

تجزیه ژنتیکی تحمل تنش شوری در تعدادی از ژنوتیپ‌های برنج ایران Genetic analysis of salt tolerance in Iranian selected rice genotypes

علی مؤمنی^۱ و حسن شکری واحد^۲

چکیده

مؤمنی، ع. و ح. شکری واحد. ۱۳۹۲. تجزیه ژنتیکی تحمل تنش شوری در تعدادی از ژنوتیپ‌های برنج ایران. مجله علوم زراعی ایران. ۱۵(۲): ۹۰-۱۰۶.

اطلاع از نحوه توارث تحمل تنش شوری در ارقام مختلف برنج از جمله ضرورت‌های برنامه‌های اصلاحی برنج در ایران می‌باشد. از این رو تحمل تنش شوری در شش ژنوتیپ برنج طارم محلی، غریب، شاه‌پسند، درفک، سپیدرود و IR28 با واکنش مختلف نسبت به تنش شوری در قالب طرح دی‌آلل کامل در مراحل رویشی و زایشی در طی سال‌های ۸۷-۱۳۸۵ در موسسه تحقیقات برنج کشور - رشت مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان شوری اعمال شده در دو مرحله به ترتیب ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. تجزیه واریانس صفات حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار برای شاخص تحمل شوری، وزن ماده خشک، محتوای سدیوم، تعداد دانه در خوشه، ارتفاع بوته و روز تا ۵۰ درصد گلدهی بود. ترکیب‌پذیری عمومی (GCA)، خصوصی (SCA) و اثرات سیتوپلاسمی برای شاخص تحمل شوری، وزن ماده خشک، محتوای سدیوم، ارتفاع بوته و روز تا ۵۰ درصد گلدهی معنی‌دار بود که حاکی از اهمیت واریانس‌های ژنتیکی افزایشی، غیرافزایشی و اثرات سیتوپلاسمی (مادری) در کنترل این صفات بود. رقم طارم دارای بالاترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی برای صفات شاخص تحمل شوری، کمترین محتوای سدیوم و کوتاه‌ترین دوره تا ۵۰ درصد گلدهی بود و رقم شاه‌پسند دارای بالاترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی برای شاخص تحمل شوری بعد از طارم بود، ولی از ترکیب‌پذیری عمومی بالایی برای محتوای سدیوم برخوردار بود. برآورد پارامترهای ژنتیکی نشان‌دهنده اهمیت هر دو اثر افزایشی و غیر افزایشی و نیز اثرات مادری بود. میزان وراثت‌پذیری خصوصی صفات مورد مطالعه نیز حدود ۲۵ تا ۷۵ درصد بود. براساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که سازوکار تحمل نسبی شوری در رقم طارم به عدم جذب یون سدیوم توسط گیاه و در رقم شاه‌پسند به ذخیره‌سازی یون سدیوم جذب شده در واکوئل‌های ذخیره‌ای مربوط است.

واژه‌های کلیدی: ایران، برنج، تنش شوری، توارث و دی‌آلل.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۲۳ این مقاله مستخرج از پروژه خاص شماره ۸۵۰۱۰-۰۰۰۰-۱۱-۰۰۰۰-۱۳-۰۱۲-۲ مصوب موسسه تحقیقات برنج کشور می‌باشد

۱- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: amoumeni@areo.ir)

۲- مربی پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی خانواده غلات می‌باشد که دارای حساسیت نسبتاً بالایی در مقابل تنش شوری آب و خاک است (Akber *et al.*, 1972; Mass and Haffman, 1977). در قاره آسیا، پس از کشورهای آسیای میانه، چین، هندوستان و پاکستان بیشترین گسترش سطح خاک‌های متأثر از شوری و قلیائیت در ایران وجود دارد و از کل ۱۶۵ میلیون هکتار سطح کشور ایران، حدود ۲۳/۵ میلیون هکتار، معادل ۱۴/۲ درصد کل سطح کشور، به درجات متفاوت با مسائل شوری، سدیمی و ماندابی روبرو هستند (Pazira, 1986). معمولاً راهکارهای متعددی از قبیل اصلاح اراضی، آبیاری و زه‌کشی جهت کاهش شوری خاک اعمال می‌گردد، معه‌ذا همه این روش‌ها اغلب اقتصادی یا عملی نمی‌باشند. بنابراین راهکارهای دیگری مانند اصلاح واریته‌هایی با تحمل بالا در مقابل شوری بایستی مورد توجه قرار گیرد. فقدان تنوع ژنتیکی و یا شناخت ساختار ژنتیکی و توارث مانع اصلی در جهت اصلاح برای تحمل تنش شوری می‌باشد. انجام تلاقی‌های دی‌آلل در ایجاد جمعیت و همچنین شناخت این گونه ساختارها کمک شایانی می‌نماید.

آزمایش‌های مربوط به تحمل شوری در برنج از سالیان قبل شروع شد. در آزمایشی از طریق طرح دی‌آلل ۶×۶ در برنج در هدایت الکتریکی ۱۲ (دسی‌زیمنس بر متر)، اثر افزایشی معنی‌داری برای وزن خشک اندام هوایی گزارش شد و برای عقیمی برنج سه جفت ژن برآورد شدند (Akber *et al.*, 1985). برخی از محققان تحمل شوری را تحت کنترل اثرات افزایشی، غالبیت و فوق‌غالبیت گزارش نمودند (Moeljopawiro and Ikehashi, 1981; Akber *et al.*, 1985). در آزمایشی که توسط گریگوریو و سنادیرا (Gregorio and Senadhira, 1993) در قالب طرح

دی‌آلل ۹×۹ انجام شد، گزارش شد که پایین بودن نسبت سدیم به پتاسیم در اندام‌های هوایی برنج تحت کنترل اثرات افزایشی، غالبیت و فوق‌غالبیت ژن‌ها است و اثرات فوق‌غالبیت برای غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم وجود داشت. والدینی که دارای تحمل شوری متوسط بودند، بهترین ترکیب را برای تولید نتاج متحمل شوری تشکیل دادند. در این آزمایش گزارش شد که در کنترل ژنتیکی جذب سدیم و پتاسیم دو گروه ژن غالب دخالت داشتند (Gregorio and Senadhira, 1993). در آزمایش دیگری در برنج اثر مادری برای عملکرد دانه و وزن هزاردانه معنی‌دار گزارش شد (Singh and Singh, 2000). مطالعه صفات مرتبط با تحمل شوری از قبیل ارتفاع اندام هوایی، کمتر بودن محتوی یون نسبت به یون پتاسیم در اندام هوایی، وزن خشک بالای ریشه و اندام هوایی در گیاهچه‌های برنج نشان داد که برای این دسته از صفات اثرات ژنتیکی افزایشی معنی‌داری وجود داشت، گرچه توارث پذیری آنها کم گزارش شد (Gregorio *et al.*, 2002). در آزمایشی که توسط ساهاری و امیرالاسلام (Saharay and Amirul-Islam, 2008) انجام شد مشخص گردید که اثرات افزایشی ژنتیکی در توارث تحمل شوری مهم بود. ژو و همکاران (Zhou *et al.*, 2010) نیز در مطالعه به روش دی‌آلل ۴×۴ در برنج، وجود اثرات افزایشی، غالبیت و اثر متقابل افزایشی×غالبیت در کنترل صفات مختلف را تحت تنش شوری گزارش نمودند.

