱	-۲/۸۶**	۱/۷۲۵	۲/۳۶**	-۳/۸۳	-۸/۱۱	-۰/۰۵	-۲/۸۵۷	-۰/۱۲
۰/۳۷**	۱/۲۶**	۱/۲۶**	۱/۲۱۶	۷/۹۰**	۲/۹/۱۹	-۰/۶۸**	۹/۶۵	۱/۶۱۸	-۳/۳۶**	-۲۳/۰۲	۰/۳۸*
۰/۳۷**	-۰/۱۶**	۳/۱۱**	-۰/۸۷	۳/۲۵**	۱/۷/۱۸	۰/۶۸**	۳/۷۵۶	-۲۷/۲۶	۴/۰۸**	-۳/۱۷۱	-۱/۹۱**
۰/۳۷**	۰/۱۸**	۰/۳۳**	۴/۲/۰	۲/۶۹**	۲/۱۶۵	۰/۰۸	۱/۶۱۵	-۰/۵۲	۲/۱۰**	-۴/۵۳۵	-۰/۰۴
۰/۳۷**	-۰/۲۸**	-۰/۲۸**	۹/۳۷	-۶/۲۵**	۳/۰/۱	-۳/۱۷**	۳۵/۶۷	-۱/۵۵	-۰/۸۲	-۴/۲۲۴	-۰/۴۳**
۰/۳۷**	-۱/۰/۱**	-۱/۳۹**	۰/۰	-۱/۴۰**	۳/۱۹۱	-۱/۱۹**	۸/۰	۲/۲۱	-۶/۰۱**	-۳۳/۸۳	۳/۳۰**
۰/۳۷**	-۰/۸۲	-۰/۸۷	-۳/۱۲۲	-۰/۸۷**	۱/۷/۰	-۲/۶۶**	-۸/۹۸	۲/۴۹	۲/۳۳**	-۸/۰۲	-۱/۳۰**
۰/۳۷**	-۰/۱۵**	۸/۱۵**	-۶/۸۷	۷/۵۰**	۳۵/۲۴	۰/۹۵**	-۵/۰/۰	۱/۵۶	۱/۸۸**	۳/۰/۶۶	۰/۰۱
۰/۳۷**	۰/۳۳**	۰/۳۳**	۲۲/۶۵	۲/۹۱**	۱/۲۰۴	-۱/۷۶**	-۲/۱۰۴	۶/۲۱	۰/۸۷	-۲/۲۱۷	۰/۵۶**
۰/۳۷**	۰/۳۹**	-۱/۲۵**	۶/۶	-۱/۰/۸**	-۵/۳۴	-۱/۵۲**	-۱۵/۰۴	۱/۶۲	-۳/۳۶**	-۷/۵۵	۰/۶۶**
۰/۳۷**	-۰/۱۰**	۲/۴۹**	-۴/۴۳۹	۲/۴۹**	۲/۸۳۸	-۲/۱۳**	-۳/۴۵	۱/۰/۰	۲/۲۷**	-۱۵/۰۳	-۰/۳۰
۰/۳۷**	-۰/۹۸**	۵/۳۵**	-۷/۸۰۴	۱/۰/۳۱**	-۴/۰/۸	-۰/۰۴	-۷/۸	-۲۹/۵۲	۰/۸۱	۳۱/۶۱	-۰/۱۹
۰/۳۷**	-۰/۴۶**	۷/۷۴**	-۳/۸۳۱	۵/۵۱**	-۱/۳۶	۲/۶۸**	۱/۱۹۹	۷/۳۸	۳/۹۹**	-۵۵/۹۶	-۲/۶۹**
۰/۳۷**	-۰/۴۶**	-۰/۴۶**	-۳/۱/۶۶	-۶/۸۵**	-۳/۱/۴۸	-۴/۲۱**	۴/۳۱	-۱۷/۶۸	-۶/۰۷	-۶/۷۶	۱/۷۷**
۰/۳۷**	۰/۴۴**	۳/۸۶**	۳/۲۳۶	-۳/۵۴**	۲۷/۱۶	-۰/۰۱	-۱۳/۲۷	۱/۱۲۴	۱/۵۹**	-۲/۲۶۸	۰/۲۱
۰/۳۷**	-۰/۹۶**	-۰/۹۶**	۱/۲۴	-۱/۴/۶**	-۵/۳۳	-۵/۵۶**	-۳۷/۳۶	۱/۱۵۶	۱/۰۶*	-۳۷/۶۳	-۰/۲۷
۰/۳۷**	-۰/۵۵**	-۰/۵۵**	-۵/۲/۸۳	۲/۱۲۷**	-۱۱/۰۹	۰/۸۵**	-۳۵/۲۰	-۲۲/۳۸	۲/۳۰**	۱۵/۴۶	۰/۳۳
۰/۳۷**	-۰/۴۸**	-۱/۲/۶۱**	-۵/۹/۳۷	-۴/۱۷**	۲/۴/۰۸	۳/۵۳**	-۲۹/۳۱	۱/۸۸۲	۰/۴۹	۷/۲۲	-۰/۱۶
۰/۳۷**	-۰/۴۳**	۳/۵۰**	-۵/۵/۰۶	۱/۳۵**	-۲۷/۵۶	-۴/۷۶**	۱/۰/۶۹	۲/۹۹	۰/۳۳	-۸/۲۱	۰/۰۵
۰/۳۷**	۰/۳۱**	۲/۹۲**	۱/۱۵۸	۵/۴۹**	-۶/۸۱	-۵/۲۶**	-۱/۳۹	۱/۱۱۷	-۲/۱۵**	-۱۵/۳۸	-۰/۳۲
۰/۳۷**	-۱/۱۸**	-۰/۶/۸۴	-۶/۱/۰۶	-۸/۴۷**	-۱۳/۲۲	۴/۹۰**	۴/۱۶	۸/۶۷	۱/۲۸**	-۶/۶۷	۰/۸۵*
۰/۳۷**	-۰/۲۵**	-۱/۲/۶۲	-۵/۰/۸۲	-۱/۶۰**	-۱۱/۵۹	۶/۳۰**	-۹/۹۰	۰/۰	-۳/۳۳**	۱/۰۳	-۰/۰۸
۰/۳۷**	۰/۵۳	۰/۵۳	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۱۸	خطای استاندارد ترکیب‌پذیری خصوصی
۰/۳۷**	۰/۵۳	۰/۵۳	۰/۳۶	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۳۶	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۵	خطای استاندارد ترکیب‌پذیری خصوصی

