

تجزیه دای آلل به منظور مطالعه هتروزیس و برآورد پارامترهای ژنتیکی برخی صفات مورفولوژیکی در برنج

Diallel Analysis for Heterosis Study and Estimation of Genetic Parameters for some Morphological Traits in Rice

پیمان شریفی^۱، حمید دهقانی^۲، علی مومنی^۳ و محمد مقدم^۴

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق دکتری اصلاح نباتات و دانشیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۳- استادیار، معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور، آمل

۴- استاد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۷/۲

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۷/۱۵

چکیده

شریفی، پ.، دهقانی، ح.، مومنی، ع.، و مقدم، م. ۱۳۸۹. تجزیه دای آلل به منظور مطالعه هتروزیس و برآورد پارامترهای ژنتیکی برخی صفات مورفولوژیکی در برنج. *مجله به‌نژادی نهال و بذر* ۱-۲۶: ۱۰۴-۷۷.

به منظور بررسی اجزای ژنتیکی، نحوه توارث و همچنین هتروزیس تعدادی از صفات مورفولوژیک، هفت رقم برنج حسنی، دیلمانی، سپیدرود، شاه‌پسند، صالح، ندا و IRFAON-215 و نتاج حاصل از تلاقی دای آلل کامل آن‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در موسسه تحقیقات برنج رشت کاشته شدند. نتایج نشان داد که اثر افزایشی و غیر افزایشی در کنترل ژنتیکی صفات ارتفاع گیاه و طول خروج خوشه از غلاف حایز اهمیت بود، اما سهم اثر افزایشی در کنترل صفات فوق نسبت به جزء غالبیت بیشتر بود. برای شاخص برداشت هم فقط اثر افزایشی معنی‌دار بود. توارث صفت وزن شلتوک تحت تاثیر اثر افزایشی و اثر باقیمانده اثر غیر افزایشی ژن‌ها بود. مقدار F که بیانگر بیشتر بودن آلل‌های غالب در والدین است فقط در مورد صفت وزن شلتوک در هر بوته معنی‌دار بود. میانگین درجه غالبیت نیز نشان‌دهنده غالبیت ناقص ژن‌ها در کنترل صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف و شاخص برداشت بود و برای بقیه صفات فوق غالبیت را نشان داد. بیشترین میزان هتروزیس در عملکرد دانه مشاهده شد. نتایج حاصل از تجزیه گرافیکی نشان داد که افزایش صفات مساحت برگ پرچم، ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف و طول خوشه توسط آلل‌های غالب و اما افزایش شاخص برداشت توسط آلل‌های مغلوب کنترل می‌شود. بالا بودن سهم اثر افزایشی برای وزن شلتوک نشان‌دهنده امکان گزینش برای بهبود صفت مذکور در ارقام مورد مطالعه است.

واژه‌های کلیدی: برنج، صفات فیزیولوژیک، اثر افزایشی و غیر افزایشی، وراثت‌پذیری، تجزیه گرافیکی، غالبیت.

مقدمه

ایران حدود ۵/۸ تن در هکتار و در سطح جهانی ۳/۵۵ تن در هکتار است. با توجه به این که ایران یکی از کشورهای واردکننده برنج است، افزایش عملکرد در برنج به خصوص از طریق تولید ارقام هیبرید و توجه به هتروزیس می‌تواند در نیل به خودکفایی در برنج کمک کند. استفاده از تکنولوژی تولید برنج هیبرید در بسیاری از کشورها از جمله ایران در حال رواج یافتن است. هتروزیس پدیده‌ای است که در آن نسل F_1 نسبت به والدین خود در صفاتی مانند عملکرد، اندازه خوشه، تعداد خوشچه‌ها در خوشه، تعداد پنجه‌های بارور برتری دارد. ویرمانی و همکاران (Virmani *et al.*, 2003b) گزارش کردند که هتروزیس به درجه تنوع و اختلاف بین والدین بستگی دارد و تلاقی‌های ایندیکا × ژاپونیکا حداکثر میزان هتروزیس را در برنج نشان می‌دهند. استفاده از بنیه هیبرید و هتروزیس برای وزن شلتوک در هر بوته و اجزای تشکیل‌دهنده آن توسط بسیاری از محققین از جمله ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 1994)، آلزونا و آرادئو (Alzona and Arraudeau, 1995)، نوروززمان و همکاران (Nuruzzaman *et al.*, 2002)، ویرمانی و همکاران (Virmani *et al.*, 2003a)، آلام و همکاران (Alam *et al.*, 2004) و واجنا و بابو (Vanaja and Babu 2004) مورد بررسی قرار گرفته است.

برنج پس از گندم یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است و تولید آن بخش قابل توجهی از برنامه تأمین غذایی و خودکفایی را در بر دارد و اصلاح صفات اقتصادی یکی از اهداف عمده در برنامه‌های اصلاحی برنج از گذشته تا حال بوده است. برآوردها نشان می‌دهند که در بیش از ۵۰ درصد از جوامع انسانی، برنج به عنوان منبع اصلی تأمین‌کننده مواد غذایی و همچنین به عنوان یکی از منابع پروتئینی است (Brar and Khush, 2002) که نقش منحصر به فردی را در بین غلات به آن داده است. علاوه بر این با توجه به ژنوم نسبتاً کوچک برنج در مقایسه با سایر غلات، به عنوان یک گیاه مدل برای تک‌لپه‌ای‌ها، در بسیاری از مطالعات بیولوژیکی و پایه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Liu *et al.*, 2008).

بر اساس گزارش منتشر شده از سوی سازمان خوار و بار کشاورزی جهان، فائو^۱ (FAO, 2007) سطح زیر کشت برنج در جهان و ایران به ترتیب ۱۵۷ و ۰/۶۳ میلیون هکتار است، که سهم ایران حدود ۰/۴ درصد سطح زیر کشت جهانی است. بر اساس همین گزارش میزان تولید برنج در سال ۲۰۰۷ در جهان و ایران به ترتیب حدود ۶۵۲ و ۳/۵ میلیون تن بوده است، که سهم ایران ۰/۵۴ درصد از تولید جهانی است. این گزارش حاکی از این است که متوسط عملکرد شلتوک در هکتار برای

1. <http://faostat.fao.org/site/567>

و نقش عمل افزایشی و غالبیت را در کنترل صفاتی مانند عملکرد دانه، طول خوشه و وزن صد دانه گزارش کرد. از طرفی آلنسو تورز و ایسایاس (Alonso Torres and Isaias, 2007) نشان دادند که در کنترل ژنتیکی صفات تعداد روز تا گلدهی، ارتفاع گیاه، طول خوشه و عملکرد دانه سهم اثر افزایشی بیشتر از اثر غالبیت بوده است. روش دای آلل ابزار مناسبی جهت به دست آوردن اطلاعات توارثی از قبیل چگونگی توزیع آلل‌ها، میانگین درجه غالبیت، نوع عمل ژن، تعداد گروه‌های ژنی موثر، وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی و همچنین جهت غالبیت است.

تحقیق حاضر به منظور مطالعه صفات مورفولوژیکی و تعیین نوع عمل ژن، تعداد ژن‌های کنترل‌کننده، وراثت‌پذیری و برآورد هتروزیس صفات در ارقام مورد بررسی و نتایج حاصل از تلاقی دای آلل کامل آن‌ها طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در مزرعه آزمایشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی با ارتفاع ۷ متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد و بافت خاک سیلتی رسی با $pH = 6/5$ انجام شد. مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق شامل هفت رقم برنج و بذرهاي تلاقی‌های مستقیم

عملکرد و اغلب صفات مرتبط با آن از قبیل تعداد خوشه، تعداد دانه در خوشه، ارتفاع گیاه، طول خوشه و مساحت برگ پرچم صفات کمی پیچیده‌ای هستند و توسط تعداد زیادی ژن کنترل شده و تحت تاثیر محیط قرار می‌گیرند (Verma and Srivastava, 2004) از این رو شناخت چگونگی توارث و ارزیابی پارامترهای ژنتیکی کنترل‌کننده این صفات در اصلاح آن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. از میان روش‌های مختلف ارزیابی چگونگی عمل ژن‌های کنترل‌کننده صفات در والدین، تجزیه دای آلل به روش هیمن (Hayman, 1954) است. مطالعات متعددی در زمینه چگونگی کنترل صفات مهم مورفولوژیکی در برنج انجام شده است. در این راستا حسینی و همکاران (Hosseini *et al.*, 2005) نقش عمل غیر افزایشی ژن‌ها را در کنترل صفات تعداد روز تا نشاکاری، عملکرد دانه در هر بوته و شاخص برداشت را یادآور شدند، در حالی که برای صفت ارتفاع بوته و زمان نشا تا ۵۰ درصد خوشه‌دهی نقش عمل افزایشی ژن‌ها را گزارش کردند. می‌شرا و سینگ (Mishra and Singh, 1998) و آچاریا و همکاران (Acharya *et al.*, 2000) اهمیت بیشتر واریانس غالبیت را در کنترل ژنتیکی عملکرد دانه، شاخص برداشت و ارتفاع گیاه متذکر شده‌اند. اکرم (Akram, 2004) با استفاده از تجزیه دای آلل به روش هیمن تعدادی از صفات مورفولوژیکی را مورد مطالعه قرار داد

برنامه 98 dial (Ukai, 2006)² انجام شود. در گزارشی نتایج تجزیه داده‌های فوق به صورت تجزیه مرکب با استفاده از روش گریفینگ ارائه شده است (Sharifi *et al.*, 2009) و با استناد به نتایج گزارش مذکور، تجزیه دای آلل با شش تکرار (هر سال شامل سه تکرار و در مجموع شش تکرار) با استفاده از برنامه 98 dial (Ukai, 2006) انجام شد. آزمون برابری شیب رگرسیون با ۱ و صفر برای صفات مورد مطالعه قبل از تجزیه دای آلل انجام شد (Mather and Jinks, 1977). با انجام تجزیه دای آلل پارامترهای ژنتیکی کنترل‌کننده صفات از جمله نوع عمل ژن، تعداد ژن‌های کنترل‌کننده، متوسط جهت غالبیت، نسبت ژن‌های دارای اثر مثبت و منفی و فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب برآورد شد. همچنین از داده‌های دو سال میانگین گرفته شد و هتروزیس مطلق (بر اساس تفاضل بین مقادیر F_1 و میانگین والدین یا والد برتر) و درصد هتروزیس (نسبت هتروزیس مطلق بر میانگین والدین یا والد برتر) بر روی میانگین داده‌های دو سال با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Matzinger *et al.*, 1962):

هتروزیس مطلق نسبت به متوسط والدین:

$$AMPH = F_1 - MPV$$

هتروزیس نسبی نسبت به متوسط والدین:

$$RMPH = \left(\frac{F_1 - MPV}{MPV} \right) \times 100$$

(F_1) و معکوس (RF_1) حاصل از تلاقی دای آلل کامل آن‌ها بود. ارقام استفاده شده شامل سه رقم بومی حسنی، شاه‌پسند و دیلمانی، سه رقم اصلاح شده سپیدرود، ندا و صالح و رقم خارجی IRFAON-215 بودند که در طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بررسی شدند. هر ژنوتیپ در چهار ردیف کاشته شدند که در ارزیابی‌ها از دو ردیف میانی استفاده شد. فاصله ردیف‌ها و همچنین فاصله بوته‌ها بر روی ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. صفات تعداد روز از نشاکاری تا آغاز خوشه‌دهی، مساحت برگ پرچم، ارتفاع گیاه، طول خوشه، طول خروج خوشه از غلاف، شاخص برداشت و وزن شلتوک هر بوته یادداشت‌برداری شدند. برای اندازه‌گیری صفات مذکور از میانگین ده بوته بر اساس سیستم بین‌المللی استاندارد (Anonymous, 2002) استفاده شد.