براساس تحقیقات انجام شده در زمینه شوری و اصلاح برنج برای تحمل شوری در کشورهای مختلف، ارقام مختلفی از برنج معرفی شده‌اند. در هند نخستین برنج پرمحصول متحمل شوری در سال ۱۹۸۹ با نام CSR10 برای مناطقی با خاک‌های شور و قلیا معرفی شد. سپس ارقام برنج متعدد متحمل به تنش شوری به ترتیب تا CSR21 اصلاح و معرفی شدند و اخیراً نیز واریته‌های برنج متحمل شوری به نام‌های CSR27 و

CSR30 معرفی گردیده‌اند (Singh and Sharma, 2006). مطالعات متعددی در زمینه ارزیابی تحمل تنش شوری ژرم پلاسما برنج ایران و ژرم پلاسما خارجی در شرایط شور در ایران صورت گرفته است (Sabouri *et al.*, 2008; Mohammadi-Nejad *et al.*, 2009; Moumeni *et al.*, 2009)، ولی مطالعه ساختار ژنتیکی و توارث تحمل تنش شوری جهت شروع برنامه اصلاحی برنج تاکنون گزارشی منتشر نشده است. بنابراین این تحقیق به منظور شناخت ساختار ژنتیکی و توارث تحمل تنش شوری در مراحل گیاهچه‌ای و زایشی در تعدادی از ارقام برنج با درجه تحمل متفاوت و توسعه جمعیت‌های اصلاحی مناسب و اصلاح ارقام برنج برای تحمل شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و تهیه تلاقی‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق شامل شش ژنوتیپ نسبتاً متنوع برنج از حیث تحمل تنش شوری شامل طارم محلی، غریب، شاه پسند، درفک، سپیدرود و IR28 بودند که از موسسه تحقیقات برنج در گیلان و مازندران و از موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI) در فیلیپین تهیه شدند. کلیه مراحل اجرای آزمایش‌های مزرعه‌ای و گلخانه در موسسه تحقیقات برنج در رشت انجام گردید. تعدادی از ویژگی‌های مهم این ارقام در جدول یک ارائه شده است. کلیه تلاقی‌های ممکن بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به صورت دی‌آلل کامل در سال ۱۳۸۵ انجام شد. سپس ارزیابی‌ها برای متغیرهای مختلف مرتبط به تحمل تنش شوری در مراحل گیاهچه‌ای (در محلول یوشیدا) و مرحله زایشی بر اساس روش ارائه شده توسط گریگوریو و همکاران (Gregorio *et al.*, 2002) انجام شد.

ارزیابی ژنوتیپ‌ها در مرحله گیاهچه‌ای

کلیه ژنوتیپ‌های برنج مورد آزمایش شامل ۳۶ تلاقی به همراه والدین آنها در آزمایشی با سطح شوری

هشت دسی‌زیمنس بر متر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار در اتاقک رشد ارزیابی شدند. ابتدا بذور جوانه‌دار شدند و سپس به تعداد سه بذر جوانه زده در دمای ۲۷ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد به داخل هر سوراخ و شبکه نایلونی آن انتقال داده شدند. تا سه روز پس از انتقال بذور، از آب مقطر در تشتک‌های رشد استفاده شد، سپس محلول غذایی یوشیدا به تشتک‌ها اضافه شد. تیمار شوری در زمانی که گیاهچه‌ها ۱۴ روزه بودند، اعمال شد. اندازه‌گیری صفات شاخص تحمل شوری، محتوای یون‌های سدیم و پتاسیم (درصد) و میزان ماده خشک گیاهچه‌ها (گرم) یک هفته بعد از اعمال شوری انجام شد. رژیم حرارتی در اتاقک رشد بر روی ۲۵ درجه سانتی‌گراد در روز و ۲۱ درجه سانتی‌گراد در شب و رطوبت ۷۰ درصد تنظیم شد. در هر تشتک دو ردیف ارقام شاهد مقاوم (Pokkali) و حساس (IR29) نیز کشت شدند (داده‌ها نشان داده نشدند). برای اندازه‌گیری محتوای یون‌های سدیم و پتاسیم از روش فلیم فتومتری استفاده گردید.

ارزیابی ژنوتیپ‌های برنج در مرحله زایشی

همه ژنوتیپ‌های برنج مورد استفاده در مرحله آزمایشی گیاهچه‌ای جهت ارزیابی تحمل تنش شوری در مرحله زایشی نیز استفاده شدند. برای کشت ژنوتیپ‌ها از ظرف‌های پلاستیکی استفاده شد. در این روش ابتدا سوراخ‌هایی به ابعاد ۴-۳ میلی‌متر و با فاصله دو سانتی‌متر روی ظروف پلاستیکی ایجاد شدند به صورتی که بالاترین سوراخ‌ها، حداقل سه سانتی‌متر از لبه ظرف فاصله داشته باشند. ظروف با خاک حاوی کود با نسبت ۵۰N، ۲۵P و ۲۵K میلی‌گرم بر کیلوگرم پر شدند. سپس به تعداد ۵-۴ بذر از هر رقم در داخل هر ظرف قرار داده شدند و دو هفته بعد از جوانه‌زنی، گیاهچه‌ها تنک و تعداد سه عدد در هر ظرف برای ادامه آزمایش باقی گذاشته شدند. هنگامی که گیاهچه‌ها ۲۱ روزه شدند، کل آب ظرف‌ها خارج و سپس با آبی

جدول ۱- ویژگی‌های مهم ارقام برنج مورد استفاده در طرح تجزیه ژنتیکی شوری به روش دی آلل ۶×۶

Table 1. Some important characteristics of rice parental lines used in genetic analysis of salinity in a 6×6 diallel

شاخص تحمل شوری													
Salinity													
وزن ماده خشک				tolerance index		منشاء							
وزن دانه در بوته		محتوای یون سدیم		Plant		tolerance index		منشاء		Plant height			
Rice	ژنوتیپ‌های	Grain weight	Na ⁺ content (%)	dry matter (g.plant ⁻¹)	(STI)	Origin	Maturity	طول دوره رویش	Grain lenght	طول دانه	Plant height	ارتفاع بوته	
genotypes	برنج	(g.plant ⁻¹)	Na ⁺ content (%)	dry matter (g.plant ⁻¹)	(STI)	Origin	Maturity	طول دوره رویش	Grain lenght	طول دانه	Plant height	ارتفاع بوته	
Tarom	طارم	0.07	2.41	3.46	4	Iran (L)	Early	زودرس	Long	دانه بلند	Tall	پابلند	
Gharib	غرب	0.14	2.31	4.48	3	Iran (L)	Medium	متوسط رس	Medium	دانه متوسط	Tall	پابلند	
Shahpasand	شاه‌پسند	0.84	2.60	3.85	3	Iran (L)	Medium	متوسط رس	Medium	دانه متوسط	Tall	پابلند	
Dorfak	درفک	0.05	2.30	4.11	4	Iran (I)	Medium	متوسط رس	Long	دانه بلند	Semi-dwarf	نیمه پاکوتاه	
Sepidroud	سپیدرود	0.19	2.21	4.81	5	Iran (I)	Early	زودرس	Long	دانه بلند	Semi-dwarf	نیمه پاکوتاه	
IR28	IR28	0.17	2.23	4.36	6	IRRI	Late	دیررس	Long	دانه بلند	Semi-dwarf	نیمه پاکوتاه	

(L) indicates local and (I) improved genotypes

(L) نشان‌دهنده ژنوتیپ‌های محلی و (I) اصلاح شده می‌باشند

با ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر پر شدند. برای اطمینان از اینکه فقط تنش شوری روی گیاه اعمال شده است، گیاهان در طی آزمایش علیه آفت و بیماری سمپاشی شدند. طرح مورد استفاده در این آزمایش نیز بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار بود و ارزیابی صفات یک ماه پس از اعمال شوری انجام گرفت. ارزیابی‌ها برای ارتفاع بوته؛ قبل از برداشت تا انتهای خوشه و بدون در نظر گرفتن ریشک، روز تا ۵۰ درصد گلدهی؛ به صورت مشاهده‌ای و تا ظهور ۵۰ درصد خوشه‌ها از ساقه‌های اصلی برای هر ژنوتیپ، قابلیت پنجه‌زنی؛ تعداد پنجه بارور قبل از برداشت، درصد زنده مانی بوته‌ها؛ تعداد بوته‌های زنده مانده هر ژنوتیپ به کل بوته‌های مربوط در هر تکرار، شاخص تحمل شوری؛ به صورت کد ۱= بسیار مقاوم؛ رشد طبیعی و بدون علائم برگ‌گی، کد ۳= مقاوم؛ رشد تقریباً طبیعی، برگ‌ها در نوک سفید شده و تعداد کمی از برگ‌ها سفید و لوله شده، کد ۵= نسبتاً مقاوم؛ رشد به تاخیر افتاده، برگ‌ها لوله شده، کد ۷= حساس؛ توقف رشد، قسمت عمده برگ‌ها خشک و یا گیاهان از بین رفتند، کد ۹= بسیار حساس؛ همه گیاهان خشک شدند. میزان باروری؛ به صورت درصد دانه‌های پر از کل خوشه‌ها در هر خوشه و پس از برداشت محاسبه شد، عملکرد دانه تک بوته؛ به صورت وزن دانه‌های تمام خوشه‌های هر کپه پس از برداشت با میزان رطوبت ۱۴ درصد اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل آماری و ژنتیکی صفات

