مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۲۶، شماره ۱، سال ۱۳۸۹

تجزیه دای‌آلل 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 دریافت: ۱۳۸۷/۷/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۷/۲

چکیده

شریفی، پ.، دهقانی، ح.، مومنی، ع.، و مقدم، م. ۱۳۸۹. تجزیه دای‌آلل 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 دای‌آلل 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.

نویسنده مسئول: dehghanr@modares.ac.ir

مقدمه

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 تامین‌کننده 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 تک لپه‌ای‌ها، 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 (FAO, 2007)[1] 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 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 پنچه‌های 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.

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

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 تواراث و ارزیابی پارامترهای ژنتیکی کنترل کننده این صفات در اصلاح آن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. از میان روش‌های مختلف ارزیابی چگونگی عمل ژن‌های کنترل‌کننده صفات در والدین، تجزیه دای‌آلل 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 دای‌آلل به روش هیمن تعدادی از صفات مورفولوژیک را مورد مطالعه قرار داد 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 ایساياس (Alenso 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 دای‌آلل 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 نتاج حاصل از تلاقی دای‌آلل 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 = ۶/۵ انجام شد. مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق شامل هفت رقم برنج و بذرهای تلاقی‌های مستقیم

(F_1) و معکوس (RF_1) حاصل از تلاقی دای‌آلل 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 اندازه گیری 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 SAS[1] (SAS, 2005) انجام شد تا در صورت معنی‌دار بودن تفاوت بین ژنوتیپ‌ها و همچنین صادق بودن فرضیات مدل، تجزیه دای‌آلل با روش هیمن (Hayman, 1954) با استفاده از برنامه dial 98 [2] (Ukai, 2006) 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 دای‌آلل با شش تکرار (هر سال شامل سه تکرار و در مجموع شش تکرار) با استفاده از برنامه dial 98 (Ukai, 2006) انجام شد. آزمون برابری شیب رگرسیون با ۱ و صفر برای صفات مورد مطالعه قبل از تجزیه دای‌آلل انجام شد (Mather and Jinks, 1977). با انجام تجزیه دای‌آلل پارامترهای ژنتیکی کنترل‌کننده صفات از جمله نوع عمل ژن، تعداد ژن‌های کنترل‌کننده، متوسط جهت غالبیت، نسبت ژن‌های دارای اثر مثبت ومنفی 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:

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

1. http://www.sas.com
2. http://ibm.ab.a.u-tokuo.ac.jp/~ukai/dia/98.htm/

هتروزیس مطلق نسبت به والد برتر:

$$AHPH = F_1\text{-}HPV$$

هتروزیس نسبی نسبت به والد برتر:

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

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:

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

آزمون t برای هتروزیس بر اساس والد برتر:

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

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 خوشه‌دهی در تلاقی ندا × IRFAON-215 ۱۰۲/۹۰ بود، اما هیچ‌کدام از هیبریدها تعداد روز از نشاکاری تا آغاز خوشه‌دهی پایین‌تر از رقم حسنی را نداشتند. ارقام شاه‌پسند (۳۴/۹۲ سانتی‌متر مربع) و صالح (۲۷/۴۹ سانتی‌متر 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 سانتی‌متر مربع، در تلاقی صالح × شاه‌پسند متغیر بود. دو رقم ندا و دیلمانی به ترتیب با ۱۰۰/۲۷ و ۱۶۴/۶۵ سانتی‌متر ارتفاع کوتاه‌ترین و بلندترین ارقام در این تحقیق بودند (جدول ۲) و در بین نتاج، تلاقی‌های ندا × سپیدرود و دیلمانی × شاه‌پسند به ترتیب با ۱۰۱/۰۷ و ۱۶۴/۹۵ سانتی‌متر ارتفاع، در دو انتها از نظر این صفت قرار داشتند. کمترین طول خروج خوشه از غلاف مربوط به رقم شاه‌پسند با مقدار ۰/۲۵ سانتی‌متر و بیشترین میزان طول خروج خوشه از غلاف مربوط به رقم دیلمانی با ۸/۸۱ سانتی‌متر 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 سانتی‌متر برای رقم دیلمانی متغیر و برای تلاقی سپیدرود × دیلمانی با ۳۷/۶۷ سانتی‌متر حداکثر بود. براساس نتایج حاصل ارقام حسنی(۲۳/۹۵ گرم) و سپیدرود