SCA قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی، HOP هتروزیس والد برتر، \* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ادامه جدول ۷. مقادیر هتروزیس والد برتر و قابلیت ترکیب پذیری خصوصی لاین‌ها برای صفات مختلف گیاهچه‌های برنج در شرایط تنش شوری

نوع صفات	درصد گیاهچه‌های زنده			نسبت سداب به پاناسیم			درصد پاناسیم اندام هوایی			نسبت سداب به پاناسیم			درصد پاناسیم ریشه			درصد سداب ریشه			درصد پاناسیم ریشه			تلاقی	
	HOP	SCA	SCA	HOP	SCA	SCA	HOP	SCA	SCA	HOP	SCA	SCA	HOP	SCA	SCA	HOP	SCA	SCA	HOP	SCA	SCA		
شاخص	-۴/۰۴	۲/۷۳**	-۱/۴۵۸	-۰/۰۱۳	-۰/۱۰۵**	-۳۳/۱۸	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	خزر	
	۱/۶۸۳	-۱/۴۱۹**	۱/۵۱۸	-۰/۱۰۵**	-۰/۱۰۵**	-۰/۱۰۵**	-۰/۱۰۵**	-۰/۱۰۵**	-۰/۱۰۵**	-۰/۱۰۵**	-۰/۱۰۵**	-۰/۱۰۵**	-۰/۱۰۵**	-۰/۱۰۵**	-۰/۱۰۵**	-۰/۱۰۵**	-۰/۱۰۵**	-۰/۱۰۵**	-۰/۱۰۵**	-۰/۱۰۵**	-۰/۱۰۵**	سیب‌آورد	
	-۳/۶۷	۱/۲۳	-۰/۵۸۵	-۰/۲۹۹**	-۰/۲۹۹**	-۰/۲۹۹**	-۰/۲۹۹**	-۰/۲۹۹**	-۰/۲۹۹**	-۰/۲۹۹**	-۰/۲۹۹**	-۰/۲۹۹**	-۰/۲۹۹**	-۰/۲۹۹**	-۰/۲۹۹**	-۰/۲۹۹**	-۰/۲۹۹**	-۰/۲۹۹**	-۰/۲۹۹**	-۰/۲۹۹**	-۰/۲۹۹**	دروک	
	-۳/۷۳	-۰/۰۶۹	-۳۱/۰۴	-۰/۰۷	-۰/۱۱**	-۰/۱۳	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲	آی آر ۲۸	
	-۲/۶۶	-۰/۰۶۹	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	-۰/۱۵۳**	خزر	
	۲/۹۷	۸/۸۱**	-۳۷/۳۲	۰/۱۹**	-۱/۵۳*	-۲/۱۴	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	سیب‌آورد	
	-۲/۰۱۸	۲/۸۱**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	-۰/۱۴۴**	دروک	
	۱/۴۴/۳۲	۷/۲۵**	-۰/۰۳	۱/۵۰	۰/۲۲**	-۰/۲۲**	۰/۲۲**	۰/۲۲**	۰/۲۲**	۰/۲۲**	۰/۲۲**	۰/۲۲**	۰/۲۲**	۰/۲۲**	۰/۲۲**	۰/۲۲**	۰/۲۲**	۰/۲۲**	۰/۲۲**	۰/۲۲**	۰/۲۲**	آی آر ۲۸	