میانگین داده‌های حاصل از ارزیابی صفات بجز شاخص تحمل شوری در هر ژنوتیپ/ تکرار با استفاده از نرم‌افزار SAS9.0 مورد استفاده قرار گرفتند و برای آزمون معنی‌داری شاخص تحمل شوری از روش bootstrapping در محیط SAS9.0 و PROC Multtest استفاده شد. مقادیر ترکیب‌پذیری و سایر پارامترهای ژنتیکی مورد برآورد روی میانگین داده‌های هر تکرار و براساس روش یک مدل مختلط B گریفینگ

نتایج

تجزیه واریانس ساده صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های والدینی که در شرایط تنش شوری ارزیابی شده بودند، در جدول دو ارائه شده است. نتایج نشان داد که ارقام والدینی از حیث تعدادی از صفات مورد مطالعه از جمله دانه در خوشه، ارتفاع بوته، وزن ماده خشک، روز تا ۵۰ درصد گلدهی و محتوای سدیم در دو مرحله گیاهچه‌ای و زایشی دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد بودند در حالی که برای صفات محتوای پتاسیم، نسبت سدیم/ پتاسیم، تعداد پنجه بارور و وزن دانه تفاوت بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه معنی‌دار نبود (نتایج نشان داده نشده‌اند)، بنابراین تنها تفکیک واریانس دورگ‌ها به دو بخش ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای صفات معنی‌دار امکان‌پذیر شد. واکنش ژنوتیپ‌ها برای صفت شاخص تحمل شوری نیز به صورت متحمل (۳-۱)، نیمه متحمل (۵-۴) و حساس (۷-۶) مشاهده شد. مقادیر R^2 که میزان تبیین صفات توسط مدل برازش شده را نشان می‌دهد، در دامنه قابل قبول ۸۱ درصد برای وزن ماده خشک تا حد مطلوب ۹۹ درصد برای روز تا ۵۰ درصد گلدهی متغیر بود.

تجزیه واریانس ترکیب‌پذیری‌های ارقام برنج مورد مطالعه برای صفات شاخص تحمل شوری، دانه در خوشه، ارتفاع بوته، وزن ماده خشک، روز تا ۵۰ درصد گلدهی و محتوای سدیم براساس روش یک و مدل مخلوط B (ژنوتیپ‌ها ثابت و تکرارها تصادفی) از روش پیشنهادی گریفینگ (Griffing, 1956) در جدول ۳

جدول ۲ - تجزیه واریانس صفات گیاهی مرتبط با اثر شوری در ارقام والدینی برنج مورد استفاده در طرح دی آلل ۶×۶

Table 2. Analysis of variance for plant characteristics related to salinity effect in rice parental lines used in a 6×6 diallel experiment

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات صفات (MS)					
			وزن دانه در بوته Grain weight.plant ⁻¹	محتوای سدیم Na ⁺ content	وزن ماده خشک Plant dry matter	شاخص تحمل شوری Salinity tolerance index	روز تا ۵۰ درصد گلدهی Days to 50% flowering	ارتفاع بوته Plant height
Replication	تکرار	1	0.001	0.003	0.81	-	2.08*	0.75
Genotype	ژنوتیپ	5	0.003	0.96*	0.07*	0.033*	11.68**	25.88*
Error	خطای آزمایشی	5	0.001	0.05	0.11	-	0.08	1.75
CV	ضریب تغییرات		4.70	4.56	7.79	-	0.32	1.38
R ²	ضریب برازش		0.69	0.95	0.81	-	0.99	0.94

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد، † آزمون معنی داری به روش Bootstrapping

* and **: significant at 5% and 1% probability levels, Significant test using Bootstrapping†

جدول ۳ - تجزیه ترکیب پذیری ها و واریانس ژنتیکی صفات گیاهی ژنوتیپ های برنج به روش گریفینگ (۱۹۵۶) در طرح دی آلل ۶×۶

Table 3. Analysis of combining abilities and genetic variance of plant characteristics of rice genotypes based on Griffing (1956) in a 6×6 diallel experiment

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات صفات (Mean square of traits)					
			محتوای سدیم Na ⁺ content	وزن ماده خشک Plant dry matter	شاخص تحمل شوری Salinity tolerance index	تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی Days to 50% flowering	تعداد دانه در خوشه Grain.panicle ⁻¹	ارتفاع بوته Plant height
Replication	تکرار	1	0.02*	0.03	0.056	7.35**	0.11*	19.01**
Crosses	تلاقی ها	35	0.04**	0.04**	0.203**	13.51**	1.19**	43.88**
GCA	ترکیب پذیری عمومی	5	0.06**	0.06**	0.378**	32.34**	4.39**	151.09**
SCA	ترکیب پذیری خصوصی	15	0.03**	0.03**	0.148*	7.87**	0.49**	21.86**
REC	تلاقی های متقابل	15	0.05**	0.05**	0.200*	12.87**	0.84**	30.17**
Error	خطای آزمایشی	35	0.003	0.003	0.056	0.29	0.02	1.01
GCA/SCA	نسبت ترکیب پذیری عمومی/خصوصی		2.26	2.26	2.54	4.11	8.95	6.91
Mean	میانگین		13.7	13.70	3.11	31.1	26.8	118.5
R ²	ضریب برازش		0.93	0.83	0.79	0.98	0.98	0.98

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد، SCA ، GCA ، REC به ترتیب میانگین مربعات ترکیب پذیری عمومی، خصوصی و اثرات تلاقی های متقابل

* and **: significant at 5% and 1% probability levels, GCA and SCA: mean square of general and specific combining ability, respectively; and REC: reciprocal effects

جدول ۴- برآورد ترکیب پذیری‌های عمومی ژنوتیپ‌های برنج برای صفات گیاهی مورد مطالعه به روش گریفینگ (۱۹۵۶) در طرح دی‌آلل ۶×۶

Table 4. Estimation of general combining ability of rice genotypes for plant characteristics based on Griffing (1956) in a 6×6 diallel experiment

		صفات (Traits)					
Rice genotypes	ژنوتیپ‌های برنج	محتوای سدیم Na ⁺ content	وزن ماده خشک Plant dry matter	شاخص تحمل شوری Salinity tolerance index	روز تا ۵۰ درصد گلدهی Days to 50% flowering	دانه در خوشه Grain.panicle ⁻¹	ارتفاع بوته Plant height
Tarom	طارم	-0.009(5) [†]	-0.16(6)	0.22(1)	-1.15(5)	-0.31(5)	-1.89(5)
Gharib	غریب	-0.004(3)	0.09(2)	-0.11(4)	-1.15(5)	-0.29(4)	-1.56(4)
Shahpasand	شاه‌پسند	0.09(1)	-0.15(5)	0.06(2)	0.10(3)	0.07(3)	0.07(3)
Dorfak	درفک	-0.005(2)	-0.01(4)	-0.11(4)	-0.40(4)	-0.41(6)	-2.22(6)
Sepidroud	سپیدرود	-0.008(4)	0.06(3)	-0.03(3)	0.81(2)	0.23(2)	1.24(2)
IR28	IR28	-0.06(6)	0.18(1)	-0.03(3)	1.81(1)	0.71(1)	4.36(1)
SEg(i)		0.01	0.05	0.04	0.10	0.03	0.19
SE[g(i)-g(j)]		0.02	0.07	0.07	0.16	0.04	0.29