آزمون نرمال بودن به روش شاپیرو و ویلک (Shapiro and Wilk, 1965) با استفاده از نرم‌افزار SPSS (Anonymous, 2004) انجام شد. تجزیه واریانس مرکب برای داده‌ها در دو سال با استفاده از نرم‌افزار SAS¹ (SAS, 2005) انجام شد تا در صورت معنی‌دار بودن تفاوت بین ژنوتیپ‌ها و همچنین صادق بودن فرضیات مدل، تجزیه دای آلل با روش هیمن (Hayman, 1954) با استفاده از

1. <http://www.sas.com>

2. <http://ibm.ab.a.u-tokuo.ac.jp/~ukai/dia/98.htm/>

خوشه‌دهی در تلاقی ندا × IRFAON-215 ۱۰۲/۹۰ بود، اما هیچ کدام از هیبریدها تعداد روز از نشاکاری تا آغاز خوشه‌دهی پایین تر از رقم حسنی را نداشتند. ارقام شاه‌پسند (۳۴/۹۲ سانتی متر مربع) و صالح (۲۷/۴۹ سانتی متر مربع) به ترتیب با بیشترین و کمترین مساحت برگ پرچم بین والدها در دو حد انتهایی برای این صفت قرار داشتند و مساحت برگ پرچم در تلاقی‌ها از ۲۵/۷۰ در تلاقی ندا × IRFAON-215 تا ۴۰/۹۱ سانتی متر مربع، در تلاقی صالح × شاه‌پسند متغیر بود. دو رقم ندا و دیلمانی به ترتیب با ۱۰۰/۲۷ و ۱۶۴/۶۵ سانتی متر ارتفاع کوتاه‌ترین و بلندترین ارقام در این تحقیق بودند (جدول ۲) و در بین نتایج، تلاقی‌های ندا × سپیدرود و دیلمانی × شاه‌پسند به ترتیب با ۱۰۱/۰۷ و ۱۶۴/۹۵ سانتی متر ارتفاع، در دو انتها از نظر این صفت قرار داشتند. کمترین طول خروج خوشه از غلاف مربوط به رقم شاه‌پسند با مقدار ۰/۲۵ سانتی متر و بیشترین میزان طول خروج خوشه از غلاف مربوط به رقم دیلمانی با ۸/۸۱ سانتی متر بود. در بین تلاقی‌ها، تلاقی ندا × IRFAON-215 (۰/۹۹) و ندا × دیلمانی (۸/۵۵) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان طول خروج خوشه از غلاف بودند. میانگین طول خوشه از ۲۶/۴۵ برای رقم صالح تا ۳۴/۹۷ سانتی متر برای رقم دیلمانی متغیر و برای تلاقی سپیدرود × دیلمانی با ۳۷/۶۷ سانتی متر حداکثر بود. براساس نتایج حاصل ارقام حسنی (۲۳/۹۵ گرم) و سپیدرود

هتروزیس مطلق نسبت به والد برتر:

$$AHPH = F_1 - HPV$$

هتروزیس نسبی نسبت به والد برتر:

$$RHPH = \left(\frac{F_1 - HPV}{HPV} \right) \times 100$$

اختلاف میانگین F_1 از متوسط ارزش والدین (MPV) و ارزش والد برتر (HPV) برای هر کدام از صفات با استفاده از آزمون t مطابق با روابط زیر مورد آزمون قرار گرفت (Roy, 2000):

آزمون t برای هتروزیس بر اساس متوسط

والدین:

$$t = \frac{\bar{F}_{1ij} - MP_{ij}}{\sqrt{\frac{3}{8} \sigma_e^2}}$$

آزمون t برای هتروزیس بر اساس والد برتر:

$$t = \frac{\bar{F}_{1ij} - MP_{ij}}{\sqrt{\frac{1}{2} \sigma_e^2}}$$

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در سطح احتمال ۱٪ برای کلیه صفات بود (جدول ۱) و از این رو ادامه تجزیه‌ها در مورد آن‌ها انجام شد. بررسی میانگین صفات بیانگر وجود تنوع بین والدها و همچنین هیبریدهای حاصله بود (جدول ۲). متوسط تعداد روز از نشاکاری تا آغاز خوشه‌دهی در دو سال آزمایش برای والدها از ۷۴/۳۲ تا ۱۰۲/۱۲ روز (به ترتیب برای ارقام حسنی و IRFAON-215) متغیر بود. متوسط تعداد روز از نشاکاری تا آغاز

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب برای تعدادی از صفات مورفولوژیکی در برنج

Table 1. Combined analysis of variance for some morphological traits in rice

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات MS						
			تعداد روز از نشاکاری تا آغاز خوشه‌دهی	مساحت برگ پرچم	ارتفاع گیاه	طول خروج خوشه از غلاف	طول خوشه	وزن شلتوک هر بوته	شاخص برداشت
		df.	Days to flowering	Flag leaf area	Plant height	Panicle exsertion	Panicle length	Grain yield per plan	Harvest index
Year	سال	1	20.66	6852.23**	3648.48**	6.99*	4524.15**	21387.95**	887.08**
Replication	تکرار(سال)	4	33.68	253.26	118.07	4.10	0.41	68.35	24.91**
Genotype	ژنوتیپ	48	246.02**	67.70**	2462.28**	25.19**	45.90**	477.92**	320.17**
Genotype × Year	ژنوتیپ × سال	48	15.94**	25.09**	72.80**	4.04**	13.29**	181.89**	46.35**
Error	خطا	192	6.25	11.65	31.54	1.24	1.20	58.62	13.97

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۲- میانگین تعدادی از صفات مورفولوژیکی برنج در هفت والد و تلاقی های حاصل از آنها

Table 2. Mean of some morphological traits in seven rice parents and their crosses

شاخص برداشت	وزن شلتوک هر بوته	طول خوشه	طول خروج خوشه از غلاف	ارتفاع گیاه	مساحت برگ پرچم	تعداد روز از نشاکاری تا آغاز خوشه دهی	شاخص برداشت	
Harvest index (%)	Grain yield per plant (g)	Panicle length (cm)	Panicle exsertion (cm)	Plant height (cm)	Flag leaf area (cm ²)	Days to flowering (cm ²)	Harvest index (%)	
ژنوتیپ	ژنوتیپ							
SH	شاهپسند	93.77	34.92	156.67	0.25	31.05	31.15	31.79
SH × H	ح × ش	86.82	36.45	157.47	4.45	34.27	24.41	26.20
SH × SP	س × ش	96.03	30.23	152.20	6.10	31.50	26.19	33.00
SH × N	ن × ش	95.70	35.11	159.32	5.28	35.17	38.99	39.85
SH × D	د × ش	93.15	36.43	164.95	5.68	34.18	28.14	29.39
SH × SA	ص × ش	94.50	40.91	157.83	2.72	34.44	33.95	31.15
SH × IR	IR × ش	97.85	36.54	161.90	5.38	34.70	38.86	34.24
H × SH	ش × ح	84.12	34.64	156.90	3.26	33.85	22.23	25.65
H	حسینی	74.32	31.76	132.80	8.09	32.68	23.95	38.23
H × SP	س × ح	88.82	38.48	148.13	7.10	35.14	21.68	23.14
H × N	ن × ح	85.89	32.10	142.77	5.25	34.09	29.00	33.17
H × D	د × ح	82.13	30.54	153.00	6.65	30.20	21.11	33.91
H × SA	ص × ح	80.18	33.93	144.85	5.61	33.85	20.68	27.04
H × IR	IR × ح	87.08	36.07	145.33	6.67	35.32	19.28	22.09
SP × SH	ش × س	94.68	39.82	155.15	3.58	34.63	47.07	35.07
SP × H	ح × س	89.47	34.37	144.08	6.60	34.52	20.56	23.12
SP	سپیدرود	89.50	28.79	103.68	4.74	29.48	42.89	47.05
SP × N	ن × س	89.90	29.19	101.07	3.51	28.45	37.19	47.26
SP × D	د × س	93.88	36.54	158.77	8.15	35.34	41.87	31.51
SP × SA	ص × س	89.38	32.19	126.33	6.89	31.49	34.48	37.70
SP × IR	IR × س	99.05	35.52	114.08	4.72	32.31	40.08	29.21
N × SH	ش × ن	99.18	32.66	157.08	4.54	34.65	43.80	36.13
N × H	ح × ن	86.57	33.11	144.85	5.38	34.46	26.21	30.48
N × SP	س × ن	86.58	27.79	103.60	3.07	28.06	40.63	47.69
N	ندا	94.47	28.67	100.27	3.04	27.56	35.83	47.14
N × D	د × ن	97.87	33.34	155.03	7.52	35.85	39.69	35.18

ش: شاهپسند؛ ح: حسینی؛ س: سپیدرود؛ ن: ندا؛ د: دیلمانی؛ ص: صالح؛ IR: IRFAON-215

SH: Shahpasand; H: Hasani; SP: Sepidroud; N: neda; D: Delimani; SA: Saleh; IR: IRFAON-215.