	۱/۹/۱۹	-۰/۰۰**	-۰/۵۲۲	-۰/۴۱**	-۰/۴۱**	-۰/۴۱**	-۰/۴۱**	-۰/۴۱**	-۰/۴۱**	-۰/۴۱**	-۰/۴۱**	-۰/۴۱**	-۰/۴۱**	-۰/۴۱**	-۰/۴۱**	-۰/۴۱**	-۰/۴۱**	-۰/۴۱**	-۰/۴۱**	-۰/۴۱**	-۰/۴۱**	خزر	
	۳/۸/۶۱	۵/۲۳**	-۰/۵۲۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	سیب‌آورد	
	۲/۷۵	-۰/۰۰**	-۰/۸۷۷	-۰/۰۹*	-۰/۰۹*	-۰/۰۹*	-۰/۰۹*	-۰/۰۹*	-۰/۰۹*	-۰/۰۹*	-۰/۰۹*	-۰/۰۹*	-۰/۰۹*	-۰/۰۹*	-۰/۰۹*	-۰/۰۹*	-۰/۰۹*	-۰/۰۹*	-۰/۰۹*	-۰/۰۹*	-۰/۰۹*	دروک	
	۱/۸/۱۸	-۰/۰۰**	-۰/۰۷۰	۰/۱۰*	۰/۱۰*	-۰/۱۰*	-۰/۱۰*	-۰/۱۰*	-۰/۱۰*	-۰/۱۰*	-۰/۱۰*	-۰/۱۰*	-۰/۱۰*	-۰/۱۰*	-۰/۱۰*	-۰/۱۰*	-۰/۱۰*	-۰/۱۰*	-۰/۱۰*	-۰/۱۰*	-۰/۱۰*	آی آر ۲۸	
	-۳/۲/۸	۲/۶۷**	-۰/۰۴۹	-۰/۰۹**	-۰/۰۹**	-۰/۰۹**	-۰/۰۹**	-۰/۰۹**	-۰/۰۹**	-۰/۰۹**	-۰/۰۹**	-۰/۰۹**	-۰/۰۹**	-۰/۰۹**	-۰/۰۹**	-۰/۰۹**	-۰/۰۹**	-۰/۰۹**	-۰/۰۹**	-۰/۰۹**	-۰/۰۹**	خزر	
	-۳/۰/۱۷	-۰/۰۳۳	-۰/۵۲۰	-۰/۰۳۳**	-۰/۰۳۳**	-۰/۰۳۳**	-۰/۰۳۳**	-۰/۰۳۳**	-۰/۰۳۳**	-۰/۰۳۳**	-۰/۰۳۳**	-۰/۰۳۳**	-۰/۰۳۳**	-۰/۰۳۳**	-۰/۰۳۳**	-۰/۰۳۳**	-۰/۰۳۳**	-۰/۰۳۳**	-۰/۰۳۳**	-۰/۰۳۳**	-۰/۰۳۳**	سیب‌آورد	
	-۱/۰/۲۴	۶/۰۱**	-۳/۸/۲۵	-۰/۱۱**	-۰/۱۱**	-۰/۱۱**	-۰/۱۱**	-۰/۱۱**	-۰/۱۱**	-۰/۱۱**	-۰/۱۱**	-۰/۱۱**	-۰/۱۱**	-۰/۱۱**	-۰/۱۱**	-۰/۱۱**	-۰/۱۱**	-۰/۱۱**	-۰/۱۱**	-۰/۱۱**	-۰/۱۱**	دروک	
	-۰/۷/۶	-۰/۰۵۷**	-۰/۱/۱۴	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	آی آر ۲۸	
	-۰/۲/۲۷	-۰/۰/۸۲	-۰/۲/۳۳	-۰/۱/۶۹	-۰/۱/۶۹	-۰/۱/۶۹	-۰/۱/۶۹	-۰/۱/۶۹	-۰/۱/۶۹	-۰/۱/۶۹	-۰/۱/۶۹	-۰/۱/۶۹	-۰/۱/۶۹	-۰/۱/۶۹	-۰/۱/۶۹	-۰/۱/۶۹	-۰/۱/۶۹	-۰/۱/۶۹	-۰/۱/۶۹	-۰/۱/۶۹	-۰/۱/۶۹	خزر	
	-۰/۲/۵۲	۲/۲۶**	-۰/۲/۸۶	۰/۳۱**	۰/۳۱**	-۰/۳۱**	۰/۳۱**	۰/۳۱**	۰/۳۱**	۰/۳۱**	۰/۳۱**	۰/۳۱**	۰/۳۱**	۰/۳۱**	۰/۳۱**	۰/۳۱**	۰/۳۱**	۰/۳۱**	۰/۳۱**	۰/۳۱**	۰/۳۱**	۰/۳۱**	سیب‌آورد