[†] اعداد داخل پرانتز رتبه ارقام در رابطه با قابلیت ترکیب پذیری عمومی می باشند، SEg(i): برآورد خطای استاندارد ژنوتیپ i ام، و SE[g(i)-g(j)] برآورد خطای تفاوت ژنوتیپ‌ام از ام می باشند

[†] Figure inside the paranthesis () indicates rank of genotypes for general combinig ability; SEg(i): Estimtion of standard error of ith genotype, and SE[g(i)-g(j)]: Estimation of standard error of difference of ith genotype from jth genotype

جدول ۵- برآورد ترکیب پذیری های خصوصی ترکیب های مختلف ژنوتیپ های برنج برای صفات مورد مطالعه به روش گریفینگ (۱۹۵۶) در طرح دی آلل ۶×۶

Table 5. Estimation of specific combining ability of rice genotypes crosses for plant characteristics based on Griffing (1956) in a 6×6 diallel experiment

Crosses	تلاقی ها	Plant characteristics					
		محتوای سدیم Na ⁺ content	وزن ماده خشک Plant dry matter	شاخص تحمل شوری Salinity tolerance index	روز تا ۵۰ درصد گلدهی Days to 50% flowering	دانه در خوشه Grain.panicle ⁻¹	ارتفاع بوته Plant height
Gharib/Tarom	طارم/غریب	-0.10	0.26	-0.22	0.15	-0.12	-0.90
Shahpasan/Tarom	شاه پسند/طارم	0.01	-0.15	0.11	0.90	0.15	0.22
Dorfak/Tarom	طارم/درفک	-0.09	0.35	-0.22	-0.60	0.05	1.01
Sepidroud/Tarom	طارم/سپیدرود	-0.03	0.17	-0.31	0.16	0.08	0.06
IR28/Tarom	طارم/IR28	0.11	-0.17	0.19	0.19	0.22	1.68
Shahpasand/Gharib	شاه پسند/غریب	0.03	-0.07	-0.06	0.65	0.08	0.39
Dorfak/Gharib	درفک/غریب	0.08	-0.19	0.11	-1.09	-0.26	-1.32
Sepidroud/Gharib	غریب/سپیدرود	-0.04	-0.04	0.03	1.19	0.17	-1.53
IR28/Gharib	غریب/IR28	0.06	-0.02	0.03	0.44	0.15	1.59
Dorfak/Shahpasand	شاه پسند/غریب	-0.05	0.03	-0.06	-1.35	-0.08	-0.69
Sepidroud/Shahpasand	شاه پسند/طارم	0.08	-0.35	0.36	1.44	-0.16	-0.90
IR28/Shahpasand	شاه پسند/IR28	-0.13	0.63	-0.14	-0.31	0.15	1.47
Sepidroud/Dorfak	درفک/سپیدرود	0.10	-0.05	0.03	2.44	0.24	0.89
IR28/Dorfak	درفک/IR28	-0.03	-0.02	0.03	0.94	0.49	3.01
IR28/Sepidroud	سپیدرود/IR28	-0.03	-0.18	-0.06	-0.51	0.32	1.81
SE[s(i, i)]		0.03	0.14	0.14	0.32	0.09	0.59
SE[s(i, j)]		0.02	0.10	0.10	0.23	0.06	0.43
SE[s(i, i)-s(j, j)]		0.04	0.20	0.19	0.44	0.12	0.82
SE[s(i, i)-s(i, j)]		0.04	0.20	0.19	0.44	0.12	0.82
SE[s(i, i)-s(j, k)]		0.04	0.17	0.17	0.38	0.11	0.71
SE[s(i, j)-s(i, k)]		0.03	0.16	0.15	0.35	0.09	0.65
SE[s(i, j)-s(k, l)]		0.03	0.14	0.14	0.31	0.09	0.58

SE is related to estimation of Standard Errors in different combinations

SE برآورد خطای استاندارد در حالت های مختلف می باشد

نشان داده شده است. نتایج نشان داد که برای کلیه صفات مورد اشاره، ترکیب پذیری های عمومی (GCA) و خصوصی (SCA) آنها و اثر تلاقی های متقابل (REC) در سطح احتمال یک درصد معنی دار بودند و تنها برای صفت شاخص تحمل شوری میزان SCA و REC در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. نسبت میانگین مربعات ترکیب پذیری عمومی به خصوصی صفات $[MS_{(gca)}/MS_{(sca)}]$ ، که به عنوان شاخصی از سهم واریانس های ژنتیکی افزایشی و غیرافزایشی از واریانس ژنتیکی کل در کنترل صفات می باشد، از ۱/۴۷ برای صفت مقدار وزن ماده خشک تا ۸/۹۵ برای صفت دانه در خوشه متغیر بودند. بنابراین با توجه به نتایج حاصل سهم واریانس ژنتیکی افزایشی در کنترل این دسته از صفات برتر از نوع غیرافزایشی آن بود (جدول ۳).

نتایج حاصل از برآورد ترکیب پذیری های عمومی ارقام برای صفات (جدول ۴) نشان داد که ارقام والدینی برای اغلب صفات دارای ترکیب پذیری عمومی معنی داری در جهت مثبت و یا منفی بودند. ارقام طارم و شاه پسند به ترتیب بالاترین میزان ترکیب عمومی برای شاخص تحمل شوری و محتوای سدیوم را دارا بودند، در حالی که رقم IR28 بالاترین میزان ترکیب پذیری را جهت افزایش میزان ماده خشک، ارتفاع بوته، روز تا ۵۰ درصد گلدهی و دانه در خوشه داشت و ارقام سپیدرود و درفک از این حیث در مرتبه دوم قرار داشتند. در این آزمایش رقم شاه پسند از حیث قابلیت ترکیب برای صفات مورد اشاره در حد متوسطی قرار داشت.

تجزیه ترکیب پذیری خصوصی ارقام برنج مورد مطالعه در ترکیب با یکدیگر در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج حاکی از وجود تنوع بالا در ترکیب پذیری خصوصی ترکیبات مختلف حاصل از تلاقی ژنوتیپ های مورد مطالعه بود. برای صفت شاخص تحمل شوری، تلاقی سپیدرود × شاه پسند دارای بالاترین میزان SCA در جهت افزایش شاخص تحمل شوری

بود، در حالی که تلاقی سپیدرود × طارم محلی بالاترین میزان SCA در جهت منفی و کاهش میزان تحمل شوری بود. برای صفت میزان ماده خشک تلاقی های IR28 × شاه پسند و درفک × طارم محلی بیشترین میزان SCA و در جهت مثبت داشتند ولی میزان SCA برای تلاقی سپیدرود × شاه پسند بالاترین میزان در جهت منفی بود. برای صفات دیگر از جمله محتوای سدیوم بالاترین میزان SCA مربوط به تلاقی های سپیدرود × شاه پسند و سپیدرود × غریب بود، تلاقی های IR28 × درفک، سپیدرود × درفک و IR28 × درفک بالاترین میزان ترکیب پذیری خصوصی را به ترتیب برای تعدادی از صفات زراعی مهم شامل ارتفاع بوته، روز تا ۵۰ درصد گلدهی، دانه در خوشه دارا بودند، در حالی که تلاقی های IR28 × غریب، درفک × شاه پسند و درفک × غریب بالاترین میزان منفی SCA را در این مطالعه نشان دادند.