Table 2. Contonued

ادامه جدول ۲

شاخص برداشت	وزن شلتوک هر بوته	طول خوشه	طول خروج خوشه از غلاف	ارتفاع گیاه	مساحت برگ پرچم	تعداد روز از نشاکاری تا آغاز خوشه‌دهی	Days to flowering (cm ²)	Flag leaf area (cm)	Plant height (cm)	Panicle exsertion (cm)	Panicle length (cm)	Grain yield per plant (g)	Harvest index (%)
ژنوتیپ	ژنوتیپ												
N × SA	ص × ن	83.05	28.11	113.07	3.63	28.20	41.71	49.87					
N × IR	ن × IR	101.62	33.32	128.98	3.02	29.93	40.21	32.23					
D × SH	ش × د	93.43	34.34	160.92	6.45	34.12	23.77	29.22					
D × H	ح × د	86.85	30.76	154.09	7.76	35.00	20.92	29.23					
D × SP	س × د	96.37	36.50	161.43	7.87	37.67	41.22	35.69					
D × N	ن × د	95.30	33.02	153.98	8.55	35.97	35.16	34.60					
D	دیلمانی	92.60	32.45	164.65	8.81	34.97	26.56	32.97					
D × SA	ص × د	94.03	35.49	158.05	5.53	34.16	24.27	26.89					
D × IR	د × IR	99.50	36.38	157.13	6.46	35.21	34.88	30.72					
SA × SH	ش × ص	98.15	36.03	159.25	1.31	34.64	39.85	31.49					
SA × H	ح × ص	82.03	37.47	155.23	5.23	33.55	26.77	26.29					
SA × SP	س × ص	89.38	30.82	117.02	5.27	30.57	37.85	39.70					
SA × N	ن × ص	86.50	30.58	111.73	3.46	28.55	48.24	51.16					
SA × D	د × ص	93.85	36.25	154.84	5.47	35.36	24.50	29.93					
SA	صالح	82.78	27.49	117.64	4.07	26.45	31.00	40.73					
SA × IR	ص × IR	96.51	31.54	130.63	5.09	28.45	30.46	37.83					
IR × SH	ش × IR	99.02	32.91	155.91	3.48	34.63	36.12	31.86					
IR × H	ح × IR	89.48	34.84	147.60	4.95	32.74	25.54	24.81					
IR × SP	س × IR	98.90	29.90	113.67	4.15	31.83	48.13	36.20					
IR × N	ن × IR	102.90	25.70	114.20	0.99	29.40	52.82	44.43					
IR × D	د × IR	98.67	32.46	158.10	6.67	35.54	32.69	26.82					
IR × SA	ص × IR	94.00	35.30	139.22	6.67	32.12	48.76	41.71					
IR	IRFAON-215	102.12	28.87	113.50	2.97	28.88	35.09	33.99					
LSD5%		2.83	3.86	6.36	2.51	1.24	8.66	4.23					
LSD1%		3.72	5.08	8.37	3.30	1.63	11.40	5.57					

ش: شاه‌پسند؛ ح: حسنی؛ س: سپیدرود؛ ن: ندا؛ د: دیلمانی؛ ص: صالح؛ IR: IRFAON-215

SH: Shahpasand; H: Hasani; SP: Sepidroud; N: neda; D: Delimani; SA: Saleh; IR: IRFAON-215.

والدین برای عملکرد دانه در واحد بوته به ترتیب از ۳۸/۴۷- تا ۴۸/۹۵ و با میانگین ۲/۸۳ درصد بر اساس متوسط والدین و از ۵۲/۰۶- تا ۴۷/۴۲ و با میانگین ۷/۰۲- درصد بر اساس والد برتر متغیر بود. هتروزیس نسبی بر اساس متوسط والدین برای مساحت برگ پرچم و ارتفاع گیاه به ترتیب برابر با ۱۱/۰۳ و ۱۳/۴۵ درصد به دست آمد و حال آن که هتروزیس نسبی بر اساس والد برتر برای آن‌ها به ترتیب برابر با ۵/۶۸ و ۱/۷۸ درصد بود. هتروزیس نسبی بر اساس متوسط والدین برای شاخص برداشت از ۴۵/۷۸- تا ۱۶/۴۴ با متوسط ۱۴/۱۱- درصد و بر اساس والد برتر از ۵۰/۸۶- تا ۸/۵۲ با متوسط ۲۱/۵۱- درصد بود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در این مطالعه هتروزیس مثبت و منفی بر اساس متوسط والدین و والد برتر برای تمام صفات مطالعه شده وجود داشت. نتایج مشابهی توسط محققین دیگر همچون ویرمانی و همکاران (Virmani et al., 2003b)، آلام و همکاران (Alam et al., 2004)، نوروززمان و همکاران (Nuruzzaman et al., 2002)، ژانگ و همکاران (Zhang et al., 1994)، آلزونا و آرادئو (Alzona and Arraudeau, 1995) و واجنا و بابو (Vanaja and Babu, 2004) مبنی بر وجود هتروزیس مثبت و معنی‌دار برای صفاتی از قبیل ارتفاع گیاه، تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، طول خوشه، طول برگ پرچم و عملکرد دانه گزارش شده است. بر اساس متوسط والدین و والد برتر به ترتیب

(۴۲/۸۹ گرم) دارای حداقل و حداکثر عملکرد دانه در واحد بوته بودند و در بین تلاقی‌ها ندا × IRFAON-215 با ۵۲/۸۲ گرم در هر بوته بیشترین وزن شلتوک را نشان داد. والدها از نظر شاخص برداشت از ۳۱/۷۹ درصد (شاه‌پسند) تا ۴۷/۱۴ درصد (ندا) متغیر بودند. همچنین تلاقی‌های IRFAON-215 × حسنی (۲۲/۰۹) و ندا × صالح (۵۱/۱۶) به ترتیب از کمترین و بیشترین میزان شاخص برداشت برخوردار بودند. شاخص برداشت بالای یکی از ویژگی‌های ارقام پرمحصول جدید است. همان‌طور که در مطالعه حاضر میزان بالای شاخص برداشت برای ارقام اصلاح شده دیده شد، در مقایسه‌ای که چانیدلر (Chandler, 1969) بین ارقام بومی و ارقام اصلاح شده برنج انجام داد به ترتیب متوسط شاخص برداشت برابر با ۳۶ و ۵۳ درصد را برای آن‌ها گزارش کرد و اظهار داشت که شاخص برداشت پایین ارقام پابلند احتمالاً ناشی از سایه‌اندازی و توقف رشد پس از گلدهی در این گیاهان باشد.

مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین هتروزیس مطلق و نسبی بر اساس متوسط والدین و والد برتر در جدول ۳ ارائه شده است. دامنه هتروزیس برای صفات مختلف و ترکیبات مختلف تلاقی‌ها متغیر بود. بیشترین میزان هتروزیس در دو صفت طول خروج خوشه از غلاف و عملکرد دانه مشاهده شد. میزان هتروزیس نسبی در هیبریدهای حاصل از تلاقی

جدول ۳- حداقل، حداکثر، متوسط و خطای معیار برای هتروزیس مطلق و نسبی بر اساس متوسط والدین و والد برتر برای صفات مورفولوژیک برنج در ۴۲ هیبرید F₁

حاصل از تلاقی دای آلل در دو سال

Table3. Minimum (Min), maximum (Max), mean and standard error (SE) for absolute mid-parent (AMPH), high-parent (AHPH), relative mid-parent (RMPH) and high-parent (RHPH) heterosis for some morphological traits in 42 F₁ rice grown for two years

Traits†	صفات	هتروزیس مطلق بر اساس متوسط والدین				هتروزیس نسبی بر اساس متوسط والدین				هتروزیس مطلق بر اساس والد برتر				هتروزیس نسبی بر اساس والد برتر			
		AMPH‡				RMPH (%)				AHPH				RHPH (%)			
		Max	Min	Mean	SE	Max	Min	Mean	SE	Max	Min	Mean	SE	Max	Min	Mean	SE
DF	تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی	9.88	-5.58	2.41	0.49	11.19	-6.29	2.71	0.55	4.72	-15.03	-2.88	0.76	4.99	-14.72	-2.95	0.78
FLA	مساحت برگ پرچم	9.71	-3.06	3.33	0.46	31.12	-10.65	11.03	1.52	6.72	-4.69	1.77	0.43	23.05	-13.42	5.68	1.35
PH	ارتفاع گیاه	30.85	-0.91	17.01	1.48	25.28	-0.89	13.45	1.19	22.43	-11.65	1.85	1.39	18.34	-7.08	1.78	1.03
PEX	طول خروج خوشه از دانه	3.77	-2.02	0.67	0.23	234.34	-67.10	28.10	9.86	2.60	-4.83	-1.12	0.28	81.25	-67.88	-11.58	5.38
PL	طول خوشه	5.89	-3.62	3.04	0.30	20.49	-10.71	10.14	1.00	4.12	-4.77	1.23	0.27	13.26	-13.65	3.98	0.85
GY	وزن شلتوک در هر بوته	17.36	-12.86	1.22	1.13	48.95	-38.47	2.83	3.45	16.99	-22.33	-2.57	1.32	47.42	-52.06	-7.02	3.56
HI	شاخص برداشت	7.22	-19.52	-5.44	0.93	16.44	-45.78	-14.11	14.98	4.01	-23.93	-9.30	1.03	8.52	-50.86	-21.51	2.28

DF: Days to flowering; FLA: Flag leaf area; PH: Plant height; PEX: Panicle exertion; PL: Panicle length; GY: grain yield per plant; HI: Harvest index.

Min: Minimum; Max: Maximum; SE: Standard error; AMPH: Absolute mid-parent heterosis; AHPH: Absolute high-parent heterosis; RMPH: Relative mid-parent heterosis; RHPH: Relative high-parent heterosis.

موجود در وزن شلتوک در هر بوته مورد مقایسه قرار گرفت (شکل ۱). صفت تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی در تلاقی ندا \times IRFAON-215 دارای هتروزیس مثبت و در دو تلاقی دیگر دارای هتروزیس منفی بود. صفت ارتفاع گیاه در دو تلاقی ندا \times IRFAON-215 و صالح \times IRFAON-215 هتروزیس مثبت و در تلاقی ندا \times صالح هتروزیس منفی داشت و شاخص برداشت در تلاقی ندا \times IRFAON-215 هتروزیس منفی و در دو تلاقی باقیمانده هتروزیس مثبت داشت.

تجزیه رگرسیون Vr (واریانس نتاج هر ردیف) و Wr (کوواریانس نتاج هر ردیف با والد‌های غیر مشترک) برای صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، مساحت برگ پرچم، ارتفاع گیاه و طول خوشه با عدد یک اختلاف معنی‌داری نشان‌نداد (جدول ۵) ولی با عدد صفر تفاوت معنی‌دار داشت. لذا پیش‌فرض‌های لازم برای تجزیه دای آلل به روش هیمن که عمده آن‌ها عدم وجود اپیستازی یا اثر متقابل ژن‌های غیرآلی کنترل‌کننده صفات در والدین مورد تلاقی است، صادق بود. برای صفت طول خروج خوشه از غلاف این ضریب فاقد اختلاف معنی‌دار با صفر بود و برای صفات وزن شلتوک در هر بوته و شاخص برداشت این ضرایب واجد اختلاف معنی‌دار با صفر و یک بودند و در نهایت با حذف والد حسنی از والدین برای صفت شاخص برداشت، شاه‌پسند برای طول

۲۲ و ۱۴ مورد از ۴۲ هیبرید، هتروزیس مثبت برای عملکرد دانه و بقیه هتروزیس منفی نشان دادند. با وجود این تنها در تعداد محدودی از هیبریدها هتروزیس مثبت و معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). تلاقی ندا \times IRFAON-215 حداکثر میزان هتروزیس مثبت و معنی‌دار را بر اساس متوسط والدین و والد برتر نشان داد (به ترتیب ۴۸/۹۵ و ۴۷/۴۲ درصد). علاوه بر این در هیبریدهای حاصل از تلاقی صالح \times IRFAON-215 و صالح \times ندا نیز هتروزیس مثبت و معنی‌دار بر اساس متوسط والدین و والد برتر به دست آمد. این یافته در تطابق با گزارش‌های ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 1994) و آلزونا و آرادئو (Alzona and Arraudeau, 1995) دال بر وجود درصد بالایی از هتروزیس برای عملکرد دانه است. علاوه بر این تلاقی، شاه‌پسند \times ندا فقط نسبت به متوسط والدین هتروزیس معنی‌دار بروز داد. تعدادی از تلاقی‌ها نیز هتروزیس منفی نسبت به بهترین والد و همچنین متوسط والدین نشان دادند که تلاقی حسنی \times سپیدرود بیشترین میزان هتروزیس منفی را داشت.

در تلاقی‌های ندا \times IRFAON-215، صالح \times IRFAON-215 و ندا \times صالح که حداکثر میزان هتروزیس مثبت و معنی‌دار بر اساس والد برتر برای وزن شلتوک در هر بوته مشاهده شده بود (جدول ۳)، هتروزیس مشاهده شده برای صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، ارتفاع گیاه و شاخص برداشت با هتروزیس

جدول ۴- وزن شلتوک در هر بوته در هیبریدها، مقدار متوسط والد برای هر تلاقی و هتروزیس مطلق بر اساس متوسط والدین و والد برتر در ۴۲ هیبرید برنج طی دو سال

Table 4. Mean grain yield per plant for hybrids, mid-parent values (MPV), absolute mid-parent heterosis (AMPH) and absolute high-parent heterosis (AHPH) in 42 F1 rice grown in two years

Cross	تلاقی	متوسط هیبرید Hybrid mean	متوسط والدین MPV	هتروزیس مطلق بر اساس متوسط والدین AMPH	هتروزیس نسبی بر اساس متوسط والدین RMPH	هتروزیس مطلق بر اساس والد برتر AHPH	هتروزیس نسبی بر اساس والد برتر RHPH
IR × N	IR×ن	52.82	35.46	17.36**	48.95	16.99**	47.42
IR × SA	IR×ص	48.76	33.05	15.72**	47.56	13.68*	38.97
SA × N	ن×ص	48.24	33.42	14.83**	44.37	12.42*	34.65
N × SH	ش×ن	43.80	33.49	10.31*	30.79	7.97	22.25
SA × SH	ش×ص	39.85	31.08	8.78	28.24	8.70	27.93
N × D	د×ن	39.69	31.19	8.49	27.23	3.86	10.77
SP × SH	ش×س	47.07	37.02	10.04	27.13	4.17	9.73
N × SA	ص×ن	41.71	33.42	8.30	24.83	5.89	16.43
IR × SP	IR×س	48.13	38.99	9.13	23.43	5.23	12.20
SP × D	د×س	41.87	34.73	7.14	20.56	-1.03	-2.40
D × SP	س×د	41.22	34.73	6.50	18.71	-1.67	-3.90
SH × IR	SH×IR	38.86	33.12	5.74	17.33	3.77	10.75
SH × N	ش×ن	38.99	33.49	5.50	16.44	3.17	8.84
N × IR	ن×IR	40.21	35.46	4.75	13.39	4.38	12.22
D × IR	د×IR	34.88	30.82	4.06	13.16	-0.21	-0.59
D × N	د×ن	35.16	31.19	3.96	12.71	-0.67	-1.87
SH × SA	ش×ص	33.95	31.08	2.88	9.26	2.80	9.00
IR × SH	IR×ش	36.12	33.12	3.00	9.05	1.03	2.93
IR × D	IR×د	32.69	30.82	1.87	6.06	-2.40	-6.84
N × SP	ن×س	40.63	39.36	1.27	3.23	-2.26	-5.28
SP × IR	س×IR	40.08	38.99	1.09	2.79	-2.82	-6.57
SA × SP	ص×س	37.85	36.95	0.90	2.44	-5.05	-11.76
SH × D	ش×د	28.14	28.85	-0.71	-2.46	-3.01	-9.65
SA × H	ص×ح	26.77	27.48	-0.71	-2.57	-4.23	-13.65
H × N	ح×ن	29.00	29.89	-0.89	-2.97	-6.83	-19.05
SP × N	س×ن	37.19	39.36	-2.17	-5.51	-5.70	-13.29
SP × SA	س×ص	34.48	36.95	-2.47	-6.68	-8.41	-19.61
SA × IR	ص×IR	30.46	33.05	-2.59	-7.82	-4.63	-13.19
SH × H	ش×ح	24.41	27.55	-3.14	-11.40	-6.74	-21.64
N × H	ن×ح	26.21	29.89	-3.68	-12.30	-9.62	-26.84
IR × H	IR×ح	25.54	29.52	-3.98	-13.47	-9.55	-27.21
SA × D	ص×د	24.50	28.78	-4.29	-14.89	-6.51	-20.99
D × SA	د×ص	24.27	28.78	-4.51	-15.68	-6.74	-21.73
H × D	ح×د	21.11	25.25	-4.15	-16.42	-5.45	-20.53
D × H	د×ح	20.92	25.25	-4.34	-17.17	-5.64	-21.24
D × SH	د×ش	23.77	28.85	-5.09	-17.64	-7.39	-23.71
H × SH	ح×ش	22.23	27.55	-5.32	-19.32	-8.92	-28.65
H × SA	ح×ص	20.68	27.48	-6.80	-24.73	-10.32	-33.30
SH × SP	ش×س	26.19	37.02	-10.83*	-29.26	-16.70**	-38.94
H × IR	ح×IR	19.28	29.52	-10.24*	-34.70	-15.81**	-45.06
H × SP	ح×س	21.68	33.42	-11.74*	-35.13	-21.21**	-49.45
SP × H	س×ح	20.56	33.42	-12.86*	-38.47	-22.33**	-52.06

ش: شاه‌پسند؛ ح: حسنی؛ س: سپیدرود؛ ن: ندا؛ د: دیلمانی؛ ص: صالح؛ IR: IRFAON-215.

SH: Shahpasand; H: Hasani; SP: Sepidroud; N: neda; D: Delimani; SA: Saleh; IR: IRFAON-215.

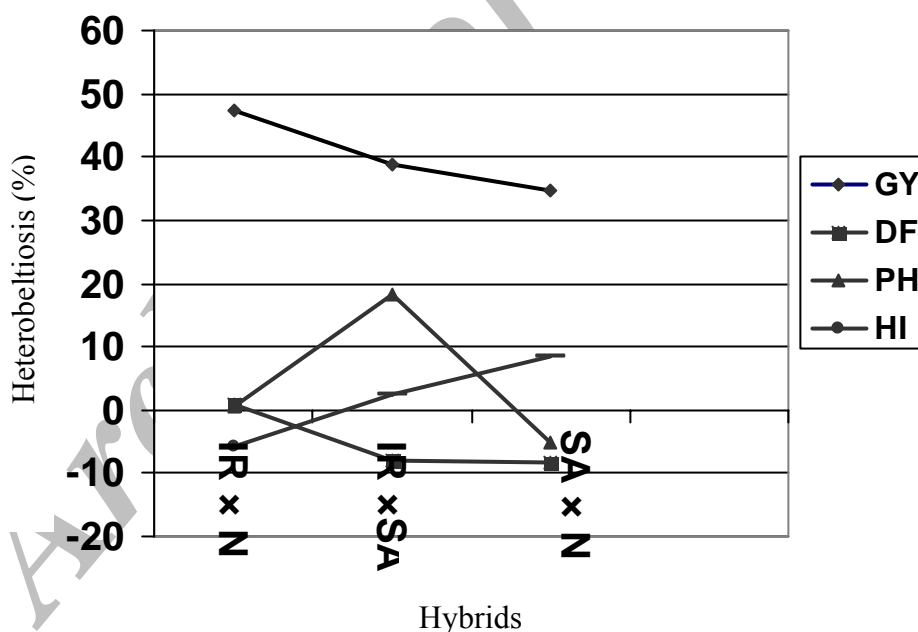
جدول ۵- ضرایب رگرسیون W_r نسبت به V_r آزمون آن‌ها برای تعدادی از صفات مورفولوژیک برنج

Table 5. Regression coefficients of W_r to V_r and their t test for some morphological traits in rice

Trait	صفت	$b \pm s_b$	$H_0: \beta=0, t$ value	$H_0: \beta=1, t$ value
DF	تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی	0.78 ± 0.168	4.652**	1.291 ^{ns}
FLA	مساحت برگ پرچم	0.86 ± 0.240	3.570**	0.591 ^{ns}
PH	ارتفاع گیاه	0.97 ± 0.051	18.974**	0.666 ^{ns}
PEX	طول خروج خوشه از دانه	1.06 ± 0.183	5.789**	-0.304 ^{ns}
PL	طول خوشه	1.03 ± 0.119	8.706**	-0.327 ^{ns}
GY	وزن شلتوک در هر بوته	0.85 ± 0.157	5.406**	0.977 ^{ns}
HI	شاخص برداشت	0.83 ± 0.095	8.775**	1.76 ^{ns}

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱- مقایسه هتروزیس مشاهده شده برای صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، ارتفاع گیاه و شاخص برداشت در سه هیبرید برتر برنج از نظر وزن شلتوک در هر بوته

Fig. 1. Comparison of heterobeltiosis for days to flowering (DF), plant height (PH) and harvest index (HI) in three superior hybrids of rice for grain yield

بوته معنی دار شد که بنا بر نظر متر و جینگز (Mather and Jinks, 1971) معادل میزان ترکیب پذیری خصوصی در روش گریفینگ (Griffing, 1956) است. همچنین مقدار b_2 که نشان‌دهنده عدم تقارن ژن‌های کنترل‌کننده صفات در مواد اصلاحی مورد مطالعه است در هیچ کدام از صفات معنی دار نشد. میانگین مربعات جزء d که نمایانگر وجود اثر متقابل خصوصی است (Roy, 2000)، فقط برای وزن شلتوک معنی دار بود. جز c که نشان‌دهنده اثر متقابل عمومی است، برای هیچ کدام از صفات مورد مطالعه معنی دار نشد، برای صفت وزن شلتوک دو جزء اخیر (d) که نقش اثر تلاقی‌های معکوس به جز اثر مادری را در کنترل این صفت بیان می‌دارد و به عبارتی تفاوت بین تلاقی‌های معکوس را در کنترل این صفت بیان می‌دارد. نظر به این که تعداد بسیار زیادی از صفات مهم از جمله وزن شلتوک در برنج توسط ژن‌های هسته‌ای، ژن‌های سیتوپلاسمی و اثر متقابل ژن‌های هسته‌ای-سیتوپلاسمی کنترل می‌شوند، تفاوت مشاهده شده در بین تلاقی‌های مستقیم و معکوس می‌تواند به ژن‌های سیتوپلاسمی، که در میتوکندری و کلروپلاست قرار دارند، و اثر متقابل ژن‌های هسته‌ای-سیتوپلاسمی نسبت داده شود. به طور کلی با توجه به معنی دار بودن نوعی از اثر غیرافزایشی (b_3) برای وزن شلتوک و همچنین ملاحظه هتروزیس در تعدادی از تلاقی‌ها، تولید هیبریدهای دارای مقدار متوسطی

خروج خوشه از غلاف و همچنین ندا برای صفت وزن شلتوک در هر بوته شرایط مورد نیاز محقق شد. با توجه به نتایج آزمون فوق می‌توان چنین نتیجه گرفت که فرض‌های مدل افزایشی- غالبیت برای مواد اصلاحی مورد بحث صادق بوده و امکان انجام تجزیه دای آلل وجود داشت.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس دای آلل بر اساس روش هیمن (Hayman, 1954) در جدول ۶ ارائه شده است. میانگین مربعات جزء a که بیانگر معنی دار شدن ترکیب پذیری عمومی است (Roy, 2000)، برای صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، ارتفاع گیاه، طول خوشه، طول خروج خوشه از غلاف، وزن شلتوک در بوته و شاخص برداشت معنی دار بود. میانگین مربعات جزء b برای ارتفاع گیاه و طول خروج خوشه از غلاف معنی دار بود که نشان‌دهنده معنی دار شدن ترکیب پذیری خصوصی در این دو صفت بود. به عبارتی این نتایج مؤید وجود اثر افزایشی و غالبیت در کنترل صفات مذکور است. میانگین مربعات جزء b_1 برای مساحت برگ پرچم، ارتفاع گیاه و طول خوشه معنی دار شد که حاکی از وجود غالبیت جهت‌دار در مکان‌های ژنی کنترل‌کننده این صفات در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود. در حالی که این جزء برای سایر صفات معنی دار نبود. مقدار b_2 که بیانگر باقیمانده اثر غیرافزایشی است، برای ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف و وزن شلتوک در هر

جدول ۶- تجزیه واریانس دای آلل برای برخی از صفات مورفولوژیک برنج
Table 6. Diallel analysis of variance for some morphological traits in rice

S.O.V.	منابع تغییرات	df.	تعداد روز از نشاکاری تا آغاز خوشه‌دهی Days to flowering	مساحت برگ پرچم Flag leaf area	ارتفاع گیاه Plant height	طول خوشه Panicle length
Replication	تکرار	5	17.72 ^{ns}	1017.44**	646.72 ^{ns}	908.79**
a	اثر افزایشی	6	1568.88**	134.13 ^{ns}	14279.00**	161.11**
b	اثر غالبیت	21	97.89 ^{ns}	72.90 ^{ns}	1424.73*	48.91 ^{ns}
b ₁	اثر غالبیت جهت‌دار	1	208.26 ^{ns}	613.07**	10418.63**	317.08*
b ₂	اثر تقارن ژن‌های غالب و مغلوب	6	16.52 ^{ns}	47.52 ^{ns}	88.90 ^{ns}	4.22 ^{ns}
b ₃	اثر باقیمانده اثر غیر افزایشی	14	124.87 ^{ns}	45.20 ^{ns}	1354.80*	48.91
c	اثر متقابل عمومی	6	25.31 ^{ns}	53.19 ^{ns}	58.52 ^{ns}	3.97 ^{ns}
d	اثر متقابل خصوصی	15	12.36 ^{ns}	63.28 ^{ns}	98.54 ^{ns}	10.94 ^{ns}
error	خطا	240	303.71	70.03	777.33	49.83

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

a: Additive effect; d: Dominance effect; b₁: Directional dominance effect; b₂: Gene distribution among the parents; b₃: Effects of specific genes; c: maternal effect; d: Reciprocal effect.

Table 6. Continued

ادامه جدول ۶

S.O.V.	منابع تغییرات	df.	طول خروج خوشه از غلاف Panicle exsertion	وزن شلتوک هر بوته Grain yield per plant	شاخص برداشت Harvest index
Replication	تکرار	5	5.91*	502.67**	236.88*
a	اثر افزایشی	6	100.44**	203.84**	1124.81**
b	اثر غالبیت	21	12.61**	206.71 ^{ns}	76.50 ^{ns}
b ₁	اثر غالبیت جهت‌دار	1	2.86 ^{ns}	124.40 ^{ns}	187.85 ^{ns}
b ₂	اثر تقارن ژن‌های غالب و مغلوب	6	3.26 ^{ns}	168.22 ^{ns}	55.73 ^{ns}
b ₃	اثر باقیمانده اثر غیر افزایشی	14	18.88**	237.24*	75.67 ^{ns}
c	اثر متقابل عمومی	6	3.23 ^{ns}	167.39 ^{ns}	126.03 ^{ns}
d	اثر متقابل خصوصی	15	3.06 ^{ns}	228.98*	40.00 ^{ns}
error	خطا	240	2.37	121.14	84.33

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

a: Additive effect; d: Dominance effect; b₁: Directional dominance effect; b₂: Gene distribution among the parents; b₃: Effects of specific genes; c: maternal effect; d: Reciprocal effect.

شلتوک در هر بوته دلالت بر وجود اثر فوق غالبیت ژن‌ها داشت. حال آن که کوچک‌تر بودن مقدار درجه غالبیت از یک برای صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف و شاخص برداشت نشانگر نقش غالبیت ناقص ژن‌های عامل این صفات است.

مقدار مثبت پارامتر F و همچنین برآورد نسبت ژن‌های غالب $[kd/(kd+kr)]$ برای تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی و طول خروج خوشه از غلاف نشان داد که در والدین مورد استفاده فراوانی آلل‌های غالب نسبت به آلل‌های مغلوب بیشتر است (Leng and Hong, 2004). علامت جبری F و همچنین برآورد نسبت ژن‌های غالب برای مساحت برگ پرچم، ارتفاع گیاه، طول خوشه، وزن شلتوک و شاخص برداشت حاکی از آن بود که والد‌های مورد مطالعه از نظر این صفات دارای آلل‌های مغلوب بیشتری نسبت به آلل‌های غالب هستند. نسبت $H_2/4H_1$ که بیانگر تقارن فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب در تمام مکان‌های ژنی کنترل‌کننده صفت است (Roy, 2000) نشان داد که برای تمام صفات به جز وزن شلتوک آلل‌های غالب و مغلوب تقریباً به صورت متقارن توزیع شده‌اند. مقادیر نسبت ژنتیکی H_2/h^2 برآورد شده برای صفات مساحت برگ پرچم، ارتفاع گیاه و طول خوشه حکایت از دخالت حداقل دو گروه ژنی در کنترل این صفات داشت. این مطلب با نتایج حاصل از تحقیق ورما و سریواستاوا

از این صفت و استفاده از پدیده هتروزیس می‌تواند روش مناسبی در بهبود آن باشد.

برآورد پارامترهای ژنتیکی در جدول ۷ ارایه شده است. تجزیه واریانس اجزای ژنتیکی نشان داد که واریانس افزایشی (D) برای صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف، طول خوشه و وزن شلتوک در هر بوته معنی‌دار شد. واریانس غالبیت (H_1) برای صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف و طول خوشه معنی‌دار شد. همچنین شکل دیگر واریانس غیرافزایشی (H_2) برای صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، مساحت برگ پرچم، ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف و طول خوشه معنی‌دار شد. واریانس افزایشی (D)، غالبیت (H_1) و نیز شکل دیگر واریانس غیرافزایشی (H_2) برای صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف و طول خوشه بیانگر وجود اثر افزایشی و غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات است. با توجه به این که برآورد H_2 اختلاف چشمگیری در صفاتی که معنی‌دار بودند با جز H_1 نداشت، این نتیجه حاکی از توزیع متقارن ژن‌های منفی و مثبت کنترل‌کننده این صفات بود (Verma and Srivastava, 2004).

مقدار درجه غالبیت $(H_1/D)^{1/5}$ بالاتر از یک برای مساحت برگ پرچم، طول خوشه و وزن

جدول ۷- برآورد پارامترهای ژنتیکی برای تعدادی از صفات مورفولوژیک برنج
Table 7. Estimates of genetic parameters for some morphological traits in rice

Genetic parameters	پارامترهای ژنتیکی	تعداد روز از نشاکاری تا آغاز خوشه‌دهی Days to flowering	مساحت برگ پرچم Flag leaf area	ارتفاع گیاه Plant height	طول خروج خوشه از غلاف Panicle exertion	طول خوشه Panicle length	وزن شلتوک هر بوته Grain yield per plant	شاخص برداشت Harvest index
D	واریانس افزایشی	52.53 ± 7.39	3.45 ± 3.25	420.47 ± 51.23	4.41 ± 0.99	4.63 ± 1.71	8.97 ± 33.63	25.02 ± 12.41
H ₁	واریانس غالبیت	22.73 ± 4.43	7.21 ± 4.30	317.08 ± 36.52	2.65 ± 0.77	7.95 ± 1.91	33.55 ± 59.15	3.79 ± 12.02
H ₂	فرم دیگر واریانس غیر افزایشی	22.26 ± 3.96	7.14 ± 3.51	316.49 ± 34.86	2.49 ± 0.66	7.77 ± 1.76	15.99 ± 33.42	3.72 ± 8.89
F	میانگین کواریانس اثر افزایشی و غالبیت	2.14 ± 6.74	-0.97 ± 3.85	-47.99 ± 42.32	0.44 ± 0.91	-0.54 ± 1.61	-78.07 ± 38.23	-7.72 ± 12.59
^{0.5})D/H ₁ (درجه غالبیت	0.67 ± 0.07	1.43 ± 1.23	0.87 ± 0.08	0.77 ± 0.12	1.31 ± 0.29	1.67 ± 2.12	0.35 ± 0.38
kd/(kd+kr)	نسبت ژن‌های غالب	0.52 ± 0.04	0.45 ± 0.15	0.47 ± 0.03	0.53 ± 0.05	0.48 ± 0.05	-0.61 ± 0.34	0.28 ± 0.18
h ² /H ₂	تعداد فاکتورهای موثر	0.51 ± 0.30	2.88 ± 0.84	2.21 ± 0.29	0.03 ± 0.15	2.33 ± 0.51	-0.84 ± 1.74	4.58 ± 2.25
h	متوسط جهت غالبیت	3.24 ± 0.8	4.35 ± 1.07	24.57 ± 2.13	0.44 ± 0.37	4.08 ± 0.59	1.89 ± 4.21	-4.17 ± 1.88
H ₂ /4H ₁	نسبت ژن‌های دارای اثر مثبت و منفی	0.25	0.25	0.25	0.23	0.24	0.12	0.25

رگرسیون و سهمی محدودکننده قرار نداشتند که نشان می‌دهد هیچ کدام از آن‌ها در برگیرنده تمام آلل‌های غالب یا آلل‌های مغلوب نبودند. نظر به این که والد شاه‌پسند برای صفات مساحت برگ پرچم و ارتفاع گیاه، سپیدرود برای تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، صالح برای طول خروج خوشه از غلاف، دیلمانی برای شاخص برداشت و حسنی برای وزن شلتوک در هر بوته و طول خوشه نزدیک‌ترین والدین به مبدأ مختصات بودند، دارای بیشترین وفور آلل‌های غالب برای صفات مذکور بودند. والد ندا برای صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف و طول خوشه، صالح برای مساحت برگ پرچم و شاخص برداشت و والد سپیدرود برای وزن شلتوک در هر بوته که در دورترین نقطه از مبدأ مختصات قرار گرفت دارای بیشترین آلل‌های مغلوب بودند. نتایج حاصل از نسبت‌های غالبیت که در جدول ۸ ارائه شده است، نیز موید این نکته است. ژنوتیپ‌های واقع در قسمت پایین خط رگرسیون دارای ژن‌های غالب بودند، زیرا نتاج مربوط به والدی که دارای ژن‌های غالب است، تقریباً یکنواخت بوده و ردیف مربوط به آن‌ها دارای حداقل واریانس است (Kearsey and Pooni, 1996). این نوع والد همچنین کم‌ترین شباهت را با والد غیر مشترک دارا است و در نتیجه نقطه مربوط به این والد در پایین خط رگرسیون قرار می‌گیرد

(Verma, and Srivastava, 2004) در توافق بود. مقدار برآورد شده این نسبت برای شاخص برداشت بیانگر وجود بیش از چهار گروه ژنی برای کنترل این صفت بود. در حالی که در سایر صفات نشان از وجود حداقل یک گروه ژنی عمده در کنترل توارث آن‌ها بود.

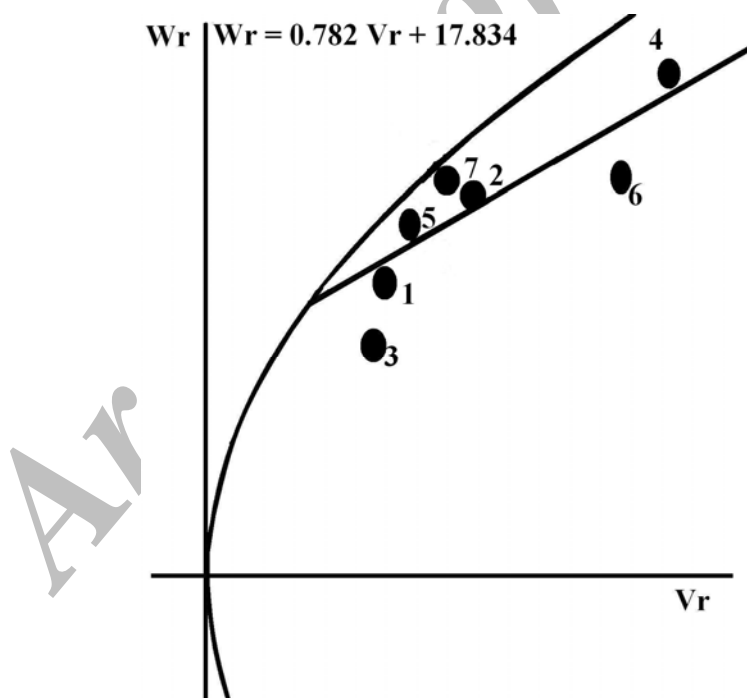
تجزیه گرافیکی W_I روی V_I برای میانگین تمام صفات مطالعه شده در دو سال در شکل‌های ۲ تا ۸ نشان داده شده است. برای تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف، وزن شلتوک در هر بوته و شاخص برداشت خط رگرسیون محور W_I و سهمی محدودکننده را در بخش مثبت قطع کرد و حال آن‌که برای طول خوشه و مساحت برگ پرچم این تقاطع در قسمت منفی یا به عبارتی زیر مبدأ مختصات قرار گرفت. این موضوع نشان می‌دهد که عمل ژن برای پنج صفت اول به صورت غالبیت نسبی ولی برای دو صفت آخری به شکل فوق غالبیت بود. والدین در طول خط رگرسیون به خصوص برای تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف و شاخص برداشت به صورت پراکنده قرار داشتند که بیانگر تنوع ژنتیکی و همچنین وجود ژن‌های غالب و مغلوب در والدین مورد مطالعه برای این صفات بود. برای صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، مساحت برگ پرچم، طول خروج خوشه از غلاف و وزن شلتوک در بوته هیچ کدام از والدین در محل تقاطع خط

جدول ۸- برآورد نسبت‌های غالبیت در والدین برای تعدادی از صفات مورفولوژیک در برنج

Table 8. Estimation of dominance ratios of parents for some morphological traits in rice

Parents	والدین	تعداد روز از نشاکاری تا آغاز خوشه‌دهی Days to flowering	مساحت برگ پرچم Flag leaf area	ارتفاع گیاه Plant height	طول خروج خوشه از گل‌اف Panicle exsertion	طول خوشه Panicle length	وزن شلتوک هر بوته Grain yield per plant	شاخص برداشت Harvest index
SH	شاه‌پسند	0.70	0.97	1.01	-	0.93	0.35	0.75
H	حسنی	0.53	0.84	0.91	0.72	1.01	1.03	-
SP	سپیدرود	0.76	0.03	-0.03	0.39	0.24	-0.16	-0.24
N	ندا	0.24	0.41	-0.04	0.10	-0.06	-	0.29
D	دیلمانی	0.62	0.88	0.97	0.81	0.97	0.06	0.92
SA	صالح	0.39	-0.34	0.27	0.89	0.11	0.25	-0.28
IR	IRFAON-215	0.54	0.43	0.27	0.39	0.39	0.05	0.76

SH: Shahpasand; H: Hasani; SP: Sepidrود; N: neda; D: Delimani; SA: Saleh; IR: IRFAON-215.



شکل ۲- رگرسیون W_r بر روی V_r برای تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی در برنج (۱: شاه‌پسند؛ ۲: حسنی؛ ۳: سپیدرود؛ ۴: ندا؛ ۵: دیلمانی؛ ۶: صالح؛ ۷: IRFAON-215)

Fig. 2. Regression of W_r to V_r for days to flowering in rice (1: Shahpasand; 2: Hassani; 3: Sepidrود; 4: Neda; 5: Deilamani; 6: Saleh; 7: IRFAON-215)

(Mather and Jinks, 1971).

ژنتیکی ارتفاع بیشتر گیاه در ارقام مورد مطالعه توسط آلل‌های غالب است (شکل ۴).

برای طول خروج خوشه از غلاف ارقام حسنی، دیلمانی و صالح دارای بیشترین ژن‌های غالب و ندا دارای بیشترین ژن‌های مغلوب بودند و دو والد سپیدرود و IRFAON-215 از نظر ژن‌های غالب و مغلوب وضعیت حدواسط را داشتند. از آن‌جا که حسنی و دیلمانی دارای حداکثر طول خروج خوشه بودند، می‌توان اظهار کرد که افزایش طول خروج خوشه از غلاف توسط آلل‌های غالب کنترل می‌شود (شکل ۵).

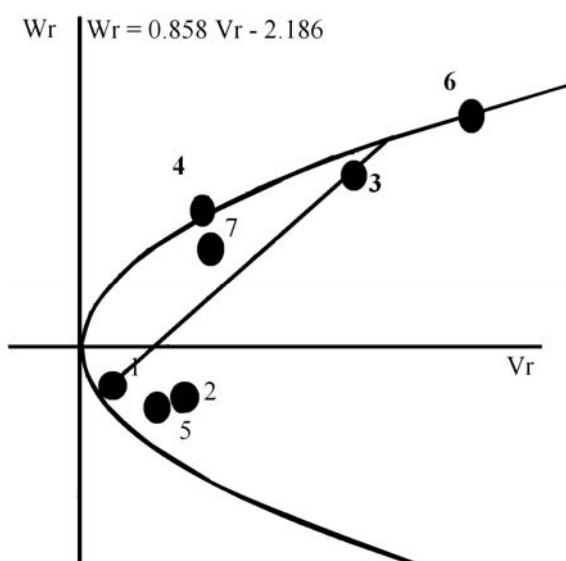
در شکل ۶ همان‌طور که ملاحظه می‌شود ارقام شاه‌پسند، دیلمانی و حسنی با حداکثر طول خوشه نزدیک مبدأ مختصات قرار داشتند و بیشترین آلل‌های غالب را داشتند، ولی رقم ندا دارای بیشترین ژن‌های مغلوب بود و ارقام سپیدرود، صالح و IRFAON-215 در وضعیت حدواسط قرار داشتند. از روی نتیجه تجزیه گرافیکی می‌توان اظهار کرد که افزایش طول خوشه توسط آلل‌های غالب کنترل می‌شود.

پراکندگی والدها در طول خط رگرسیون نشان داد که رقم حسنی با کم‌ترین میزان وزن شلتوک در هر بوته نزدیکترین والد به محل تقاطع خط رگرسیون با محور W_I بود و در پایین محور مختصات قرار داشت و دارای حداکثر تعداد ژن‌های غالب برای وزن شلتوک در هر بوته بود. والدین سپیدرود، دیلمانی و IRFAON-215 با بیشترین فاصله از محل

شکل ۲ مربوط به تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی است. قرار گرفتن ارقام سپیدرود و ندا در نزدیک‌ترین و دورترین نقطه از مبدأ مختصات بیانگر این است که این دو رقم به ترتیب حاوی بیشترین آلل‌های غالب و مغلوب کنترل‌کننده این صفت بودند. اما نکته حائز اهمیت این بود که دو رقم حسنی (زودرس‌ترین والد) و IRFAON-215 (دیررس‌ترین والد) در میانه قرار داشتند و بنابراین در کنترل دیررسی و زودرسی در والدین مورد مطالعه ترکیبی از آلل‌های غالب و مغلوب نقش داشتند.

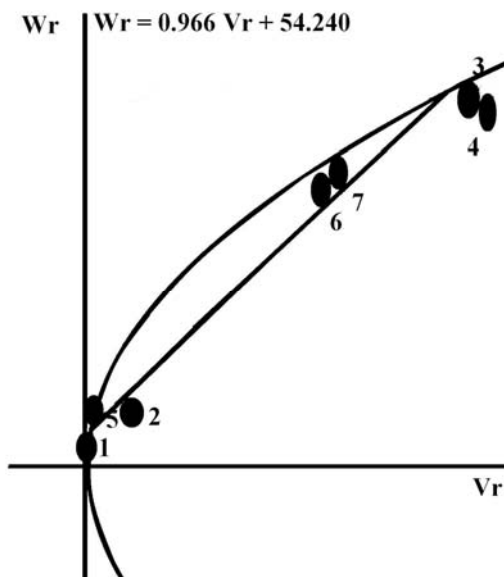
در شکل ۳ که در ارتباط با کنترل ژنتیکی مساحت برگ پرچم است، ارقام بومی شاه‌پسند، دیلمانی و حسنی که دارای بیشترین میزان مساحت برگ پرچم بودند، نزدیک مبدأ مختصات و در پایین خط رگرسیون و ارقام اصلاح شده (ندا، سپیدرود و صالح) و رقم IRFAON-215 که مساحت برگ پرچم در آن‌ها کمتر بود در دورترین نقاط واقع شدند. بنابراین افزایش مساحت برگ پرچم توسط آلل‌های غالب و کاهش آن توسط آلل‌های مغلوب کنترل می‌شوند.

برای ارتفاع گیاه نیز ارقام بومی شاه‌پسند، دیلمانی و حسنی با حداکثر ارتفاع نزدیک مبدأ مختصات، ارقام ندا و سپیدرود با حداقل ارتفاع در دورترین نقطه و دو رقم صالح و IRFAON-215 با ارتفاع متوسط در وضعیت حدواسط قرار گرفتند. این نتیجه مبین کنترل



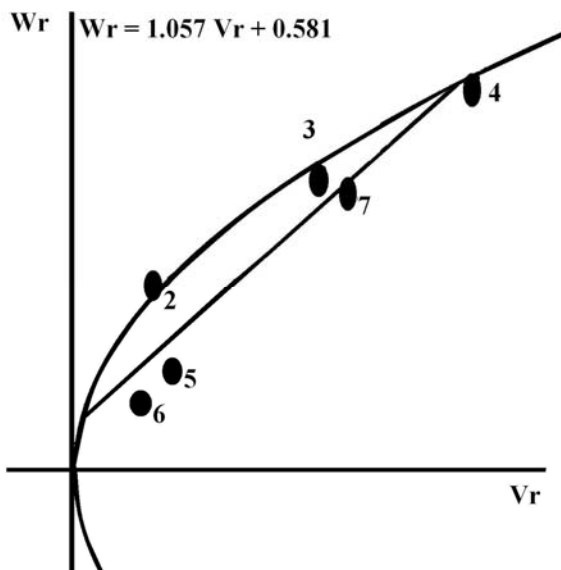
شکل ۳- رگرسیون W_r بر روی V_r برای مساحت برگ پرچم در برنج (۱: شاهپسند؛ ۲: حسنی؛ ۳: سپیدرود؛ ۴: ندا؛ ۵: دیلمانی؛ ۶: صالح؛ ۷: IRFAON-215)

Fig. 3. Regression of W_r to V_r for flag leaf area in rice (1: Shahpasand; 2: Hassani; 3: Sepidroud, 4: Neda; 5: Deilmani; 6: Saleh; 7: IRFAON-215)



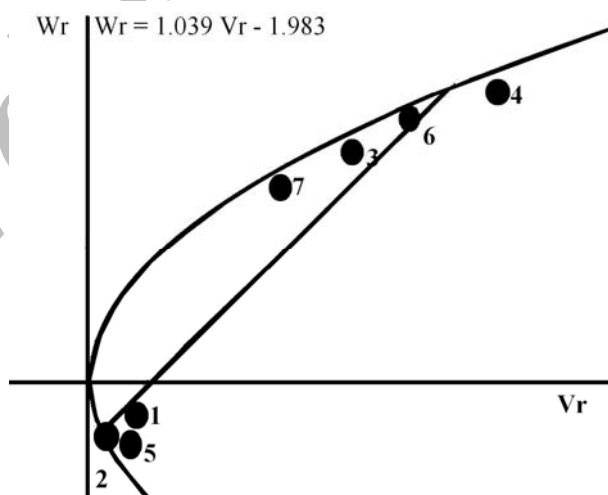
شکل ۴- رگرسیون W_r بر روی V_r برای ارتفاع گیاه در برنج (۱: شاهپسند؛ ۲: حسنی؛ ۳: سپیدرود؛ ۴: ندا؛ ۵: دیلمانی؛ ۶: صالح؛ ۷: IRFAON-215)

Fig. 4. Regression of W_r to V_r plant height in rice (1: Shahpasand; 2: Hassani; 3: Sepidroud, 4: Neda; 5: Deilmani; 6: Saleh; 7: IRFAON-215)



شکل ۵- رگرسیون W_r بر روی V_r برای طول خوشه از غلاف در برنج (۲: حسنی؛
 ۳: سپیدرود؛ ۴: ندا؛ ۵: دیلمانی؛ ۶: صالح؛ ۷: IRFAON-215)

Fig. 5. Regression of W_r to V_r panicle exertion in rice (2: Hassani; 3: Sepidroud,
 4: Neda; 5: Deilmani; 6: Saleh; 7: IRFAON-215)



شکل ۶- رگرسیون W_r بر روی V_r برای طول خوشه در برنج (۱: شاهپسند؛ ۲: حسنی؛
 ۳: سپیدرود؛ ۴: ندا؛ ۵: دیلمانی؛ ۶: صالح؛ ۷: IRFAON-215)

Fig. 6. Regression of W_r to V_r panicle length in rice (1: Shahpasand; 2: Hassani; 3:
 Sepidroud, 4: Neda; 5: Deilmani; 6: Saleh; 7: IRFAON-215)

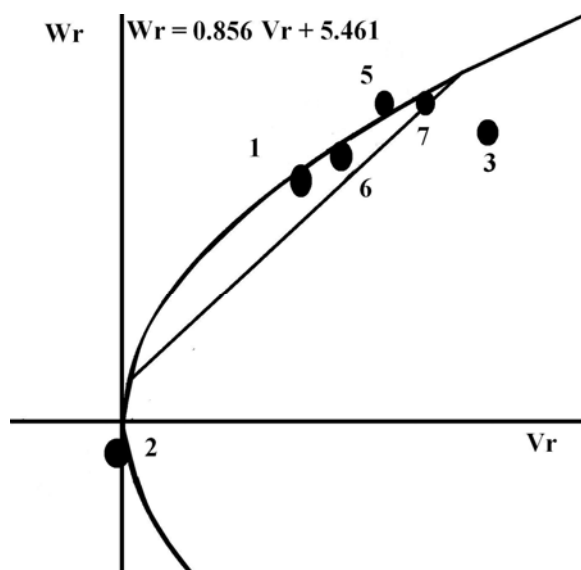
قرار داشت (شکل ۸). از آن جا که شاخص برداشت در سه رقم دوم بالا و در سه رقم اول پایین بود، می توان نتیجه گرفت که افزایش شاخص برداشت توسط آلل های مغلوب کنترل می شود.

به طور کلی در تحقیق حاضر واریانس افزایشی، غالبیت و شکل دیگر واریانس غیرافزایشی برای صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه دهی، ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف و طول خوشه معنی دار بود که بیانگر وجود اثر افزایشی و غیرافزایشی در کنترل این صفات بود. اما از آن جا که واریانس افزایشی نسبت به واریانس غالبیت در سه صفت اول بیشتر بود، می توان اظهار کرد که سهم اثر افزایشی در کنترل صفات فوق بیشتر از جزء غالبیت است. این یافته همانند نتیجه حاصل از تحقیق آلنسو تورز و ایسایاس (Alonso Torre and Isaias, 2007) و میشرا و سینگ (Mishra and Singh 1998) مبنی بر کنترل ژنتیکی تعداد روز تا گلدهی و ارتفاع گیاه توسط اثر افزایشی ژن ها است. در مورد شاخص برداشت فقط جز افزایشی معنی دار بود که حاکی از اهمیت بیشتر اثر افزایشی نسبت به اثر غیر افزایشی در کنترل این صفت بود. در کنترل ژنتیکی صفت طول خوشه که هر دو جز غیر افزایشی (H_1 و H_2) معنی دار بودند، سهم اثر غیرافزایشی نسبت به اثر افزایشی بیشتر بود. در تحقیقات گراویوس و مک نیو (Gravois and McNew 1993) با استفاده از

مذکور، دارای حداکثر آلل های مغلوب بودند (شکل ۷). ارقام صالح و شاه پسند با موقعیت حدواسط دارای ترکیبی از آلل های غالب و مغلوب بودند.

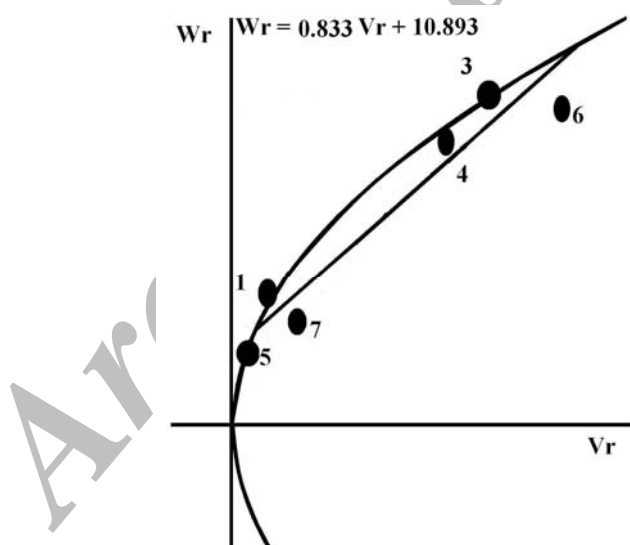
بر اساس هتروزیس مشاهده شده در هیبریدهای مورد مطالعه (جدول ۴ و شکل ۱) تلاقی صالح \times IRFAON-215 در رتبه دوم هتروزیس برای وزن شلتوک در هر بوته نسبت به متوسط والدین و والد برتر (IRFAON-215) قرار داشت. از آن جا که با حذف والد ندا فرضیات مدل افزایشی - غالبیت برای صفت وزن شلتوک در هر بوته محقق شد و در نتیجه دلیلی برای وجود اثر متقابل غیرآلی برای کنترل این صفت در مواد مورد مطالعه وجود نداشت (Mather and Jinks, 1977) و از طرفی هتروزیس مثبت و معنی دار برای وزن شلتوک در هر بوته در تلاقی فوق وجود داشت، هتروزیس مشاهده شده در این تلاقی را می توان به اثر غالبیت نسبت داد (Kearsey and Pooni, 1996). حال آن که اگر یکی از والدین تمام آلل های افزایشی صفت را در بر داشت، هتروزیس ناشی از عمل فوق غالبیت می بود.