	-۰/۵/۷۲	-۰/۳/۰۷**	-۰/۶/۵۶	-۰/۱/۳۳**	-۰/۱/۳۳**	-۰/۱/۳۳**	-۰/۱/۳۳**	-۰/۱/۳۳**	-۰/۱/۳۳**	-۰/۱/۳۳**	-۰/۱/۳۳**	-۰/۱/۳۳**	-۰/۱/۳۳**	-۰/۱/۳۳**	-۰/۱/۳۳**	-۰/۱/۳۳**	-۰/۱/۳۳**	-۰/۱/۳۳**	-۰/۱/۳۳**	-۰/۱/۳۳**	-۰/۱/۳۳**	دروک	
	-۰/۵/۶۸	۰/۳۳	۳۳/۶۵	-۰/۱/۶۷	-۰/۱/۶۷	-۰/۱/۶۷	-۰/۱/۶۷	-۰/۱/۶۷	-۰/۱/۶۷	-۰/۱/۶۷	-۰/۱/۶۷	-۰/۱/۶۷	-۰/۱/۶۷	-۰/۱/۶۷	-۰/۱/۶۷	-۰/۱/۶۷	-۰/۱/۶۷	-۰/۱/۶۷	-۰/۱/۶۷	-۰/۱/۶۷	-۰/۱/۶۷	آی آر ۲۸	
	-۱/۵/۱۵	۲/۷۶**	-۰/۳/۵۸	۰/۷۸**	۰/۷۸**	-۰/۷۸**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	خزر
	-۱/۹/۸۰	-۱/۵/۹۹**	-۰/۵/۵۹	۰/۲۰**	۰/۲۰**	-۰/۲۰**	۰/۲۰**	۰/۲۰**	۰/۲۰**	۰/۲۰**	۰/۲۰**	۰/۲۰**	۰/۲۰**	۰/۲۰**	۰/۲۰**	۰/۲۰**	۰/۲۰**	۰/۲۰**	۰/۲۰**	۰/۲۰**	۰/۲۰**	سیب‌آورد	
	-۰/۲/۵۸۷	۳/۰/۷۶**	-۰/۳/۱۲	-۰/۱/۷۷**	-۰/۱/۷۷**	-۰/۱/۷۷**	-۰/۱/۷۷**	-۰/۱/۷۷**	-۰/۱/۷۷**	-۰/۱/۷۷**	-۰/۱/۷۷**	-۰/۱/۷۷**	-۰/۱/۷۷**	-۰/۱/۷۷**	-۰/۱/۷۷**	-۰/۱/۷۷**	-۰/۱/۷۷**	-۰/۱/۷۷**	-۰/۱/۷۷**	-۰/۱/۷۷**	-۰/۱/۷۷**	دروک	
	-۰/۳/۳/۶	-۰/۵/۸۱**	-۰/۳/۰۳	۰/۵۳**	۰/۵۳**	-۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	آی آر ۲۸	
	-۰/۵/۱/۵۲	۲/۹/۳**	۱/۲/۳۸	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	خزر	
	-۰/۵/۲/۸	۷/۶۶**	-۱/۱/۵۶	۰/۸۶**	۰/۸۶**	-۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	سیب‌آورد
	-۰/۵/۵/۶	-۱/۳/۹۰**	۱/۳/۲/۱	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	دروک	
	-۰/۶/۲/۷	-۰/۵/۲/۴**	۱/۲/۱۸	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	-۰/۱/۵۳**	آی آر ۲۸	
	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	۰/۸/۳	خزر	
	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	سیب‌آورد	
	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	دروک	
	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	۱/۰/۴	آی آر ۲۸	