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس اثرات تلاقی های معکوس در جدول ۶ ارائه شده است. این اثر برای کلیه شش صفت مورد بررسی در سطح یک درصد معنی دار بود. در این دسته از صفات، عوامل ژنتیکی خارج از هسته در بروز آنها نقش دارند. نتایج نشان داد که برای صفت وزن ماده خشک میزان اثر معکوس برای تلاقی های سپیدرود × شاه پسند و شاه پسند × طارم محلی؛ و صفت میزان جذب سدیوم در تلاقی طارم محلی × IR28 بالا و در جهت مثبت بوده است در حالی که در تلاقی شاه پسند × طارم محلی این اثر در جهت منفی و در جهت کاهش میزان جذب سدیوم بود. برای صفات ارتفاع بوته، روز تا ۵۰ درصد گلدهی و تعداد دانه نیز اثرات قابل توجهی از وجود اثر معکوس در جهت مثبت به ترتیب در تلاقی های درفک × طارم محلی، درفک × طارم محلی و درفک × شاه پسند مشاهده شد، در حالی که تلاقی های IR28 × درفک و IR28 × غریب برای ارتفاع بوته، سپیدرود × درفک و درفک × طارم محلی برای روز تا ۵۰ درصد گلدهی؛ و

جدول ۶- برآورد اثرات متقابل تلاقی معکوس در ترکیب‌های ژنوتیپ‌های برنج برای صفات گیاهی مورد مطالعه به روش گریفینگ (۱۹۵۶) در طرح دی‌آلل ۶×۶

Table 6. Estimation of reciprocal effect of rice genotypes crosses for plant characteristics based on Griffing (1956) in a 6×6 diallel experiment

Crosses	تلاقی‌ها	صفات گیاهی Plant characteristics					
		محتوای سدیم Na ⁺ content	وزن ماده خشک Dry matter	شاخص تحمل شوری Salinity tolerance index	روز تا ۵۰ درصد گلدهی Days to 50% flowering	دانه در خوشه Grain.panicle ⁻¹	ارتفاع بوته Plant height
Gharib/Tarom	طارم/غریب	-0.06	-0.24	0.0	1.00	0.28	1.50
Shahpasand/Tarom	شاهپسند/طارم	-0.17	0.32	-0.5	-0.50	-0.17	-0.25
Dorfak/Tarom	طارم/درفک	-0.03	-0.17	0.0	2.00	0.32	2.75
Sepidroud/Tarom	طارم/سپیدرود	0.02	-0.12	0.0	-3.00	-0.17	-0.75
IR28/Tarom	طارم/IR28	0.23	-0.56	0.5	1.00	-0.45	-3.00
Shahpasand/Gharib	شاهپسند/غریب	-0.01	-0.03	0.0	-2.25	-0.53	-2.25
Dorfak/Gharib	درفک/غریب	0.09	-0.04	0.0	-0.50	-0.30	-0.25
Sepidroud/Gharib	غریب/سپیدرود	0.08	-0.16	0.0	-2.50	-0.32	-2.00
IR28/Gharib	غریب/IR28	0.11	0.16	0.0	-0.75	-0.74	-4.75
Dorfak/Shahpasand	شاهپسند/غریب	0.15	-0.09	0.0	0.50	0.34	2.00
Sepidroud/Shahpasand	شاهپسند/طارم	-0.12	0.36	-0.5	0.50	0.32	2.25
IR28/Shahpasand	شاهپسند/IR28	0.03	0.26	0.0	0.75	0.25	-2.75
Sepidroud/Dorfak	درفک/سپیدرود	-0.03	-0.07	0.0	-3.00	-0.61	-2.75
IR28/Dorfak	درفک/IR28	-0.001	-0.28	0.0	-0.50	-0.95	-5.50
IR28/Sepidroud	سپیدرود/IR28	0.16	-0.15	0.0	-3.25	-0.32	-2.75

جدول ۷ - تجزیه واریانس دی آلل برای صفات گیاهی مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های برنج به روش هیمن (۱۹۵۴)

Table 7. Analysis of variance of diallel for plant characteristics of rice genotypes based on Hayman (1954)

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	محتوای سدیم Na ⁺ content	وزن ماده خشک Dry matter	شاخص تحمل شوری Salinity tolerance index	روز تا ۵۰ درصد گلدهی Days to 50% flowering	دانه در خوشه Grain.panicle ⁻¹	ارتفاع بوته Plant height
Replication	تکرار	1	0.39*	0.03	0.10	7.38**	3.56**	18.91**
Additive effect (a)	اثر افزایشی	5	1.24**	0.44**	0.30**	32.33**	166.33**	151.10**
Dominance effect (b)	اثر غالبیت	15	0.60**	0.30**	0.10	7.88**	21.16**	21.86**
Directional dominance effect (b1)	اثر غالبیت جهت‌دار	1	0.08	0.06	0.30	35.47**	84.10**	73.80**
Gene distribution among the Parents (b2)	توزیع ژن‌ها در والدین	5	0.38**	0.28**	0.20	7.78**	39.47**	46.19**
Effects of specific genes (b3)	اثرات مخصوص ژنی	9	0.77**	0.33**	0.10	4.87**	3.99**	2.57*
Maternal effect (c)	اثرات مادری	5	1.55**	0.14	0.10	17.18**	105.33**	86.13**
Reciprocal effect (d)	اثر تلاقی معکوس	10	0.85**	0.29**	0.20*	10.71**	4.88**	2.18*
Error	خطا	35	0.06	0.06	0.10	0.29**	0.84**	1.01
Total	کل	41						

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۸ - برآورد پارامترهای ژنتیکی برای صفات گیاهی ژنوتیپ‌های برنج تحت تنش شوری در برنج به روش دی آلل

Table 8. Estimation of genetic parameters for plant characteristics of rice genotypes under salinity stress in rice genotypes through diallel

پارامترهای ژنتیکی Genetic Parameters	محتوای سدیم Na ⁺ content	وزن ماده خشک Dry matter	شاخص تحمل شوری Salinity tolerance index	روز تا ۵۰ درصد گلدهی Days to 50% flowering	دانه در خوشه Grain.panicle ⁻¹	ارتفاع بوته Plant height
D	0.45±0.11	0.20±0.07	0.13±0.09	5.70±0.82	8.45±1.73	12.43±2.25
H1	0.64±0.13	0.31±0.10	0.10±0.11	10.08±1.09	33.19±3.75	35.91±4.39
H2	0.54±0.10	0.24±0.07	0.07±0.07	7.59±0.76	20.34±2.25	20.87±2.53
F	0.36±0.14	0.21±0.10	0.13±0.11	2.85±0.99	-6.24±2.37	2.48±3.29
(D/H1) ^{0.5}	1.19±0.14	1.25±0.22	0.86±0.40	1.33±0.10	1.98±0.24	1.70±0.18
kd/(kd+kr)	0.67±0.03	0.71±0.05	0.78±0.10	0.59±0.02	0.41±0.04	0.53±0.04
h ² /H2	0.01±0.09	0.009±0.17	1.01±1.64	1.55±0.23	1.37±0.23	1.16±0.23
h	-0.15±0.13	0.13±0.13	-0.28±0.15	3.14±0.28	4.83±0.49	4.53±0.52
H2/4H1	0.21	0.19	0.16	0.19	0.15	0.15
h ² bs	0.88±0.03	0.75±0.06	0.46±0.13	0.97±0.01	0.98±0.01	0.97±0.01
h ² ns	0.37±0.06	0.26±0.08	0.25±0.10	0.57±0.03	0.72±0.02	0.69±0.03
E	0.03±0.01	0.03±0.01	0.04±0.01	0.15±0.04	0.42±0.10	0.51±0.12

D: واریانس افزایشی، H1: واریانس غالبیت، H2: فرم دیگر واریانس غیرافزایشی، F: میانگین کوواریانس افزایشی و غالبیت، (D/H1)^{0.5}: درجه غالبیت، Kd/(kd+kr): نسبت ژن‌های غالب، h²/H2: تعداد فاکتورهای موثر، h: متوسط جهت غالبیت، H2/4H1: نسبت ژن‌های با اثر مثبت و منفی، h²bs: وراثت پذیری عمومی، h²ns: وراثت پذیری خصوصی و E: اثر محیطی می‌باشند
D: additive variance, H1: Dominance variance, H2: dominance variance, F: product of add. by dom., (D/H1)^{0.5}: average degree of dominance, Kd/(kd+kr): proportion of dominant genes, h²/H2: number of effective factors, h: average direction of dominance, H2/4H1: proportion of positive and negative genes, h²bs: heritability in broad sense, h²ns: heritability in narrow sense, E: environmental effect

IR28× درفک برای تعداد دانه در بوته اثرات معکوس در جهت منفی مشاهده شد.