با توجه به پراکنش والدین در طول خط رگرسیون در مورد شاخص برداشت، ارقام شاه پسند، دیلمانی و IRFAON-215 دارای حداکثر ژن های غالب بودند. ارقام سپیدرود و صالح با بیشترین فاصله درای حداکثر ژن های مغلوب بودند و ندا نیز در وضعیت حدواسط



شکل ۷- رگرسیون W_r بر روی V_r برای وزن شلتوک در هر بوته در برنج (۱: شاه‌پسند؛ ۲: حسنی؛ ۳: سپیدرود؛ ۵: دیلمانی؛ ۶: صالح؛ ۷: IRFAON-215)

Fig. 7. Regression of W_r to V_r grain yield per plant in rice (1: Shahpasand; 2: Hassani; 3: Sepidroud, 5: Deilmani; 6: Saleh; 7: IRFAON-215)



شکل ۸- رگرسیون W_r بر روی V_r برای شاخص برداشت در برنج (۱: شاه‌پسند؛

۳: سپیدرود؛ ۴: ندا؛ ۵: دیلمانی؛ ۶: صالح؛ ۷: IRFAON-215)

Fig. 8. Regression of W_r to V_r for harvest index in rice (1: Shahpasand; 3: Sepidroud, 4: Neda; 5: Deilmani; 6: Saleh; 7: IRFAON-215)

نتایج حاصل از تجزیه گرافیکی بیانگر این است که در مواد اصلاحی مورد مطالعه افزایش صفات مساحت برگ پرچم، ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف و طول خوشه توسط آلل‌های غالب، افزایش شاخص برداشت توسط آلل‌های مغلوب و برای دو صفت وزن شلتوک در هر بوته و تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی افزایش این صفات توسط ترکیبی از آلل‌های غالب و مغلوب کنترل شد.

با توجه به این که در پروژه‌های اصلاحی افزایش شاخص برداشت، کاهش دوره رشد و دست‌یابی به ارقام پاکوتاه مدنظر محققین است، نتایج بررسی تطبیقی هتروزیس مشاهده شده در صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، ارتفاع گیاه و شاخص برداشت در مقایسه با وزن شلتوک هر بوته نشان داد که در تلاقی ندا \times IRFAON-215 هتروزیس مثبت برای صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی و ارتفاع گیاه (به عبارتی افزایش این صفات) و هتروزیس منفی برای شاخص برداشت وجود داشت، که نشان می‌دهد این تلاقی نمی‌تواند یک تلاقی مطمئن از نظر چند صفت عمده مذکور برای تولید هیبرید باشد. تلاقی ندا \times صالح علی‌رغم این که هتروزیس کمتری را برای وزن شلتوک در هر بوته نشان داد ولی از نظر سایر صفات نیز از هتروزیس مطلوب، یعنی هتروزیس منفی برای تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی و ارتفاع گیاه و هتروزیس مثبت برای شاخص برداشت،

ژرم پلاسما آمریکا و سینک و کومار (Singh and Kumar 2004) سهم بیشتر اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی تعداد روز تا گلدهی، ارتفاع گیاه، طول خوشه و عملکرد دانه گزارش شد.

نتایج این تحقیق نشان داد که صفات مساحت برگ پرچم، طول خوشه و وزن شلتوک هر بوته تحت تاثیر عمل فوق غالبیت ژن‌ها است. حال آن که صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف و شاخص برداشت تحت تاثیر غالبیت جزء ژن‌های عامل این صفات هستند. تجزیه گرافیکی نیز موید نتیجه فوق بود. به طوری که در صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف، وزن شلتوک در هر بوته و شاخص برداشت که خط رگرسیون، محور Wr و سهمی محدودکننده را در بخش مثبت قطع کرد، دلالت بر عمل غالبیت نسبی ژن‌های کنترل‌کننده داشت ولی برای طول خوشه و مساحت برگ پرچم این تقاطع در قسمت منفی یا به عبارتی زیر مبدأ مختصات قرار گرفت و نشان‌دهنده درجه‌ای از فوق غالبیت بود. نتیجه حاصل از تجزیه گرافیکی و برآورد پارامترها از نظر نوع عمل ژن برای تمام صفات با همدیگر هماهنگ بود، به جز وزن شلتوک در هر بوته که در تجزیه گرافیکی عمل غالبیت جزء را نشان داد، ولی درجه غالبیت حاکی از عمل فوق غالبیت ژن‌ها بود.

برخوردار بود و از این رو می‌تواند در پروژه‌های تولید هیبرید مورد بهره‌گیری قرار گیرد. در تلاقی صالح \times IRFAON-215 با وجود هتروزیس منفی برای تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی و هتروزیس مثبت برای شاخص برداشت، وجود هتروزیس مثبت و بالا برای ارتفاع گیاه از مفید بودن این تلاقی در تولید هیبریدی پاکوتاه می‌کاهد. اما از آنجا که هتروزیس مشاهده شده برای عملکرد دانه ناشی از غالبیت متوسط است، امکان تولید لاین‌های اینبردی که فراتر از والدین باشند، در این تلاقی وجود دارد.

References

- Acharya, B., Swain, B., and Pande, K. 2000.** Nature of gene action for yield and its components in lowland rices using diallel analysis. *Oryza* 37: 76-78.
- Akram, M. 2004.** Inheritance of seed and seedling vigor in rice (*Oryza sativa* L.). Ph.D. Thesis, Department of Plant Breeding and Genetics, University of Arid Agriculture, Rawalpindi, Pakistan.
- Alam, M. F., Khan, M. R., Nuruzzaman, M., Parvez, S., Swaraz, A. M., Alam, I., and Ahsan, N. 2004.** Genetic basis of heterosis and inbreeding depression in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Zhejiang University Science* 5: 406-411.
- Alonso Torres, E., and Isaias, O. G. 2007.** Partial diallel analysis of agronomic characters in rice (*Oryza sativa* L.). *Genetics and Molecular Biology* 30: 605-613.
- Alzona, A. V., and Arraudeau, M. A. 1995.** Heterosis in yield components of upland rice. *Philippine Journal Crop Science* 17: 13-18.
- Anonymous. 2002.** Standard Evaluation System for Rice. IRRI, Philippines.
- Anonymous. 2004.** SPSS 14. SPSS users guide. SPSS Inc, Chicago, IL., USA.
- Brar, D. S., and Khush, G. S. 2002.** Transferring genes from wild species into rice. pp. 197-217. In: Kang, M. S. (ed.) *Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding*. CABI, Oxford.
- Calpe, C. 2004.** Rice situation update. *International Rice Commission Newsletter*, 53: 4-16.
- Chandler, R. F. J. 1969.** Plant morphology and stand geometry in relation to nitrogen. *Crop Science* 9: 265-285.
- Gravois, K., and McNew, R. 1993.** Combining ability and heterosis in U.S southern long grain rice. *Crop Science* 33: 83-86.

- Griffing, B. 1956.** Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biology Science* 9: 463-493.
- Hosseini, M., Honarnejad, R., Torang, A. R. 2005.** Estimation of gene effects and combining ability for some of quantitative traits in rice by diallel method. *Iranian Journal of Agricultural Science* 36: 21-32 (in Farsi).
- Kearsey, M. L., and Pooni, H. S. 1996.** *The Genetic Analysis of Quantitative Traits.* Chapman and Hall, London. 381 pp.
- Leng, Y., and Hong, D. L. 2004.** Grain quality and genetic analysis of hybrids derived from different ecological types in Japonica rice (*Oryza sativa* L.). *Rice Science* 11: 165-170.
- Liu, G., Zhang, Z., Zhu, H., Zhao, F., Ding, X., Zeng, R., Li, W., and Zhang, G. 2008.** Detection of QTLs with additive effects and additive by environment interaction effects on panicle number in rice (*Oryza sativa* L.) with single-segment substitution lines. *Theoretical and Applied Genetics* 116: 923-931.
- Mather, K., and Jinks, J. L. 1971.** *Biometrical genetics.* Cornell Univ. Press, Ithaca, NY. 38 pp.
- Mather, K., and Jinks, J. L. 1977.** *Introduction to Biometrical Genetics.* Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Matzinger, D. F., Mann, T. J., and Cokerham, C. C. 1962.** Diallel crosses in *Nicotina tabacum*. *Crop Science* 2: 383-386.
- Mishra, D. K., and Singh, C. B. 1998.** Gene action for seed yield and its components in rice under different environments. *Oryza* 35: 325-328.
- Nuruzzaman, M., Alam, M. F., Ahmed, M. G., Shohael, M. A., Biswas, M. K., Amin, M. R., and Hossain, M.M. 2002.** Studies on parental variability and heterosis in rice (*Oryza sativa* L.). *Pakistan Journal of Biological Science* 5: 1006-1009.
- Roy, D. 2000.** *Plant Breeding Analysis and Exploitation of Variation.* Alpha Science International LTD. 701 pp.
- Shapiro, S. S., and Wilk, M. B. 1965.** An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometry*. 52: 591-611.

- Sharifi, P., Dehghani, H., Mumeni, A., and Moghaddam, M. 2009.** Estimation of genetic and genotype \times environment effects for some quantitative traits of rice. Iranian Journal of Agricultural Sciences. (Accepted, in Farsi).
- Singh, N.K., and Kumar, A. 2004.** Combining ability analysis to identify suitable parents for heterotic rice hybrid breeding. Inter. Rice Research Notes, 29: 21-22.
- Ukai, Y. 2006.** DIAL98. A package of programs for the analyses of a full and half diallel table with the methods by Hayman (1954), Griffing(1954) and others. Available from: <http://lbm.ab.a.u-tokyo.ac.jp/~ukai/dial98.html>
- Vanaja, T., and Babu, C. 2004.** Heterosis for yield and yield components in rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Tropical Agriculture 42: 43-44.
- Verma, O. P., and Srivastava, H. K. 2004.** Genetic component and combining ability analyses in relation to heterosis for yield and associated traits using three diverse rice-growing ecosystems. Field Crop Research 88: 91-102.
- Virmani, S. S., Mao C. X., and Hardy B. 2003b.** Hybrid rice for food security, poverty alleviation, and environmental protection. Proceedings of the 4th International Symposium on Hybrid Rice, Hanoi, Vietnam, 14-17 May 2002. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 407 pp.
- Virmani, S. S., Sun, Z. X., Mou, T. M., Jauhar Ali, A., and Mao, C. X. 2003a.** Two-Line Hybrid Rice Breeding Manual. Copyright International Rice Research Institute, Philippines.
- Zhang, Q., Gao, Y. J., Yang, S. H., Ragab, R. A., Maroof, M. A. S., and Li, Z. B. 1994.** A diallel analysis of heterosis in elite hybrid rice based on RFLPs and microsatellites. Theoretical and Applied Genetics 89: 185-192.