خطای استاندارد ترکیب‌پذیری خصوصی  
 اختلاف خطای استاندارد ترکیب‌پذیری  
 خصوصی

SCA: قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی، HOP: هتروزیس والد برتر، \*\* و \* به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد

## اجزای واریانس ژنتیکی

محاسبه اجزای واریانس ژنتیکی برای صفات مورد بررسی نشان داد که ارزش واریانس غیر افزایشی برای کلیه صفات مورد بررسی بیشتر از واریانس افزایشی است (جدول ۸). میزان این افزایش برای صفات درصد سدیم و پتاسیم در ریشه و درصد پتاسیم اندام هوایی کمتر از سایر صفات بود. هم‌چنین میزان سهم هر کدام از منابع لاین، تستر و لاین  $\times$  تستر در واریانس کل ژنتیکی نشان داد که برای کلیه صفات مورد بررسی، جز درصد سدیم ریشه و درصد زنده بودن گیاه، سهم لاین  $\times$  تستر بیشتر از دو منبع دیگر بود، اگرچه برای درصد سدیم ریشه و درصد زنده بودن گیاه نیز سهم لاین‌ها از لاین  $\times$  تستر اختلاف بسیار کمی داشتند. این نتیجه به همراه نتایج مربوط به وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی صفات مورد مطالعه و مقایسه آنها بیانگر این مطلب است که در کنترل ژنتیکی صفات مرتبط با تحمل به شوری در گیاهچه‌های برنج نقش آثار غالبیت بیشتر می‌باشد (جدول ۸) و امید می‌رود تکیه بر برنامه‌های اصلاحی مبتنی بر تلاقی‌های برتر شناسایی شده در این تحقیق بتواند نتایج مطلوبی را به دنبال داشته باشد. اگرچه تحت شرایط شور مطالعات بسیار اندکی با استفاده از این روش اصلاحی انجام شده است، اما نقش برجسته‌تر آثار غیرافزایشی در کنترل صفات پیچیده مانند عملکرد و اجزای آن در برنج در پژوهش‌های متعددی به اثبات رسیده است (۱، ۲۰ و ۲۵) و بنابراین مهم‌تر بودن نقش این آثار در کنترل صفات پیچیده مرتبط با شوری نیز امری دور از انتظار نیست.