تجزیه واریانس دی آلل صفات مورد مطالعه براساس روش هیمن (Hayman, 1954) در جدول ۷ ارائه شده است. نتایج حاکی از آن بود که اجزای a و b که به ترتیب بیانگر معنی دار شدن ترکیب پذیری عمومی و خصوصی هستند (Roy, 2000) برای همه صفات بجز شاخص تحمل شوری معنی دار شدند. جزء b1 که بیانگر وجود غالبیت جهت دار در مکان های ژنی کنترل کننده صفات می باشد، برای صفات ارتفاع بوته، روزهای تا ۵۰ درصد گلدهی و دانه در خوشه معنی دار شد. جزء b2، که نشان دهنده عدم تقارن ژن های کنترل کننده در صفات مورد مطالعه در ارقام مورد مطالعه بود، و جزء b3، مربوط به باقیمانده اثر غیر افزایشی، برای همه صفات بجز شاخص تحمل شوری معنی دار بود. همچنین اجزای مربوط به اثرات مادری (c) و اثر متقابل خصوصی (d) برای صفات مختلف بجز برای صفت شاخص تحمل شوری و وزن ماده خشک (برای اثر مادری) معنی دار بودند.

برآورد پارامترهای ژنتیکی برای صفات مورد مطالعه در جدول ۸ ارائه شده است. تجزیه واریانس اجزای ژنتیکی نشان داد که واریانس ژنتیکی افزایشی (D) برای همه صفات مورد مطالعه مهم و معنی دار بود. واریانس غالبیت (H1) نیز بجز برای شاخص تحمل شوری برای صفات دیگر معنی دار بود. درجه غالبیت $[(D/H1)^{0.5}]$ برای صفات مختلف بجز شاخص تحمل شوری بالاتر از یک بود. مقدار مولفه F برای همه صفات بجز برای دانه در خوشه، و برآورد نسبت ژن های غالب و مغلوب $[kd/(kd+kr)]$ برای همه صفات مثبت بود. نسبت تقارن آلل های غالب و مغلوب $(H2/4H1)$ برای صفات مختلف از ۰/۱۵ تا ۰/۲۱ متغیر بود و مقادیر نسبت ژنتیکی $(h^2/H2)$ نیز برای صفات شاخص تحمل شوری، ارتفاع بوته، دانه در خوشه و روزتا گلدهی بالاتر از یک بود. میزان وراثت پذیری عمومی (h^2bs) صفات بین

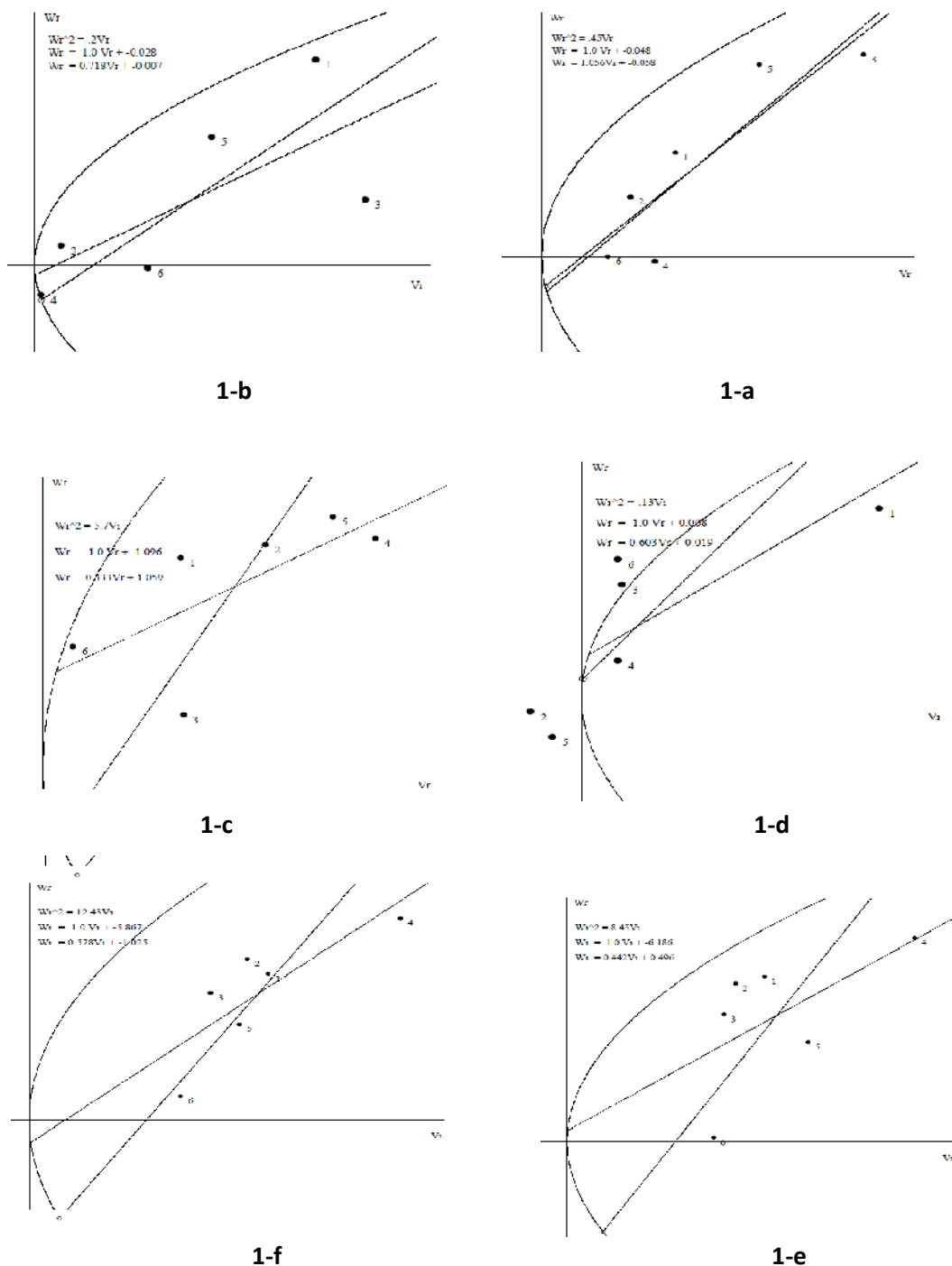
۰/۴۶ برای شاخص تحمل شوری تا ۰/۹۸ برای دانه در خوشه متغیر بود، در حالی که وراثت پذیری خصوصی صفات (h^2ns) بین ۰/۲۵ تا ۰/۷۲ متفاوت بود.

تجزیه و تحلیل گرافیکی Wr بر روی Vr برای صفات مختلف در شکل یک نشان داده شده اند. در این شکل ها وضعیت توزیع ژن های غالب و مغلوب در والدین مختلف و میزان و درجه اثرات ژنی در آنها مشخص شده است.

بحث

آزمایش حاضر توانست اطلاعات مفیدی از ساختار ژنتیکی صفات مرتبط با تحمل شوری در ارقام برنج مورد مطالعه از جمله رقم طارم که در سطح وسیعی کشت می شود، در اختیار قرار دهد. این اطلاعات در رابطه با صفاتی بود که برای آنها تفاوت های معنی داری بین ژنوتیپ های مورد مطالعه در شرایط شوری اعمال شده در آزمایش وجود داشت. از آنجا که به علت وجود تفاوت ذاتی در میزان ماده خشک ژنوتیپ های والدینی که عمدتاً از دو دسته پرپنجه و پابلند می باشند، میزان ماده خشک زیاد نمی تواند دلیل بر تحمل بیشتر به تنش شوری باشد.