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 تلاقی‌های حاصل از آن‌ها

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

Genotype	ژنوتیپ	تعداد روز از نشاکاری تا آغاز خوشه‌دهی Days to flowering	مساحت برگ پرچم Flag leaf area (cm^2)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	طول خروج خوشه از غلاف Panicle exsertion (cm)	طول خوشه Panicle length (cm)	وزن شلتوک هر بوته Grain yield per plant (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)
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	حسنی	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: 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.

ادامه جدول ۲

Table 2. Contonued

Genotype	ژنوتیپ	تعداد روز از نشاکاری تا آغاز خوشه‌دهی Days to flowering (cm²)	مساحت برگ پرچم Flag leaf area (cm)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	طول خروج خوشه از غلاف Panicle exsertion (cm)	طول خوشه Panicle length (cm)	وزن شلتوک هر بوته Grain yield per plant (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)
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: نداء؛ د: دیلمانی ؛ ص: صالح؛ IR: IRFAON-215

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

(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 بالا 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 چاندلر (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 ارایه 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 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 آن‌که 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

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 F_1 حاصل از تلاقی دای‌آلل 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

		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 (%)			
Traits†	صفات	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 exsertion; 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 hecterosis; PHPH: Relative high-parent. Ieterosis.

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 × 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 درهیبریدهای حاصل از تلاقی صالح × IRFAON-215 و ندا × صالح 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 × 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 × سپیدرود بیشترین میزان هتروزیس منفی را داشت.

در تلاقی‌های ندا × IRFAON-215، صالح × IRFAON-215 و ندا × 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 موجود در وزن شلتوک در هر بوته مورد مقایسه قرار گرفت (شکل ۱). صفت تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی در تلاقی ندا × IRFAON-215 دارای هتروزیس مثبت و در دو تلاقی دیگر دارای هتروزیس منفی بود. صفت ارتفاع گیاه در دو تلاقی ندا × IRFAON-215 و صالح × IRFAON-215 هتروزیس مثبت و در تلاقی ندا × صالح هتروزیس منفی داشت و شاخص برداشت در تلاقی ندا × 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 نشان نداد (جدول ۵) ولی با عدد صفر تفاوت معنی‌دار داشت. لذا پیش‌فرض‌های لازم برای تجزیه دای‌آلل به روش هیمن که عمده آن‌ها عدم وجود اپیستازی یا اثر متقابل ژن‌های غیرآللی 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

جدول۴- 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	ش× IR	38.86	33.12	5.74	17.33	3.77	10.75
SH × N	ن×ش	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	ن×د	35.16	31.19	3.96	12.71	-0.67	-1.87
SH × SA	ص×ش	33.95	31.08	2.88	9.26	2.80	9.00
IR × SH	ش× IR	36.12	33.12	3.00	9.05	1.03	2.93
IR × D	د× IR	32.69	30.82	1.87	6.06	-2.40	-6.84
N × SP	س×ن	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	س×ص	37.85	36.95	0.90	2.44	-5.05	-11.76
SH × D	د×ش	28.14	28.85	-0.71	-2.46	-3.01	-9.65
SA× H	ح×ص	26.77	27.48	-0.71	-2.57	-4.23	-13.65
H × N	ن×ح	29.00	29.89	-0.89	-2.97	-6.83	-19.05
SP × N	ن×س	37.19	39.36	-2.17	-5.51	-5.70	-13.29
SP × SA	ص×س	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	ح×ش	24.41	27.55	-3.14	-11.40	-6.74	-21.64
N × H	ح×ن	26.21	29.89	-3.68	-12.30	-9.62	-26.84
IR × H	ح× IR	25.54	29.52	-3.98	-13.47	-9.55	-27.21
SA× D	د×ص	24.50	28.78	-4.29	-14.89	-6.51	-20.99
D × SA	ص×د	24.27	28.78	-4.51	-15.68	-6.74	-21.73
H × D	د×ح	21.11	25.25	-4.15	-16.42	-5.45	-20.53
D × H	ح×د	20.92	25.25	-4.34	-17.17	-5.64	-21.24
D × SH	ش×د	23.77	28.85	-5.09	-17.64	-7.39	-23.71
H × SH	ش×ح	22.23	27.55	-5.32	-19.32	-8.92	-28.65
H × SA	ص×ح	20.68	27.48	-6.80	-24.73	-10.32	-33.30
SH × SP	س×ش	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	س×ح	21.68	33.42	-11.74*	-35.13	-21.21**	-49.45
SP × H	ح×س	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.

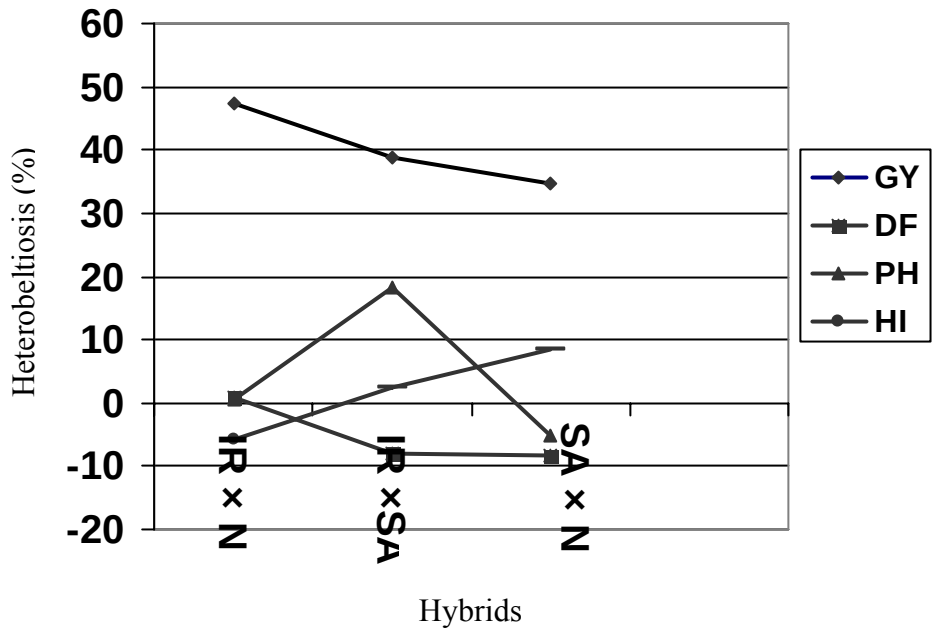
جدول ۵- ضرایب رگرسیون Wr نسبت به Vr آزمون آن‌ها برای تعدادی از صفات مورفولوژیک برنج

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

Trait	صفت	$b \pm s_b$	H_0: β=0, t value	H_0: β=1, t value
DF	تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی	0.78±0.168	4.652**	1.291 ns
FLA	مساحت بر گ پرچم	0.86± 0.240	3.570**	0.591 ns
PH	ارتفاع گیاه	0.97± 0.051	18.974**	0.666ns
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**	1.76ns

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

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 دای‌آلل وجود داشت.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس دای‌آلل بر اساس روش هیمن (Hayman, 1954) در جدول ۶ ارائه شده است. میانگین مربعات جزء a که بیانگر معنی‌دار 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 معنی‌دار بود. میانگین مربعات جزء b برای ارتفاع گیاه و طول خروج خوشه از غلاف معنی‌دار بود که نشان‌دهنده معنی‌دار 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 معنی‌دار 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 معنی‌دار نبود. مقدار b_2 که بیانگر باقیمانده اثر غیرافزایشی است، برای ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف و وزن شلتوک در هر بوته معنی‌دار شد که بنابر نظر متر و جینکز (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 هیچ‌کدام از صفات معنی‌دار نشد. میانگین مربعات جزء d که نمایانگر وجود اثر متقابل خصوصی است (Roy, 2000)، فقط برای وزن شلتوک معنی‌دار بود. جز c که نشان‌دهنده اثر متقابل عمومی است، برای هیچ‌کدام از صفات مورد مطالعه معنی‌دار 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 معنی‌دار بودن نوعی از اثر غیرافزایشی (b۳) برای وزن شلتوک و همچنین ملاحظه هتروزیس در تعدادی از تلاقی‌ها، تولید هیبریدهای دارای مقدار متوسطی

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

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی 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 معنی دار، معنی دار 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	درجه آزادی 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 معنی دار، معنی دار 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.

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. معنی‌دار بودن 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 کنترل کننده این صفات بود (Verma and Srivastava, 2004).

مقدار درجه غالبیت $(H_1/D)^{0.5}$ بالاتر از یک برای مساحت برگ پرچم، طول خوشه و وزن 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 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

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 exsertion	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 افزایش	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 ومنفی	0.25	0.25	0.25	0.23	0.24	0.12	0.25

(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.

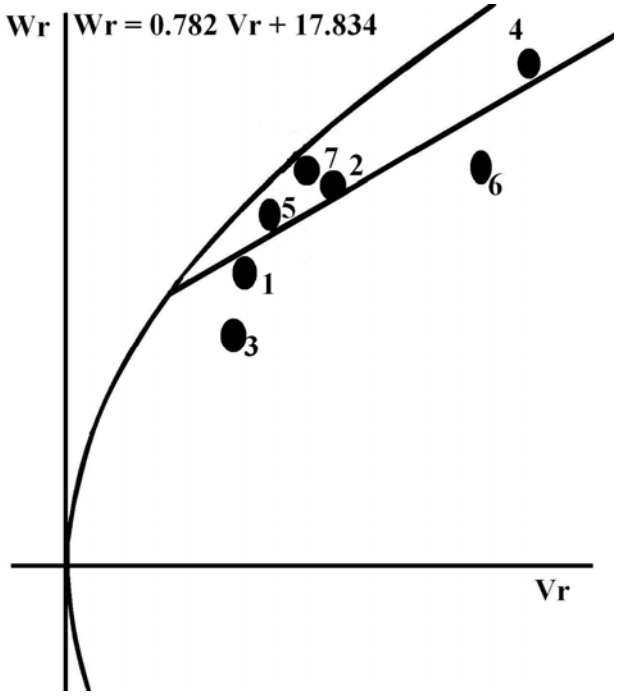
تجزیه گرافیکی Wr روی Vr برای میانگین تمام صفات مطالعه شده در دو سال در شکل‌های ۲ تا ۸ نشان داده شده است. برای تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف، وزن شلتوک در هر بوته و شاخص برداشت خط رگرسیون محور Wr و سهمی محدودکننده را در بخش مثبت قطع کرد و حال آن‌که برای طول خوشه 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 هیچ‌کدام از والدین در محل تقاطع خط رگرسیون و سهمی محدودکننده قرار نداشتند که نشان می‌دهد هیچ‌کدام 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، تقریبا 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

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 غلاف 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: Sepidroud; N: neda; D: Delimani; SA: Saleh; IR: IRFAON-215.



شکل ۲- رگرسیون Wr بر روی Vr 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 Wr to Vr for days to flowering in rice
(1: Shahpasand; 2: Hassani; 3: Sepidroud: 4: Neda; 5: Deilamani; 6: Saleh; 7: IRFAON-215)

(Mather and Jinks, 1971).

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.

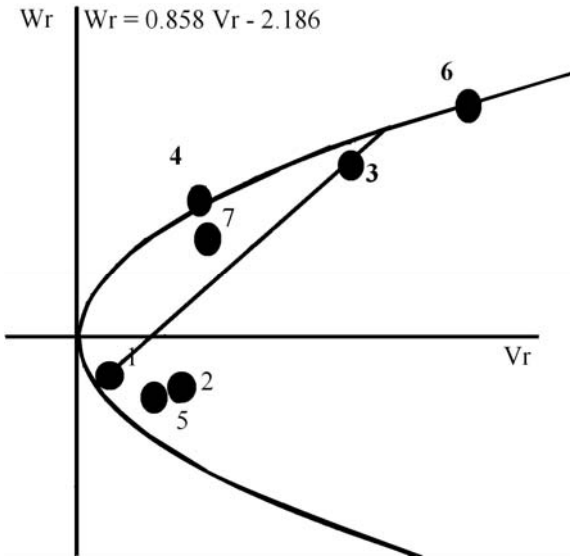
در شکل ۳ که در ارتباط با کنترل ژنتیکی مساحت برگ پرچم است، ارقام بومی شاه‌پسند، دیلمانی و حسنی که دارای بیشترین میزان مساحت برگ پرچم بودند، نزدیک مبدأ مختصات و در پایین خط رگرسیون و ارقام اصلاح شده (ندا، سپیدرود و صالح) و رقم IRFAON-215 که مساحت برگ پرچم در آن‌ها کمتر بود در دورترین نقاط واقع شدند. بنابراین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

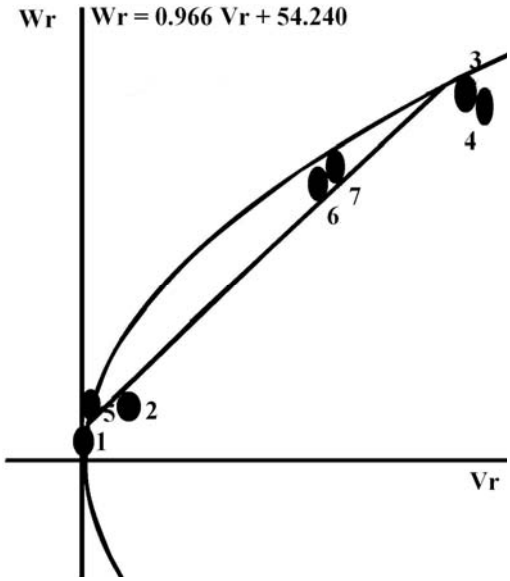
در شکل ۶ همان‌طور که ملاحظه می‌شود ارقام شاه‌پسند، دیلمانی و حسنی با حداکثر طول خوشه نزدیک مبدأ مختصات قرار داشتند و بیشترین آلل‌های غالب را داشتند، ولی رقم ندا دارای بیشترین ژن‌های مغلوب بود و ارقام سپیدرود، صالح و IRFAON-215 در وضعیت حدواسط قرار داشتند. از روی نتیجه تجزیه گرافیکی می‌توان اظهار کرد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



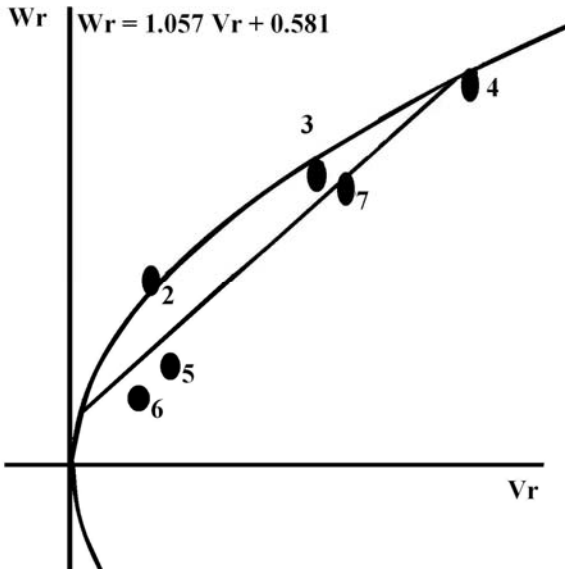
شکل ۳- رگرسیون Wr بر روی Vr برای مساحت برگ پرچم در برنج (۱: شاه‌پسند؛ ۲: حسنی؛ ۳: سپیدرود؛ ۴: ندا؛ ۵: دیلمانی؛ ۶: صالح؛ ۷: IRFAON-215)

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



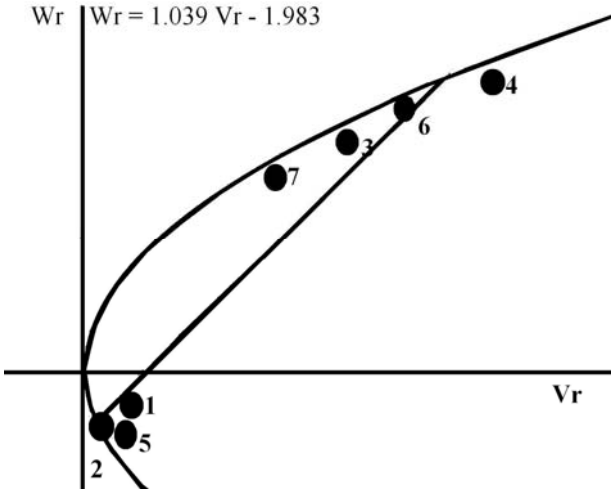
شکل ۴- رگرسیون Wr بر روی Vr برای ارتفاع گیاه در برنج (۱: شاه‌پسند؛ ۲: حسنی؛ ۳: سپیدرود؛ ۴: ندا؛ ۵: دیلمانی؛ ۶: صالح؛ ۷: IRFAON-215)

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



شکل۵- رگرسیون Wr بر روی Vr برای طول خروج خوشه از غلاف در برنج (۲: حسنی؛ ۳: سپیدرود؛ ۴: ندا؛ ۵: دیلمانی؛ ۶: صالح؛ ۷: IRFAON-215)

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



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

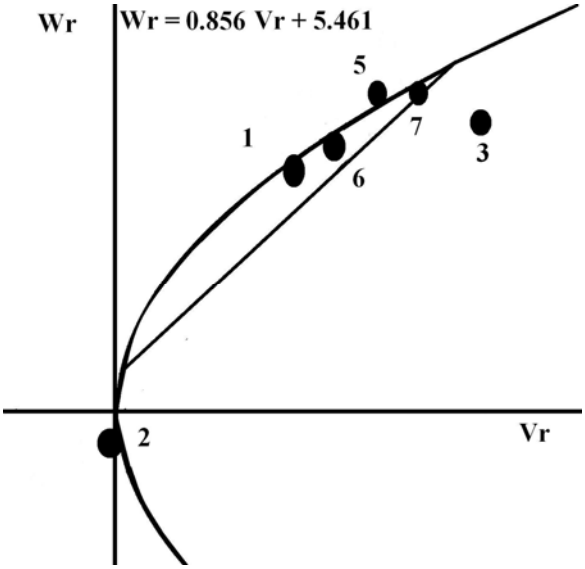
Fig. 6. Regression of Wr to Vr panicle length in rice (1: Shahpasand; 2: Hassani; 3: Sepidroud, 4: Neda; 5: Deilmani; 6: Saleh; 7: IRFAON-215)

مذکور، دارای حداکثر آلل‌های مغلوب بودند (شکل ۷). ارقام صالح و شاه‌پسند با موقعیت حدواسط دارای ترکیبی از آلل‌های غالب و مغلوب بودند.

بر اساس هتروزیس مشاهده شده در هیبریدهای مورد مطالعه (جدول ۴ و شکل ۱) تلاقی صالح × IRFAON-215 در رتبه دوم هتروزیس برای وزن شلتوک در هر بوته نسبت به متوسط والدین و والد برتر (IRFAON-215) قرار داشت. از آن‌جا که با حذف والد ندا فرضیات مدل افزایشی- غالبیت برای صفت وزن شلتوک در هر بوته محقق شد و در نتیجه دلیلی برای وجود اثرمتقابل غیرآللی برای کنترل این صفت در مواد مورد مطالعه وجود نداشت (Mather and Jinks, 1977) و از طرفی هتروزیس مثبت و معنی‌دار برای وزن شلتوک در هر بوته در تلاقی فوق وجود داشت، هتروزیس مشاهده شده در این تلاقی را می‌توان به اثر غالبیت نسبت داد (Kearsey and Pooni, 1996). حال آن که اگر یکی از والدین تمام آلل‌های افزاینده صفت را در بر داشت، هتروزیس ناشی از عمل فوق غالبیت می‌بود.

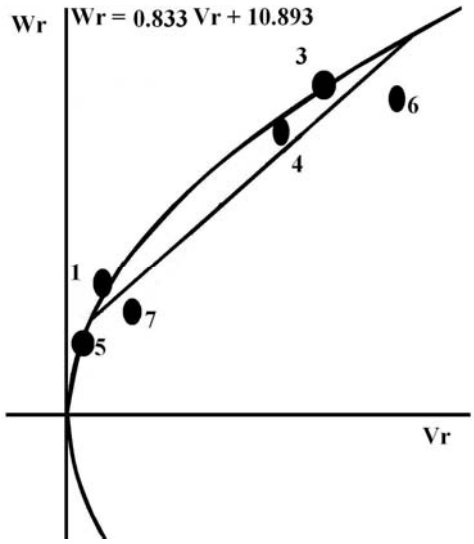
با توجه به پراکنش والدین در طول خط رگرسیون درمورد شاخص برداشت، ارقام شاه‌پسند، دیلمانی و IRFAON-215 دارای حداکثر ژن‌های غالب بودند. ارقام سپیدرود و صالح با بیشترین فاصله درای حداکثر ژن‌های مغلوب بودند و ندا نیز در وضعیت حدواسط قرار داشت (شکل ۸). از آن‌جا که شاخص برداشت در سه رقم دوم بالا و در سه رقم اول پایین بود، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش شاخص برداشت توسط آلل‌های مغلوب کنترل می‌شود.

به طور کلی در تحقیق حاضر واریانس افزایشی، غالبیت و شکل دیگر واریانس غیرافزایشی برای صفات تعداد روز از نشاکاری تا خوشه‌دهی، ارتفاع گیاه، طول خروج خوشه از غلاف و طول خوشه معنی‌دار بود که بیانگر وجود اثر افزایشی و غیرافزایشی در کنترل این صفات بود. اما از آن‌جا که واریانس افزایشی نسبت به واریانس غالبیت در سه صفت اول بیشتر بود، می‌توان 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 ایساياس (Alenso 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 ژن‌ها است. در مورد شاخص برداشت فقط جز افزایشی معنی‌دار 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) معنی‌دار بودند، سهم اثر غیرافزایشی نسبت به اثر افزایشی بیشتر بود. در تحقیقات گراویوس و مک نیو (Gravois and McNew 1993) با استفاده از



شکل ۷- رگرسیون Wr بر روی Vr 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 Wr to Vr grain yield per plant in rice (1: Shahpasand; 2: Hassani; 3: Sepidroud, 5: Deilmani; 6: Saleh; 7: IRFAON-215)



شکل ۸- رگرسیون Wr بر روی Vr برای شاخص برداشت در برنج (۱: شاه‌پسند؛ ۳: سپیدرود؛ ۴: ندا؛ ۵: دیلمانی؛ ۶: صالح؛ ۷: IRFAON-215)

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

ژرم‌پلاسم 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 ژن های 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.

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 × 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 × 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،

برخوردار بود و از این رو می‌تواند در پروژه‌های تولید هیبرید مورد بهره‌گیری قرار گیرد. در تلاقی صالح × 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.

Alenso 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 geneeffects 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 × 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 progams 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.