## هتروزیس

بررسی هتروزیس نسبت به والد برتر برای صفات کد ژنتیکی و درصد بوته‌های زنده نشان داد که میانگین تلاقی‌هایی که والدین آنها شاه‌پسند، غریب و طارم محلی بود به ترتیب دارای کمترین و بیشترین مقدار هتروزیس نسبت به سایر تلاقی‌ها بود. همانطور که قبلاً اشاره شد، کمترین و بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی برای این دو صفت نیز از تلاقی‌هایی

ناشی شد که والدین آنها خزر، سپیدرود، اهلمی طارم، غریب و شاه‌پسند بودند. با توجه به میانگین هتروزیس والد برتر برای تلاقی‌های مورد بررسی، برای بهبود صفت محتوای کلروفیل از طریق روش‌های مبتنی بر تلاقی بهتر است از تلاقی‌هایی استفاده شود که یکی از والدین آن عنبربو یا اهلمی طارم باشد، چون مطابق نتایج به‌دست آمده در این مطالعه، میانگین تلاقی‌های آنها مثبت بود. برای نسبت سدیم به پتاسیم در اندام هوایی، کلیه هتروزیس‌های نسبت به والد برتر که ارقام طارم محلی، شاه‌پسند و دم‌سفید به عنوان لاین شرکت داشتند، منفی بود. درحالی که برای نسبت سدیم به پتاسیم در ریشه به‌جز اهلمی طارم و عنبربو سایر لاین‌های مورد استفاده در کلیه تلاقی‌هایشان دارای هتروزیس نسبت به والد برتر منفی و در جهت کاهش این صفت بودند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که برای بهبود نسبت سدیم به پتاسیم در اندام هوایی بهتر است از تلاقی‌هایی استفاده نمود که ارقام طارم محلی، شاه‌پسند و دم‌سفید والد نری باشند. برای صفت نسبت سدیم به پتاسیم در ریشه بهتر است از تلاقی‌هایی استفاده نمود که یکی از والدین آن شاه‌پسند، غریب، طارم محلی، هاشمی و دم‌سفید باشد.

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده از قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی، ارقام هاشمی، غریب، طارم محلی، سپیدرود و درفک می‌توانند در برنامه اصلاح برای بهبود تحمل شوری مورد استفاده واقع شوند. بررسی همزمان صفات موفولوژیک و فیزیولوژیک در گیاهچه‌های برنج تحت تنش شوری نشان داد که از بین ۲۸ تلاقی مورد ارزیابی، تلاقی‌های سپیدرود  $\times$  اهلمی طارم، درفک  $\times$  هاشمی، درفک  $\times$  دم‌سفید، خزر  $\times$  شاه‌پسند، سپیدرود  $\times$  غریب و خزر  $\times$  اهلمی طارم از نظر بیشتر صفات مهم تحمل شوری قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مطلوبی داشتند. بنابراین به نظر می‌رسد بتوان از آنها در برنامه‌های اصلاحی تحمل به شوری برنج در مرحله گیاهچه‌ای به نحو مطلوبی استفاده کرد. نظر به اینکه نتایج این مقاله مربوط به شرایط





اتفاق رشد است، نیاز به بررسی‌های بیشتر در شرایط مزرعه نیز مطلوب شناسایی شده در پژوهش حاضر استفاده نمود تا بتوان می‌باشد. براساس نتایج به‌دست آمده می‌توان در برنامه‌های اصلاحی به منظور بهبود تحمل به شوری در برنج از ارقام به نتایج بهتری دست یافت.

### منابع مورد استفاده

1. Ahmadikhah, A. 2008. Estimation of heritability and heterosis of some agronomic traits and combining ability of rice lines using Line  $\times$  Tester method. *Electronical Journal of Crop Production* 1(2): 15-33.
2. Abtahi, A. 1992. Plant Tolerance under Salinity. Tabriz University Press, Technical magazine, number 16.
3. Akbar, M., G. S. Khush and D. Hillerislamers. 1986. Genetics of salt tolerance in rice. PP. 399-409. In: Banta, S. J. (Ed.), Rice Genetics, International Rice Research Institute Press, Los Banos.
4. Akbar, M. and T. Yabuno. 1977. Breeding for saline-resistant varieties of rice. III. Response of F<sub>1</sub> hybrids to salinity in reciprocal crosses between Jhona 349 and Magnolia. *Japanese Journal of Breeding* 25: 215-220.
5. Azmi, A. R. and S. M. Alam. 1990. Effect of salt stress on germination, growth, leaf anatomy and mineral element composition of wheat cultivars. *Acta Physiologica Plantarum* 12: 215-224.
6. Bartolome, V. I. and G. B. Gregorio. 2000. An interactive macro program for line  $\times$  tester analysis. In: Proceedings of SAS Conference, SAS Users Group International 25, April 9-12, Indianapolis, Indiana.
7. De Datta, S. K., J. A. Malabuyoc and E. L. Aragon. 1988. A field screening technique for evaluating rice germplasm for drought tolerance during vegetative stage. *Field Crop Research* 19: 123-124.
8. Flowers, T. J. and A. R. Yeo. 1988. Ion relation of salt tolerance. PP. 392-416. In: Baker, D. A. and J. L. Hal (Eds.), Solute Transport in Plant Cells and Tissues. John Wiley, New York.
9. Flowers, T. J. 1990. Salt in the rice? *Biological Science Review* 2: 27-30.
10. Flowers, T. J. and A. R. Yeo. 1988. Salinity and rice: A physiological approach to breeding for resistance. In: Proc. Intl. Congress of Plant Physiology, New Delhi, India.
11. Freund, J. E. and R. E. Walpole. 1987. Mathematical Statistics. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J.
12. Ghoobadian, A. 1985. Pedology of Arid and Semi Arid Regions. Amidi Press, Tabriz, Iran. (In Farsi).
13. Gholizadeh, S., F. Moradi and I. Nemat. 2010. Study of changes in volume of vacuole in meristem cells at root tip of rice (*Oryza sativa* L.) under saline conditions. *Iranian Journal of Agriculture* 11(4): 342-366.
14. Gregorio, G. B., D. Senadhira and R. Mendoza. 1997. Screening rice for salinity tolerance. IRRI, Dis. Paper No. 22, Los Banos, Phillipine.
15. Gregorgio, G. B. and D. Senadhira. 1993. Genetics analysis of salinity tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) *Theoretical and Applied Genetics* 86: 333-338.
16. Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Science* 9: 463-493.
17. Khani, M., J. Danesian and M. R. Bihamta. 2005. Genetic analysis of yield and some phenologic traits in sunflower lines under normal and drought stress using Line  $\times$  Tester method. *Agriculture Scientific Journal* 28(2): 37-48.
18. Khatun, S., C. A. Rizzo and T. J. Flowers. 1995. Genotype variation in the effects of salinity on fertility in rice. *Plant Soil* 173: 239-250.
19. Kempthorne, O. 1957. An Introduction to Genetic Statistics. John Wiley, New York, 545 p.
20. Kumar, A., N. K. Singh and V. K. Chaudhory. 2004. Line  $\times$  Tester analysis for grain yield and related characters in rice. *Madras Agriculture Journal* 91(4-6): 211-214.
21. Mardani Nejad, S. and M. Vazirpour. 2005. Evaluation of seed vigour, prolin content and Chlorophyll of landrace rice genotypes under salinity stress. *Journal of Novel Agriculture Science* 3(8): 69-80.
22. Mather, K. and J. L. Jinks. 1982. Biometrical Genetics: The Study of Continuous Variation. Chapman and Hall Inc., London.
23. Moeljopawiro, S. and H. Ikehashi. 1981. Inheritance of salt tolerance in rice. *Euphytica* 30: 291-300.
24. Moumeni, A., M. Mohammadian and M. Z. Nori. 2010. Field evaluation of rice genotypes for salinity stress in Mazandarian. *Electronically Journal of Plant Production* 2(2): 129-144.
25. Rashid, M., A. Cheema and A. Ashraf. 2007. Line  $\times$  Tester analysis in basmati rice. *Pakistan Journal of Botany* 39(6): 2035-2042.
26. Pazira, A. 1985. Short opinion on soil salinity and alkaloid problem: Investigation and improvement methods. Water and Soil Institute of Iran, Tehran, Iran.

27. Rahim Soroush, H. and A. Moumeni. 2006. Genetic structure analysis of some agronomic important traits in rice using Line  $\times$  Tester method. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 1: 177-186.
28. Sabouri, H., A. M. Rezai 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.
29. Saeidi Pour, S., F. Moradi, M. Nabipour, and M. Rahimifard. 2006. Salinity effect induced by NaCl on ABA and IAA concentrations and distributions in seedling of two rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Iranian Journal of Agricultural Science* 3: 215-231.
30. Szaboles, I. 1989. Salt-affected Soils. CRC Press, Boca Raton, Florida.
31. Waling, I., W. Van, V. J. G. Houba and I. J. Van der Lee. 1989. Soil and Plant Analysis. Wageningen Agric. Univ., Wageningen, The Netherlands.
32. Yeo, A. R., M. E. Yeo, S. A. Flowers and T. J. Flowers. 1990. Screening of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes for physiological characters contributing to salinity resistance, and their relationship to overall performance. *Theoretical and Applied Genetics* 79: 377-384.
33. Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock and K. A. Gomez. 1976. Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. IRRI, Los Baños, Phillipine.

## Investigation of Genetic Control of Traits Related to Salinity Tolerance in Rice Seedling Using Line × Tester Method

H. Sabouri<sup>1\*</sup>, A. Sabouri<sup>2</sup> and S. Navvabpour<sup>3</sup>

(Received : Jan. 24-2011 ; Accepted : Nov. 2-2011)

### Abstract

After wheat, rice is the second most important cereal grown in Iran that improvement of its economical characteristics always has important role in the rice breeding programs. In order to estimate the genetic parameters and identify salt-tolerant varieties and hybrids in seedling stage, seven female parents (Shah-pasand, Gharib, Tarom Mahalli, Ahlami Tarom, Hashemi and Dom Sepid) and four male parents (Khazar, Sepidroud, Dorfak and IR28) were crossed in a Line × tester mating design and their progenies were evaluated for traits related to salinity tolerance in Physiology Laboratory of Gonbad Kavous University. These traits include genetic code, chlorophyll content, root and shoot length, dry weight of root and shoot, sodium and potassium percentage in roots and shoots, ratio of sodium to potassium in roots and shoots and the percentage of seedlings' stand. The results showed both additive and non-additive effects are involved in seedlings' traits under salinity condition but non-additive effects play more important role in the genetic control of the traits. In this study, it was found that varieties of Hashemi (-0.101), Gharib (-0.284), Tarom Mahalli (-0.326), Sepidroud (-0.562) and Dorfak (-0.164) which possess good general combining ability are suitable for transferring more desirable genetic code and the higher percentage of seedlings stand and could be used in breeding programs to reduce the genetic code and increase the seedlings' stand under salinity stress. In addition, investigation of specific combining ability for morphological and physiological characteristics showed that among the 28 crosses, three hybrids of Sepidroud×Ahlami Tarom, Dorfak×Hashemi and Dorfak×Sepidroud could be suitable for the breeding programs of salinity tolerance in seedling stage.

**Keywords:** Cold stress, Grain yield, Ion leakage, Growth type.

---

1. Assis. Prof. of Plant Prod., College of Agric. and Natur. Resour., Gonbad High Education Center, Gonbad, Iran.

2. Assis. Prof. of Agron. and Plant Breed., College of Agric., Univ. of Guilan, Rasht, Iran.

3. Assis. Prof. of Plant Breed., College of Agron., Gorgan Agric. and Natur. Resour. Univ., Gorgan, Iran.

\*: Corresponding Author, Email: hos.sabouri@gmail.com