معنی دار شدن اجزای مربوط به واریانس های ترکیب پذیری عمومی و خصوصی صفات مورد مطالعه نشان داد که هم اثرات افزایشی و هم اثرات غیر افزایشی ژنتیکی در کنترل این صفات مهم بودند. از آنجا که نسبت میانگین مربعات GCA به SCA اغلب بیش از دو بود، این موارد حاکی از برتری عمل افزایشی ژن ها در توارث این صفات در مقایسه با عمل ژنی غیر افزایشی بود، ضمن آنکه اثرات تلاقی های معکوس که اغلب مربوط به نقش اثرات مادری و عوامل خارج هسته ای موثر بر میزان بروز صفات است نیز در رابطه با این صفات معنی دار بود. در نتیجه می توان اظهار داشت که چنین عواملی در بروز این صفات نقش مهمی داشتند و بنابراین در چگونگی انتخاب و چیدمان تلاقی ها



شکل ۱- رگرسیون W_r بر روی V_r برای صفات گیاهی مورد مطالعه و موقعیت ژنوتیپ‌های والدینی برنج از حیث توزیع و درجه غالبیت ژن‌ها، ۱: طارم، ۲: غریب، ۳: شاه پسند، ۴: درفک، ۵: سپیدرود و ۶: IR28 می‌باشند، و ۱-a: محتوای سدیم، ۱-b: میزان ماده خشک، ۱-c: شاخص تحمل شوری، ۱-d: روز تا گلدهی، ۱-e: دانه در خوشه و ۱-f: ارتفاع بوته می‌باشند

Fig. 1. Regression of W_r to V_r for different traits and performance of rice parental lines for gene distribution and degree of dominance, where: 1:Tarom, 2: Gharib, 3: Shahpasand, 4: Dorfak, 5: Sepidroud, 6: IR28, and 1-a: Na concentration, 1-b: dry matter (DM), 1-c: salinity tolerance index (STI), 1-d: days to flowering, 1-e: number of grain per panicle, and 1-f: plant height

می‌توانند مفید واقع شوند، به طوری که با تغییر نقش ژنوتیپ‌ها به عنوان والد پدری و یا مادری در اصلاح هر چه بهتر برای صفات مورد نظر اقدام نمود (Gregorio and Senadhira, 1993). در این آزمایش همچنین اثرات معنی‌داری را برای واریانس ترکیب‌پذیری عمومی، خصوصی و تلاقی‌های معکوس برای محتوای سدیم و پتاسیم و نسبت آنها گزارش نمودند.

ترکیب‌پذیری عمومی صفات مورد مطالعه در ارقام برنج در این آزمایش نشان داد که ارقام طارم‌محلی و شاه‌پسند بهترین ترکیب‌شونده برای صفات شاخص تحمل شوری و محتوای سدیم بودند. از آنجا که یکی از راهکارهای تحمل شوری و علیرغم جذب بالای محتوای سدیم، سازوکار ذخیره سدیم جذب شده توسط گیاه در واکوئل‌های ذخیره‌ای در سیتوپلاسم سلول می‌باشد (Flowers, 2004)، بنابراین تحمل در این ارقام می‌تواند به جذب و ذخیره بالای سدیم در واکوئل‌های ذخیره‌ای مرتبط باشد. ارقام مورد اشاره می‌توانند در تولید نتاجی با درجه تحمل بالا در مقابل تنش شوری و در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرند. در یک آزمایش اهمیت اثرات واریانس ژنتیکی افزایشی و غیرافزایشی در کنترل صفات تحت تنش شوری در برنج مهم گزارش شد (Geetha et al., 2006). محمود و همکاران (Mahmood et al., 2004) نیز در آزمایش خود به روش دی آلل 8×8 اهمیت هر دو واریانس ژنتیکی افزایشی و غیرافزایشی را در کنترل صفات محتوای سدیم، ماده خشک، ارتفاع بوته، تعداد دانه در خوشه و سایر صفات مورد مطالعه در برنج گزارش نمودند. از میان تلاقی‌های حاصل برای صفات شاخص تحمل شوری، میزان ماده خشک و محتوای سدیم به ترتیب تعداد ۵، ۱۰ و ۸ ترکیب دارای میزان ترکیب‌پذیری خصوصی منفی بودند، بنابراین مشخص می‌شود که در اغلب تلاقی‌ها میزان افزایش مقاومت از طریق ایجاد ترکیب‌هایی با شاخص تحمل شوری مثبت و بالا و کاهش محتوای سدیم صورت گرفته است. هر

چند که اثرات افزایشی ژن‌ها بر نوع غالبیت آنها فزونی داشت. با این حال اثرات بخش غیرافزایشی در تولید ترکیب‌های متحمل‌تر نیز قابل توجه بود (Akber et al., 1985). نتایج حاکی از آن بود که بهترین ترکیب‌شونده برای این دسته از صفات از قبیل طارم‌محلی و شاه‌پسند، تا حدی ترکیب‌هایی با ترکیب‌پذیری خصوصی بالا در تلاقی با ترکیب‌شونده‌های عمومی ضعیف تولید نمودند. از جمله می‌توان به تلاقی‌های سپیدرود $\times$ شاه‌پسند و IR28 $\times$ طارم‌محلی اشاره نمود که برای صفت شاخص تحمل شوری مورد توجه می‌باشند.

وجود اثرات تلاقی‌های معکوس قابل توجه در بعضی از ترکیب‌های حاصل بر این نکته دلالت دارد که بایستی چیدمان والدین در تلاقی‌ها طوری صورت گیرد تا در ایجاد ترکیب‌هایی جهت افزایش یا کاهش در جهت مطلوب آن صفت اثر داشته باشد (Gregorio and Senadhira, 1993). بطور مثال چنانچه طارم‌محلی به عنوان والد مادری انتخاب گردد، سبب افزایش میزان ماده خشک و یا کاهش محتوای سدیم خواهد شد.

تجزیه و تحلیل ژنتیکی به روش هیمین (Hayman, 1954) نیز برای اغلب صفات مورد مطالعه از جمله وزن ماده خشک، محتوای سدیم، دانه در خوشه، ارتفاع بوته و روز تا گلدهی تحت تنش شوری در ارقام مورد استفاده اهمیت اثرات افزایشی و غیرافزایشی ژنی و اثرات مادری را تأیید نمود. از این‌رو برای آن دسته از صفاتی که سهم واریانس ژنتیکی افزایشی برتر بود می‌توان با تثبیت صفت نسبت به اصلاح برای صفات یاد شده از جمله محتوای سدیم که در تحمل تنش شوری مهم است، اقدام نمود. تجزیه پارامترهای ژنتیکی وجود اثر فوق غالبیت ژن‌ها را برای محتوای یون سدیم، میزان ماده خشک، روز تا گلدهی، دانه در خوشه و ارتفاع بوته نشان داد و برای صفات شاخص تحمل شوری، اثر غالبیت ناقص وجود داشت. مقدار مثبت مؤلفه‌های F و $kd/(kd+kr)$ برای صفات

شاخص تحمل شوری بودند. رقم طارم دارای بیشترین آلل‌های مغلوب برای این صفات بود.

نتایج این تحقیق نشان داد که ژنوتیپ‌های برنج دارای ویژگی‌های متفاوتی از حیث تحمل تنش شوری بودند. نتایج آزمایش حاضر علاوه بر آنکه می‌تواند در ادامه برنامه اصلاحی تحمل شوری در ارقام برنج در ایران کمک نماید، بلکه می‌تواند با کمک به انتخاب جمعیت (های) مطلوب و ارزیابی آنها در دو محیط عادی و تنش شوری، امکان ادامه مطالعات در حوزه‌های مولکولی، فیزیولوژی و شناخت سازوکارهای تحمل شوری در برنج را فراهم نماید.

سپاسگزاری

این مقاله بر اساس پروژه خاص شماره ۸۵۰۱۰-۱۱-۰۰۰۰-۱۳-۰۰۰۰-۲-۰۱۲ مصوب موسسه تحقیقات برنج کشور تدوین شده است. اعتبارات هزینه‌ای این پروژه از محل چالش جهانی آب و غذا و در قالب پروژه شماره ۷ از سوی موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI) تأمین شده است.

مختلف بجز تعداد دانه در خوشه نشان داد که در والدین مورد استفاده فراوانی آلل‌های غالب نسبت به مغلوب بیشتر می‌باشد (Leng and Hong, 2004). افزون بر این، برای صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در خوشه، روز تا گلدهی بیش از یک گروه ژنی در کنترل این صفات دخالت داشتند. میزان وراثت پذیری خصوصی صفات مختلف که سهم واریانس افزایشی ژنتیکی را نشان می‌دهد برای صفات مختلف مطلوب بود و از این حیث اصلاح ارقام و انتقال صفات مرتبط به نتاج می‌تواند بخوبی به انجام رسد. نمودار گرافیکی وضعیت ژنوتیپ‌های مختلف در رابطه با صفات مورد مطالعه را مورد تأیید قرار داد و وجود فوق‌غالبیت را در مورد اغلب صفات نشان داد. در این آزمایش هیچ کدام از والدین در محل تقاطع خط رگرسیون و سهمی محدودکننده قرار نداشتند که نشان می‌دهد هیچ کدام از آنها در برگیرنده تمام آلل‌های غالب یا آلل‌های مغلوب نبودند. ارقام غریب و شاه‌پسند که نزدیک‌ترین والدین به مبدأ مختصات بودند، دارای بیشترین و فور آلل‌های غالب برای صفاتی مانند وزن ماده خشک و

References

- Akber, M., G. S. Khush and D. H. R. Lambers. 1985.** Genetics of salt tolerance in rice. In: Rice Genetics. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines, pp 399-409.
- Akber, M., T. Yabuno and S. Nakao. 1972.** Breeding for saline-resistant varieties of rice. 1. Variability for salt tolerance among some rice varieties. Jap. J. Breed. 22: 277-284.
- Burow, M. D. and J. G. Coores. 1993.** Diallel analysis and simulation software (DIALLEL).
- Flowers, T. J. 2004.** Improving crop salt tolerance. J. Exp. Bot. 55:307-319.
- Geetha, S., P. Shanthi, S. Jebaraj and S. E. Naina Mohammed. 2006.** Gene action of sodicity tolerance in rice. Indian J. Crop Sci. 1: 201-202.
- Gregorio, G. B. and D. Senadhira. 1993.** Genetics analysis of salinity tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet. 86: 333-338.
- Gregorio, G. B., D. Senadhira, R. D. Mendoza, N. L. Manigbas, J. P. Roxas and C.Q. Guerta. 2002.** Progress in breeding for salinity tolerance and associated abiotic stresses in rice. Field Crops Res. 79: 91-101.
- Griffing, B. 1956.** A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. Heredity, 10: 31-50.

منابع مورد استفاده

- Hayman, B. I. 1954.** The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, 39: 789-809.
- Maas, E. V. and G. J. Haffman. 1977.** Crop salt tolerance: current assessment. *J. Irrig. Drain. Div.* 103: 115-134.
- Leng, Y. and D. L. Hong. 2004.** Grain quality and genetic analysis of hybrids derived from different ecological types in Japonica rice (*Oryza sativa* L.). *Rice Sci.* 11: 165-170.
- Mahmood, T., M. Turner, F. L. Stoddard and M. A. Javed. 2004.** Genetic analysis of quantitative traits in rice (*Oryza sativa* L.) exposed to salinity. *Aust. J. Agric. Res.* 55: 1173-1181.
- Moeljopawiro, S. and H. Ikehashi. 1981.** Inheritance of salt tolerance in rice. *Euphytica*, 30: 291-300.
- Mohammadi-Nejad, G., A. Arzani, A. M. Rezaie, R. K. Singh, H. Sabouri, M. M. Majidi, M. H. Fotokian, A. Moumeni and G. B. Gregorio. 2009.** Mapping of quantitative genes controlling Na⁺ and K⁺ content in rice under salinity. *J. Agric. Biotech.* 1: 81-101.
- Moumeni, A., M. Mohammadian and M. Z. Nouri. 2009.** Field screening of rice genotypes for salinity tolerance in Mazandaran. *Elect. J. Crop Prod.* 2: 129-144 (In Persian with English abstract).
- Pazira, E. 1986.** A short view on salinity and sodicity of soils in Iran. Final Report. Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran. (In Persian).
- Roy, D. 2000.** Plant Breeding Analysis and Exploitation of Variation. Alpha Science International LTD. 701 pp.
- Sabouri, H., A. Rezaei and A. Moumeni. 2008.** Evaluation of salinity tolerance of Iranian local and improved rice cultivars. *J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.* 12: 47-63 (In Persian with English abstract).
- Saharay, P. K. and M. Amirul-Islam. 2008.** Genetic analysis of salinity tolerance in rice. *Bangladesh J. Agric. Res.* 33: 519-529.
- SAS Institute. 2004.** The SAS System for Windows. Release 9.0. SAS Inst., Cary, NC, USA.
- Singh, S. and M. Singh. 2000.** Genotypic basis of response to salinity stresses in some crosses of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica*, 115: 209-214.
- Singh, K. N. and P. C. Sharma. 2006.** Salt tolerant varieties released for saline and alkaline soils. Annual Report: Central Soil Salinity Research Institute. Karnal, 132001, India.
- Ukai, Y. 2002.** Genetic Analysis of Quantitative Traits. Igaku Shuppan. Tokyo. (In Japanese).
- Zhou, H.K, H. Hayat, L. J. Fang, R. F. Guo, J. M. He and H. M. Xu. 2010.** Analysis of genetic and genotype × environment interaction effects for agronomic traits of rice (*Oryza sativa* L.) in salt tolerance. *Pak. J. Bot.* 42: 3239-3246.

Genetic analysis of salt tolerance in Iranian selected rice genotypes

Moumeni, A.¹ and H. Shokri Vahed²

ABSTRACT

Moumeni, A. and H. Shokri Vahed. 2013. Genetic analysis of salt tolerance in Iranian selected rice genotypes. **Iranian Journal of Crop Sciences. 15(2): 90-106. (In Persian).**

Dissection of genetic architecture of salinity tolerance in different rice cultivars is a prerequisite of a breeding program for salinity stress. Therefore, to dissect genetics of salinity tolerance, 6 diverse rice genotypes such as Tarom mahalli, Gharib, Shahpasand, Dorfak, Sepidroud and IR28 were tested in a full diallel genetic design, 6×6, during 2007-08 at Rice Research Institute of Iran in Rasht, Iran. All cross combinations together with their parentss, totally 36 genotypes, were set in Randomized Complete Block Design with two replications. The plant materials were evaluated for salinity tolerance index, plant dry matter, sodium and potassium concentrations, Na⁺/K⁺ ratio at seedling stage and tiller number, grain weight, filled-grain, plant height and days to 50% flowering at reproductive stage in saline conditions with EC 10 and 12 ds/m, respectively. Analysis of variance for traits of interest among parents showed that they were significantly different for salinity tolerance index, plant dry matter, sodium uptake (%), tiller number, filled-grain.panicl⁻¹, plant height and days to 50% flowering. Therefore, analysis of variance for combining ability was performed for this group of traits. Results of dissection of genetic variance to general, specific and cytoplasmic effects showed that for all these traits those components were highly significant. It's revealed that both additive and non-additive components of genetic variance were important. Estimation of genetic parameters showed that both additive and dominance variances as well as maternal effect were important in controlling of the traits of interest. We also found that broad sense heritability (h²b) was rather high and ranged from 0.25 to 0.75 for different traits. According to results, cultivar Tarom was good combiner for increasing salinity tolerance index, lower sodium concentration and short duration for days to 50% flowering and Shahpasand was the second suitable parent and combiner for salinity tolerance index, but was the best parent for sodium uptake. Therefore, the mechanism of tolerance to salinity could be related to storage of high amount of sodium in the cell vacuoles.

Key words: Diallel, Inheritance, Rice and Salinity stress.

Received: January 2012 Accepted: March 2013

1- Assistant Professor, Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran (Corresponding author) (Email: amoumeni@areo.ir)

2- Researcher, Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran