



## تحقیقات غلات

دوره هفتم / شماره سوم / پاییز ۱۳۹۶ (۳۴۱-۳۳۱)

# هتروزیس و تجزیه دای آلل برای عملکرد و برخی صفات مورفولوژیک در برنج (*Oryza sativa* L.)

علیرضا حقیقی حسنعلیده<sup>۱</sup>، عزت‌الله فرشادفر<sup>۲\*</sup> و مهرزاد الله‌قلی‌پور<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۶

تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۲۵

### چکیده

به منظور بررسی ترکیب پذیری ارقام، نوع عمل ژن‌ها و هتروزیس عملکرد و برخی صفات مورفولوژیک در برنج، نتاج  $F_2$  حاصل از تلاقی دای آلل  $6 \times 6$  به صورت طرح نیمه دای آلل به همراه والدین آن‌ها در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور در سال ۱۳۹۴ کشت شدند. نتایج تجزیه واریانس برای تمامی صفات مورد مطالعه نشان داد که اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر تمامی صفات معنی‌دار بود. نتایج تجزیه دای آلل به روش دوم گاردنر-ابرهارت نشان داد که اثر واریته در تمامی صفات و اثر هتروزیس، هتروزیس متوسط، هتروزیس واریته و هتروزیس خصوصی برای صفات عملکرد، روز تا ظهور خوشه و طول برگ پرچم معنی‌دار بود. برای صفت عملکرد، والد‌های IR50 و RI18447-2 واجد بیشترین مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار بودند و بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری خصوصی در تلاقی  $IR50 \times RI18430-46$  مشاهده شد. نتایج تجزیه دای آلل به روش سوم گاردنر-ابرهارت وجود آثار افزایشی و غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی صفات عملکرد، روز تا ظهور خوشه، ارتفاع بوته و تعداد خوشه‌چه را آشکار ساخت. دامنه هتروزیس برتر و هتروزیس نسبی در صفت عملکرد به ترتیب بین  $35/03$  تا  $17/16$  و  $28/59$  تا  $24/01$  درصد متغیر بود. بیشترین کاهش هتروزیس برتر و هتروزیس نسبی در صفت ارتفاع بوته به ترتیب با  $14/36$  و  $12/73$  درصد بود. دامنه هتروزیس برتر برای صفت تعداد خوشه‌چه در خوشه بین  $33/44$  تا  $1/58$  درصد متغیر بود. با توجه به ترکیب‌پذیری، وجود آثار افزایشی و هتروزیس مناسب در بیشتر صفات مطالعه شده، امکان اصلاح این صفات از طریق هر دو روش گزینش و تولید هیبرید در جمعیت مورد مطالعه وجود دارد.

**واژه‌های کلیدی:** اثر واریته، روش گاردنر-ابرهارت، هتروزیس برتر، هتروزیس واریته، هتروزیس نسبی

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۳- استادیار پژوهش، بخش اصلاح بذر، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

\* نویسنده مسئول: [e\\_farshadfar@yahoo.com](mailto:e_farshadfar@yahoo.com)

## مقدمه

بررسی ترکیب‌پذیری و هتروزیس در برنج بیان داشتند که عملکرد و اجزای آن تحت عمل افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها کنترل می‌شوند. توریس و جرالدی (Torres and Geraldi, 2007) با استفاده از طرح تلاقی دای‌الل در گیاه برنج برای صفات ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد دانه در هر خوشه و وزن هزار دانه سهم اثر غالبیت را بیشتر از اثر افزایشی ژن‌ها گزارش کردند. کومار و همکاران (Kumar et al., 2012) وجود هتروزیس معنی‌دار و منفی را برای صفات روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته در برنج گزارش کردند. پاتیل و همکاران (Patil et al., 2011) وجود ۱۶ درصد هتروزیس منفی نسبت به والد برتر را برای صفت ارتفاع بوته در برنج بیان داشتند. مالینی و همکاران (Malini et al., 2006) وجود هتروزیس در صفت تعداد خوشه‌چه در خوشه را در هیبرید IR 68885A×White ponni گزارش نمودند. اسفالیزا و همکاران (Asfaliza et al., 2012) و رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2010) ترکیب‌پذیری در لاین‌های برنج را بررسی کردند. محققین دیگری از جمله شریفی و همکاران (Sharifi et al., 2010)، هوانگ و همکاران (Huang et al., 2016) و تیواری (Tiwari, 2015) وجود هتروزیس در صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه برنج را مورد بررسی قرار دادند.

تحقیق حاضر به منظور بررسی ترکیب‌پذیری ارقام، نوع عمل ژن‌ها و هتروزیس عملکرد و برخی صفات مورفولوژیک در برنج به منظور تعیین روش اصلاحی مناسب اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در رشت، با طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی با ارتفاع ۷- متر از سطح دریای آزاد و بافت خاک سیلنتی رسی با pH حدود ۷ انجام شد. لاین‌های مورد بررسی از بین ۹۴ ژنوتیپ مختلف برنج که بر اساس نشانگرهای ریزوماهواره گروه‌بندی شدند (Allahgholipour et al., 2014) بر مبنای اهداف اصلاحی این تحقیق انتخاب شدند. بر این اساس، شش رقم و لاین جهت استفاده از آن‌ها در یک طرح تلاقی دای‌الل ۶×۶ انتخاب و بذر آن‌ها از مؤسسه تحقیقات برنج کشور تهیه شد. مشخصات این لاین‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

برنج دومین غله مهم و غذای بیش از نیمی از مردم جهان است. جمعیت کشورهای مصرف‌کننده برنج همواره رو به افزایش است و بر اساس پیش‌بینی‌ها تا سال ۲۰۳۰ تولید برنج باید چهل درصد افزایش پیدا کند (Veerasha et al., 2015). برای تغذیه جمعیت روبه‌رشد بشر و سطوح رو به کاهش زمین‌های قابل کشت، استفاده از هتروزیس جهت افزایش تولید گیاهان، به یک استراتژی پر قدرت تبدیل شده است (Huang et al., 2015). استفاده از فناوری تولید برنج هیبرید در بسیاری از کشورها از جمله ایران در حال گسترش است. با توجه به این‌که ایران یکی از کشورهای واردکننده برنج است، افزایش عملکرد در برنج به‌ویژه از طریق تولید ارقام هیبرید و توجه به هتروزیس می‌تواند در نیل به خودکفایی در برنج کمک کند (Sharifi et al., 2010).

در طراحی برنامه‌های به‌نژادی عملکرد، متخصصین اصلاح نباتات باید اقدام به گزینش والدین مورد استفاده در تلاقی کنند که امری حساس و حیاتی است. حساسیت و پیچیدگی این امر هنگامی بیشتر می‌شود که به‌نژادگر مجبور به انتخاب ژنوتیپ‌های مورد نظر از میان مجموعه‌ای از یک ژرم‌پلاسم متنوع باشد. اصلاح واریته‌های پرمحصول مستلزم شناخت ساختار ژنتیکی والدین مورد تلاقی و نیز ترکیب‌پذیری صفات مطلوب آن‌ها می‌باشد که این امر از طریق استفاده از روش‌های ژنتیک کمی میسر می‌شود (Ahmadikhah, 2009). به‌منظور به‌دست آوردن این اطلاعات، روش‌های تجزیه ژنتیکی مختلفی ارایه شده است که تجزیه دای‌الل یکی از بهترین روش‌ها است. از بین روش‌های تجزیه دای‌الل، روش‌های گاردنر - ابرهارت (Gardner and Eberhart, 1966) اطلاعات بسیار مفیدی در مورد نوع عمل ژن‌ها، هتروزیس و ترکیب‌پذیری والدین ارایه می‌دهند (Rabiei and Ali-Hossein Tayefeh, 2015). معمولاً به‌دست آوردن تعداد کافی بذر  $F_1$  در گیاهانی که به‌صورت دستی تلاقی داده می‌شوند، سخت است. از این‌رو محققان متعددی از نسل  $F_2$  جهت بررسی استفاده کرده‌اند. به عقیده آن‌ها تجزیه و تحلیل ژنتیکی نسل  $F_2$  نتایج قابل اطمینان‌تری را نسبت به نسل  $F_1$  ارایه می‌دهد (Cho and Scott, 2000). هوانگ و همکاران (Huang et al., 2015) با بررسی و ارزیابی هیبریدهای برنج، استفاده از هتروزیس را برای اصلاح صفت ارتفاع بوته پیشنهاد کردند. رای و همکاران (Ray et al., 2014) با

جدول ۱- اسامی، منشاء و شجره ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه در این تحقیق

Table 1. Name, origin of country and pedigree of rice genotypes used in this study

ردیف Row	ژنوتیپ Genotype	شجره Pedigree	منشاء Origin
1	گیلانه Gilaneh <sup>a</sup>	آبجی بوجی // آبجی بوجی / صالح Saleh / Abjiboji // Abjiboji	ایران، موسسه تحقیقات برنج RRII <sup>c</sup> , Iran
2	دیلمانی Daylamani <sup>b</sup>	رقم محلی Local cultivar	ایران، مازندران Mazandaran, Iran
3	IR50	IR50	فیلیپین، موسسه بین المللی تحقیقات برنج IRRI <sup>d</sup> , Philippines
4	لاین ۲۳ Line 23	IR75479-199-3-3	فیلیپین، موسسه بین المللی تحقیقات برنج IRRI, Philippines
5	RI18447-2	غریب / سپیدرود Sepidrood / Gharib	ایران، موسسه تحقیقات برنج RRII, Iran
6	RI18430-46	هاشمی / صالح Saleh / Hashemi	ایران، موسسه تحقیقات برنج RRII, Iran

<sup>a</sup> برنج اصلاح شده ایرانی، <sup>b</sup> برنج محلی ایرانی، <sup>c</sup> موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت، ایران)، <sup>d</sup> موسسه تحقیقات بین المللی برنج (ایری).  
<sup>a</sup> Iranian improved rice, <sup>b</sup> Iranian local rice, <sup>c</sup> Rice Research Institute of Iran (Rasht, Iran), <sup>d</sup> International Rice Research Institute (IRRI).

گاردنر- ابرهات با استفاده از نرم افزار DIALLEL- SAS05 (Yudong *et al.*, 2005) انجام شد.

هتروزیس نسبی نسبت به میانگین والدین (MH) و والد برتر یا هتروبلتیوسیسی (BH) به ترتیب بر اساس روابط ۱ و ۲ محاسبه شدند:

$$MH = \frac{\overline{F_2} - \overline{MP}}{\overline{MP}} \times 100 \quad (1)$$

$$BH = \frac{\overline{F_2} - \overline{BP}}{\overline{BP}} \times 100 \quad (2)$$

که در آن‌ها،  $\overline{F_2}$ ،  $\overline{MP}$  و  $\overline{BP}$  به ترتیب میانگین نتاج  $F_2$ ، میانگین دو والد و میانگین والد برتر در تلاقی هستند. برای بررسی وجود تفاوت معنی دار بین میانگین نتاج و میانگین والدین و نیز میانگین والد برتر برای هر کدام از صفات مورد مطالعه از آزمون t-استیودنت مطابق با روابط ۳ و ۴ استفاده شد (Roy, 2000):

$$t = \frac{\overline{F_{2ij}} - \overline{MP}_{ij}}{\sqrt{\frac{3}{8} \sigma_e^2}} \quad (3)$$

$$t = \frac{\overline{F_{2ij}} - \overline{BP}_{ij}}{\sqrt{\frac{1}{2} \sigma_e^2}} \quad (4)$$

نتاج  $F_2$  حاصل از تلاقی دای آلل به صورت طرح نیمه دای آلل که فقط شامل تلاقی‌های مستقیم بود به همراه والدین آن‌ها در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی مؤسسه تحقیقات برنج رشت در سال ۱۳۹۴ کشت شد. پس از اندازه‌گیری‌های صفات مورد مطالعه، تجزیه واریانس طرح آزمایشی با استفاده از نرم افزار SAS (SAS, 2011) جهت تعیین وجود اختلاف معنی دار بین ژنوتیپ‌ها انجام شد که در صورت وجود اختلاف معنی دار، تجزیه دای آلل با استفاده از روش‌های دوم و سوم گاردنر- ابرهات (Gardner and Eberhart, 1966) انجام گرفت. این روش‌ها در آنالیز داده‌های مربوط به طرح‌های نیمه دای آلل کاربرد دارند. در این روش‌ها اطلاعات بسیار مفیدی در خصوص نوع عمل ژن‌ها، هتروزیس و ترکیب پذیری والدین به دست می‌آید. در روش دوم گاردنر، هتروزیس به سه جزء تشکیل دهنده خود یعنی هتروزیس متوسط، هتروزیس واریته و هتروزیس اختصاصی تجزیه می‌شود. همچنین پارامترهای اثر واریته که بیانگر فراوانی ژن‌ها برای صفت مورد نظر نسبت به سایر والدین و هتروزیس واریته که ثابت مشارکت والد در هتروزیس کل تلاقی‌ها است، در روش دوم گاردنر- ابرهات برآورد می‌شود. در روش سوم ترکیب پذیری والدین و هیبریدها محاسبه می‌شود. کلیه محاسبات مربوط به روش‌های دوم و سوم

## نتایج و بحث

معنی‌دار بود. بنابراین، می‌توان انتظار داشت که تعدادی از این تلاقی‌ها دارای مقادیر متفاوت و معنی‌داری نسبت به والدین باشند و در نتیجه امکان انتخاب نتایج برتر وجود دارد. برای صفت ارتفاع بوته، هتروزیس متوسط و هتروزیس اختصاصی معنی‌دار بود، اما هتروزیس واریته معنی‌دار نشد. بنابراین برای این صفت میانگین همه نتایج با میانگین همه والدین اختلاف معنی‌دار داشت و تعدادی از تلاقی‌ها نیز نسبت به والدین اختلاف معنی‌دار داشتند. برای صفت تعداد خوشه‌چه در خوشه، هتروزیس متوسط معنی‌دار نبود، اما هتروزیس واریته و هتروزیس اختصاصی معنی‌دار بود و بنابراین اگرچه بین میانگین همه نتایج با میانگین همه والدین اختلافی وجود نداشت، اما برای تعدادی از ارقام و نتایج حاصل از آن‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد.

نتایج تجزیه واریانس برای تمامی صفات مورد مطالعه نشان داد که اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر تمامی صفات معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج تجزیه دای‌آلل به روش دوم گاردنر- ابرهارت (جدول ۲) نشان داد که اثر واریته در تمامی صفات معنی‌دار بود. اثر هتروزیس در صفات عملکرد دانه، روز تا ظهور خوشه، ارتفاع بوته، طول برگ پرچم و تعداد خوشه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برای صفت طول خوشه در هیچ‌کدام از اجزای هتروزیس اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. برای صفات عملکرد دانه، روز تا ظهور خوشه و طول برگ پرچم هر سه سطح هتروزیس متوسط، هتروزیس واریته و هتروزیس اختصاصی

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در برنج به روش دوم گاردنر- ابرهارت

Table 2. Analysis of variance for the studied traits in rice by the second method of Gardner-Eberhart (1966)

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square					
		عملکرد دانه Grain yield	روز تا ظهور خوشه Days to heading	ارتفاع بوته Plant height	طول برگ پرچم Flag leaf length	طول خوشه Panicle length	تعداد خوشه‌چه No. of spikelet
تکرار Replication	2	0.39 <sup>ns</sup>	1.09 <sup>ns</sup>	145.54 <sup>ns</sup>	1.74 <sup>ns</sup>	1.15 <sup>ns</sup>	0.55 <sup>ns</sup>
ژنوتیپ Genotype	20	2.09 <sup>**</sup>	39.02 <sup>**</sup>	434.81 <sup>**</sup>	34.8 <sup>**</sup>	3.94 <sup>*</sup>	5.69 <sup>**</sup>
واریته Variety	5	3.02 <sup>**</sup>	114.78 <sup>**</sup>	492.17 <sup>**</sup>	33 <sup>**</sup>	7.81 <sup>*</sup>	16.63 <sup>**</sup>
هتروزیس Heterosis	15	1.79 <sup>**</sup>	13.76 <sup>**</sup>	415.69 <sup>**</sup>	35.4 <sup>**</sup>	2.65 <sup>ns</sup>	2.04 <sup>**</sup>
هتروزیس متوسط Average heterosis	1	1.28 <sup>**</sup>	103.21 <sup>**</sup>	1563.11 <sup>**</sup>	37.67 <sup>**</sup>	0.53 <sup>ns</sup>	0.65 <sup>ns</sup>
هتروزیس واریته Variety heterosis	5	1.56 <sup>**</sup>	6.38 <sup>*</sup>	279.21 <sup>ns</sup>	16.09 <sup>**</sup>	3.68 <sup>ns</sup>	0.9 <sup>**</sup>
هتروزیس اختصاصی Specific heterosis	9	1.97 <sup>**</sup>	7.93 <sup>**</sup>	364.01 <sup>*</sup>	45.87 <sup>**</sup>	2.32 <sup>ns</sup>	2.84 <sup>**</sup>
خطای آزمایش Error	40	0.14	1.88	134.63	3.2	2.25	0.19

<sup>ns</sup>, \* و \*\*: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

<sup>ns</sup>, \* and \*\*: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

صفات بود. مقادیر بالاتر GCA نسبت به SCA و مقادیر بالای نسبت بیکر مؤید سهم بیشتر آثار افزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات بود. ادريس و همکاران (Idris *et al.*, 2012) و علی‌حسین طایفه و ربیعی (Ali-Hosseini, 2012) و Tayefeh and Rabieci (2016) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. تیواری و همکاران (Tiwari, 2011) نیز

نتایج تجزیه دای‌آلل به روش سوم گاردنر- ابرهارت (جدول ۳) اختلاف معنی‌دار بین تلاقی‌ها را در تمامی صفات آشکار نمود. ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و خصوصی (SCA) برای صفات عملکرد دانه، روز تا ظهور خوشه، ارتفاع بوته و تعداد خوشه‌چه معنی‌دار بود که نشان‌دهنده وجود آثار افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی این

طول برگ پرچم توسط علی حسین طایفه و ربیعی (Ali- Hossein Tayefeh and Rabiei, 2016) گزارش شد. برای صفت طول خوشه نیز GCA معنی دار، ولی SCA غیرمعنی دار شد و بنابراین می توان اظهار داشت که این صفت توسط آثار افزایشی ژن ها کنترل می شود. این نتایج نیز با نتایج محمد و همکاران (Muhammad *et al.*, 2007) مطابقت داشت.

مقادیر بالای GCA را برای صفت روز تا ظهور خوشه گزارش کردند که نشان دهنده سهم زیاد آثار افزایشی در کنترل ژنتیکی این صفت است. در مقابل، والدین مورد مطالعه در این تحقیق ترکیب پذیری عمومی (GCA) معنی داری برای صفت طول برگ پرچم نداشتند، اما ترکیب پذیری خصوصی (SCA) هیبریدها برای این صفت معنی دار بود که وجود آثار غیرافزایشی (غالبيت و اپيستازی) را در کنترل ژنتیکی آن نشان داد. نتایج مشابهی برای صفت

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در برنج به روش سوم گاردنر- ابرهات

Table 3. Analysis of variance for the studied traits in rice by using the third method of Gardner-Eberhart (1966)

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square					
		عملکرد دانه Grain yield	روز تا ظهور خوشه Days to heading	ارتفاع بوته Plant height	طول برگ پرچم Flag leaf length	طول خوشه Panicle length	تعداد خوشه چه No. of spikelet
والدین Parents	5	1.05**	74.1**	79.12 <sup>ns</sup>	42.7**	1 <sup>ns</sup>	10.38**
والدین در مقابل تلاقی ها Parents Vs Crosses	1	1.28**	103.21**	1563.11**	37.67**	0.53 <sup>ns</sup>	0.65 <sup>ns</sup>
تلاقی ها Crosses	14	2.53**	21.91**	481.24**	31.77**	5.24**	4.38**
ترکیب پذیری عمومی GCA	5	3.53**	47.07**	692.26**	6.39 <sup>ns</sup>	10.49**	7.15**
ترکیب پذیری خصوصی SCA	9	1.97**	7.93**	364.01*	45.87**	2.32 <sup>ns</sup>	2.84**
خطای آزمایش Error	40	6.45	1.89	135.15	3.14	2.21	0.22
نسبت بیکر Baker's ratio	-	0.78	0.92	0.79	0.22	0.9	0.83

<sup>ns</sup>, \* و \*\*: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

<sup>ns</sup>, \* and \*\*: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

2010). برآوردهای اثر واریته و هتروزیس واریته با استفاده از روش دوم گاردنر- ابرهات (جدول ۴) نشان داد که برای صفت عملکرد دانه واریته RI18447-2 بیشترین مقدار معنی دار  $v_i$  را داشت. لذا این والد واجد فراوانی ژن های مطلوب بیشتری برای عملکرد دانه بود. همچنین بیشترین مقدار مثبت معنی دار  $h_i$  در والد Line 23 مشاهده شد، که بیانگر پتانسیل این والد جهت بهبود عملکرد دانه در برنامه های اصلاحی مبتنی بر تلاقی است. برای صفت روز تا ظهور خوشه و ارتفاع بوته، Line 23 به ترتیب دارای کمترین و بیشترین مقدار معنی دار  $h_i$  بود. سایر برآوردهای  $v_i$  و  $h_i$  برای این دو صفت معنی دار نبود. برآورد  $h_i$  و  $v_i$  برای صفت طول برگ پرچم نشان داد که والدهای گیلاانه و دیلمانی

مقادیر بالای اثر واریته ( $v_i$ ) بیانگر فراوانی ژن های مطلوب بیشتر برای صفت مورد نظر نسبت به سایر والدین است. لذا می توان از والد مورد نظر در برنامه های اصلاح درون جمعیت استفاده کرد. همچنین اثر هتروزیس واریته ( $h_i$ ) که ثابت مشارکت والد در هتروزیس کل تلاقی ها است، نشان دهنده اختلاف فراوانی ژن ها در والدین می باشد. مقادیر منفی بالاتر  $h_i$  بیانگر برابر بودن فراوانی ژنی در والد مورد نظر با میانگین فراوانی ژنی همه والدین است. مقادیر مثبت بالاتر  $h_i$  نشان دهنده فراوانی ژنی بیشتر در والد نسبت به میانگین فراوانی ژنی همه والدین است. از والدی که بیشترین مقدار  $h_i$  را دارد، می توان برای اصلاح بین جمعیت ها استفاده کرد (Viana, 2000; Hallauer, )

RI18430-46 کمترین مقدار معنی‌دار  $h_i$  را داشت. سایر مقادیر برآورد شده  $h_i$  و  $v_i$  برای این صفت معنی‌دار نبود. برای صفت تعداد خوشه‌چه، والد گیلانه بیشترین برآورد معنی‌دار  $h_i$  را داشت. همچنین والد دیلمانی دارای برآورد منفی و معنی‌دار  $v_i$  بود.

به‌ترتیب دارای کمترین و بیشترین مقدار معنی‌دار  $h_i$  بودند. لذا والد دیلمانی پتانسیل مناسبی جهت بهبود این صفت در برنامه‌های اصلاحی مبتنی بر تلاقی دارد. همچنین والد IR50 واجد کمترین فراوانی ژن‌های مطلوب برای صفت طول برگ پرچم بود. برای صفت طول خوشه، والد

جدول ۴- اثر وارسته‌ها ( $v_i$ ) و هتروزیس وارسته ( $h_i$ ) در روش دوم گاردنر- ابرهارتTable 4. Variety effect ( $v_i$ ), heterosis of variety ( $h_i$ ) through the second method of Gardner-Eberhart

والدین Parents	عملکرد دانه Grain yield		روز تا ظهور خوشه Days to heading		ارتفاع بوته Plant height		طول برگ پرچم Flag leaf length		طول خوشه Panicle length		تعداد خوشه‌چه No. of spikelet	
	$h_i$	$v_i$	$h_i$	$v_i$	$h_i$	$v_i$	$h_i$	$v_i$	$h_i$	$v_i$	$h_i$	$v_i$
گیلانه Gilaneh	-0.39*	-0.09 <sup>ns</sup>	0.5 <sup>ns</sup>	-1.17 <sup>ns</sup>	-8.4 <sup>ns</sup>	-2.96 <sup>ns</sup>	-2.12**	6.35 <sup>ns</sup>	-0.2 <sup>ns</sup>	-0.82 <sup>ns</sup>	0.54**	-1.18 <sup>ns</sup>
دیلمانی Daylamani	-0.69 <sup>ns</sup>	-0.29 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	-3.17 <sup>ns</sup>	-1.98 <sup>ns</sup>	6.54 <sup>ns</sup>	2.76**	-4.57 <sup>ns</sup>	0.92 <sup>ns</sup>	0.35 <sup>ns</sup>	0.29 <sup>ns</sup>	-1.01**
IR50	-0.24 <sup>ns</sup>	0.91 <sup>ns</sup>	0.92 <sup>ns</sup>	3.17 <sup>ns</sup>	-0.89 <sup>ns</sup>	4.46 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	-2.32*	0.63 <sup>ns</sup>	0.85 <sup>ns</sup>	-0.21 <sup>ns</sup>	2.15 <sup>ns</sup>
Line 23	0.61**	-0.42*	-1.75**	8.17 <sup>ns</sup>	9.02*	-3.63 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>	-0.24 <sup>ns</sup>	0.28 <sup>ns</sup>	-0.4 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	-0.26 <sup>ns</sup>
RI18447-2	0.37*	0.51*	-0.67 <sup>ns</sup>	-1.17 <sup>ns</sup>	7.19 <sup>ns</sup>	2.13 <sup>ns</sup>	-1.09 <sup>ns</sup>	1.85 <sup>ns</sup>	-0.39 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	-0.5**	2.4 <sup>ns</sup>
RI18430-46	0.34*	-0.62**	0.83 <sup>ns</sup>	-5.83 <sup>ns</sup>	-4.94 <sup>ns</sup>	-6.54 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	-1.07 <sup>ns</sup>	-1.24*	0.01 <sup>ns</sup>	-0.25 <sup>ns</sup>	-2.1 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup>, \* و \*\*: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

<sup>ns</sup>, \* and \*\*: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

معنی‌دار ترکیب‌پذیری عمومی بودند و جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی آینده با هدف کاهش ارتفاع بوته معرفی می‌شوند. کمترین مقدار منفی و معنی‌دار ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌ها برای صفت ارتفاع بوته در تلاقی IR50×دیلمانی مشاهده شد، در حالی‌که ترکیب‌پذیری عمومی والد‌های دیلمانی و IR50 مثبت بود. دلیل این امر می‌تواند به‌علت وجود آثار غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی این صفت باشد. برای صفت طول برگ پرچم، والد گیلانه واجد بیشترین مقدار مثبت و معنی‌دار ترکیب‌پذیری عمومی بود. تلاقی‌های IR50×Line 23 و IR50×RI18430-46×دیلمانی دارای مقادیر مثبت و معنی‌دار بودند و این در حالی بود که والدین آن‌ها مقادیر مثبت و معنی‌دار نداشتند. همچنین تلاقی‌های IR50×گیلانه و IR50×RI18430-46×گیلانه دارای ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنی‌دار بودند که با توجه به مقادیر مثبت و معنی‌دار والد گیلانه، می‌توان وجود آثار غیرافزایشی ژن‌ها را در کنترل ژنتیکی صفت طول برگ پرچم نتیجه‌گیری کرد. برای صفت طول خوشه، بیشترین و کمترین مقادیر معنی‌دار ترکیب‌پذیری عمومی به‌ترتیب در

نتایج ترکیب‌پذیری عمومی والدین و خصوصی تلاقی‌ها برای صفات مورد مطالعه در روش دوم گاردنر- ابرهارت در جدول ۵ ارایه شده است. برای صفت عملکرد دانه، والد‌های IR50 و RI18447-2 واجد بیشترین مقادیر مثبت و معنی‌دار ترکیب‌پذیری عمومی بودند. بنابراین به‌دلیل توانایی این رقم‌ها در انتقال عملکرد دانه به نتاج می‌توان از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد. بیشترین مقدار مثبت و معنی‌دار ترکیب‌پذیری خصوصی در تلاقی‌های IR50×RI18447-2 و IR50×RI18430-46 مشاهده شد. که نشان‌دهنده توانایی خوب والد IR50 در انتقال این صفت به نتاج خود است. در صفت روز تا ظهور خوشه، والد دیلمانی دارای کمترین مقدار معنی‌دار ترکیب‌پذیری عمومی بود. از این رو می‌توان از این والد در برنامه‌های اصلاحی جهت زودرسی استفاده کرد. کمترین و بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌ها برای این صفت به‌ترتیب در تلاقی‌های IR50×RI18430-46 و IR50×RI18447-2 مشاهده شد. برای صفت ارتفاع بوته، والد‌های گیلانه و RI18430-46 دارای کمترین مقادیر

هیچ یک از والد‌ها دارای ترکیب پذیری مثبت و معنی دار نبودند و فقط رقم‌های دیلمانی و گیلانه دارای مقادیر منفی و معنی دار ترکیب پذیری عمومی بودند. این در حالی بود که ترکیب پذیری خصوصی تلاقی RI18447-2×دیلمانی مثبت و معنی دار بود که می‌توان آن را به وجود آثار غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل تعداد خوشه‌چه نسبت داد.

والدهای IR50 و RI18430-46 مشاهده شد و والد دیلمانی نیز ترکیب پذیری عمومی مثبت و معنی دار داشت. بنابراین می‌توان از والد‌های IR50 و دیلمانی در برنامه‌های اصلاحی جهت افزایش طول خوشه استفاده کرد. همچنین برآوردهای ترکیب پذیری خصوصی برای این صفت در هیچ کدام از تلاقی‌ها معنی دار نبود. برای صفت تعداد خوشه‌چه،

جدول ۵- ترکیب پذیری عمومی والدین و خصوصی تلاقی‌ها برای صفات مورد مطالعه با استفاده از روش دوم گاردنر- ابرهارت

Table 5. General combining ability of the parents and specific combining ability of the hybrids for the studied traits by using the second method of Gardner-Eberhart (1966)

والدین و تلاقی‌ها <sup>†</sup> Parents and crosses <sup>†</sup>	عملکرد دانه Grain yield	روز تا ظهور خوشه Days to heading	ارتفاع بوته Plant height	طول برگ پرچم Flag leaf length	طول خوشه Panicle length	تعداد خوشه‌چه No. of spikelet
1	-0.48 <sup>ns</sup>	-0.67 <sup>ns</sup>	-11.36 <sup>*</sup>	4.23 <sup>**</sup>	-1.02 <sup>ns</sup>	-0.64 <sup>*</sup>
2	-0.98 <sup>**</sup>	-3 <sup>**</sup>	4.56 <sup>ns</sup>	-1.81 <sup>ns</sup>	1.27 <sup>*</sup>	-0.72 <sup>*</sup>
3	0.67 <sup>*</sup>	4.08 <sup>ns</sup>	3.57 <sup>ns</sup>	-2.19 <sup>ns</sup>	1.48 <sup>*</sup>	1.94 <sup>ns</sup>
4	0.18 <sup>ns</sup>	6.42 <sup>ns</sup>	5.39 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	-0.13 <sup>ns</sup>	-0.14 <sup>ns</sup>
5	0.88 <sup>**</sup>	-1.83 <sup>*</sup>	9.32 <sup>ns</sup>	0.76 <sup>ns</sup>	-0.38 <sup>ns</sup>	1.9 <sup>ns</sup>
6	-0.28 <sup>ns</sup>	-5 <sup>ns</sup>	-11.48 <sup>*</sup>	-1 <sup>ns</sup>	-1.23 <sup>*</sup>	-2.35 <sup>ns</sup>
1×2	1.66 <sup>ns</sup>	-0.67 <sup>ns</sup>	7.44 <sup>ns</sup>	4.61 <sup>ns</sup>	-0.26 <sup>ns</sup>	-0.78 <sup>**</sup>
1×3	-0.59 <sup>**</sup>	-0.83 <sup>ns</sup>	-7.78 <sup>ns</sup>	-2.05 <sup>*</sup>	0.45 <sup>ns</sup>	1.73 <sup>ns</sup>
1×4	-0.5 <sup>**</sup>	0.58 <sup>ns</sup>	7.27 <sup>ns</sup>	-0.8 <sup>ns</sup>	-0.07 <sup>ns</sup>	-0.57 <sup>**</sup>
1×5	-0.34 <sup>ns</sup>	2.08 <sup>**</sup>	2.97 <sup>ns</sup>	1.17 <sup>ns</sup>	1.14 <sup>ns</sup>	-0.03 <sup>ns</sup>
1×6	-0.24 <sup>ns</sup>	-0.5 <sup>ns</sup>	-9.9 <sup>ns</sup>	-2.94 <sup>**</sup>	-1.26 <sup>ns</sup>	-0.36 <sup>ns</sup>
2×3	-1.12 <sup>ns</sup>	-0.08 <sup>ns</sup>	-11.11 <sup>*</sup>	-0.31 <sup>ns</sup>	-0.01 <sup>ns</sup>	0.31 <sup>ns</sup>
2×4	-0.14 <sup>ns</sup>	-0.25 <sup>ns</sup>	6.69 <sup>ns</sup>	1.28 <sup>ns</sup>	0.80 <sup>ns</sup>	-0.48 <sup>*</sup>
2×5	-0.17 <sup>ns</sup>	-0.67 <sup>ns</sup>	-10.94 <sup>*</sup>	-7.38 <sup>ns</sup>	-0.74 <sup>ns</sup>	0.89 <sup>**</sup>
2×6	-0.24 <sup>ns</sup>	1.83 <sup>**</sup>	7.94 <sup>ns</sup>	1.80 <sup>*</sup>	0.20 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>
3×4	0.76 <sup>ns</sup>	-0.83 <sup>ns</sup>	-7.03 <sup>ns</sup>	1.95 <sup>*</sup>	0.18 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>
3×5	0.42 <sup>*</sup>	2.42 <sup>**</sup>	11.86 <sup>*</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	-0.45 <sup>ns</sup>	-1.03 <sup>ns</sup>
3×6	0.52 <sup>**</sup>	-2.08 <sup>**</sup>	14.06 <sup>**</sup>	0.22 <sup>ns</sup>	-0.18 <sup>ns</sup>	-1.03 <sup>ns</sup>
4×5	-0.01 <sup>ns</sup>	1.08 <sup>ns</sup>	-0.64 <sup>ns</sup>	-1.34 <sup>ns</sup>	1.05 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>
4×6	-0.13 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	-7.57 <sup>ns</sup>	-3.78 <sup>ns</sup>	0.14 <sup>ns</sup>	1.10 <sup>ns</sup>
5×6	0.07 <sup>ns</sup>	0.67 <sup>ns</sup>	-4.53 <sup>ns</sup>	4.7 <sup>ns</sup>	1.10 <sup>ns</sup>	0.23 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup>, \* و \*\*: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

<sup>†</sup> اعداد ۱ تا ۶ به ترتیب عبارتند از: گیلانه، دیلمانی، IR50، لاین ۲۳، RI18447-2 و RI18430-46.

<sup>ns</sup>, \* and \*\*: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

<sup>†</sup> The number of 1 to 6 are including: Gilaneh, Daylamani, IR50, Line 23, RI18447-2 and RI18430-46, respectively.

شد. بیشترین مقدار مثبت و معنی دار هتروزیس نسبی بر اساس متوسط والدین در تلاقی IR50×Line 23 مشاهده شد. مالینی و همکاران (Malini et al., 2006) نیز دامنه هتروزیس نسبی و هتروزیس والد برتر برای صفت عملکرد دانه را به ترتیب بین ۶۹/۱۷- تا ۲۴۳/۲۱ و ۷۳/۷۱- تا ۱۲۹/۱۶ درصد گزارش کردند. برای صفت روز تا ظهور خوشه، از بین کل تلاقی‌ها، ۱۴ تلاقی دارای هتروزیس والد برتر و هتروزیس نسبی متوسط والدین منفی داشتند.

مقادیر هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین و هتروزیس والد برتر (هتروبولتیوسیس) در جدول ۶ ارائه شده است. برای صفت عملکرد دانه از بین ۱۵ تلاقی ۸ تلاقی هتروزیس برتر و ۱۰ تلاقی هتروزیس نسبی مثبت بر اساس میانگین والدین داشتند. دامنه هتروزیس برتر و هتروزیس نسبی به ترتیب بین ۳۵/۰۳- تا ۱۷/۱۶ و ۲۸/۵۹- تا ۲۴/۰۱ درصد متغیر بود. بیشترین مقدار مثبت و معنی دار هتروزیس برتر در تلاقی Line 23×RI18430-46 مشاهده

Bagheri and Jelodar, 2011) و باقری و جلودار (al., 2010) نیز وجود هتروزیس متوسط والدین و هتروبلتیوسیسی منفی را برای این صفت گزارش کردند.

### نتیجه گیری کلی

در مجموع نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که سهم بیشتر آثار افزایشی در کنترل ژنتیکی بیشتر صفات مطالعه شده در این تحقیق وجود داشت و از این رو از روش های به نژادی مبتنی بر گزینش می توان جهت بهبود صفات مورد بررسی استفاده کرد. برای صفت عملکرد دانه، با توجه به اینکه والدهای IR50 و RI18447-2 دارای بیشترین مقادیر مثبت و معنی دار ترکیب پذیری عمومی در بین همه والدین مورد مطالعه بودند و علاوه بر آن، وجود هتروزیس نسبی متوسط والدین و هتروزیس والد برتر (هتروبلتیوسیسی) مثبت در تلاقی هایی که این دو والد در آن ها شرکت داشتند، پیشنهاد می شود از روش های اصلاحی مبتنی بر تولید هیبرید جهت بهبود عملکرد دانه با استفاده از این دو لاین استفاده شود. برای صفت روز تا ظهور خوشه، والدین دیلمانی و RI18430-46 ترکیب پذیری مناسبی جهت کاهش این صفت نشان دادند. نتایج برآورد هتروزیس نیز نشان داد که در تلاقی هایی که این دو والد در آن ها مشارکت داشتند، هتروزیس منفی برای روز تا ظهور خوشه مشاهده شد. بنابراین از این دو والد می توان جهت زودرسی بر اساس برنامه های اصلاحی مبتنی بر تلاقی استفاده کرد. با توجه به این مطالب، از نتایج حاصل از تلاقی گیلانه و RI18430-46 می توان تولید گیاهانی پاکوتاه را انتظار داشت. تولید نتایج دارای ارزش های کمتر از طریق تلاقی والدینی که دارای ترکیب پذیری عمومی بالایی هستند، نشان دهنده وجود آثار اپیستازی در کنترل ژنتیکی صفت است. این امر برای صفت تعداد خوشه چه مشاهده شد، به طوری که والدین IR50 و RI18447-2 دارای ترکیب پذیری عمومی بالایی بودند، اما در نتایج حاصل از تلاقی آن ها هتروزیس منفی مشاهده شد.

همچنین، بیشترین مقدار معنی دار کاهش این صفت ۱۱- درصد بود که در تلاقی RI18447-2×Line23 مشاهده شد. باقری و جلودار (Bagheri and Jelodar, 2010) نیز وجود هتروزیس نسبی متوسط والدین و هتروزیس والد برتر منفی را برای این صفت گزارش کردند. برای صفت ارتفاع بوته، دامنه هتروزیس برتر و هتروزیس نسبی به ترتیب بین ۱۴/۳۶- تا ۲۵/۱ و ۱۲/۷۳- تا ۲۸/۲۱ درصد متغیر بود. در ۱۲ تلاقی هتروزیس برتر و هتروزیس نسبی بر اساس متوسط والدین مثبت و تنها در سه تلاقی هتروزیس برتر و هتروزیس نسبی بر اساس متوسط والدین منفی مشاهده شد. بیشترین کاهش هتروزیس برتر و هتروزیس نسبی به ترتیب ۱۴/۳۶- و ۱۲/۷۳- درصد بود که در تلاقی RI18430-46×گیلانه مشاهده شد، اگرچه این مقدار معنی دار نبود. همچنین والدین این تلاقی دارای بیشترین مقادیر GCA منفی بودند (جدول ۵) که مؤید وجود آثار افزایشی در کنترل ژنتیکی این صفت است. نتایج مشابهی توسط راجو و همکاران (Raju et al., 2006)، پریهر و پتک (Parihar and Pathak, 2008) و کومار و همکاران (Kumar et al., 2012) گزارش شده است.

برای صفت طول برگ پرچم، دامنه تغییرات هتروزیس والد برتر بین ۱۱/۳۶- تا ۱۳/۷ درصد متغیر بود. بیشتر تلاقی ها هتروزیس والد برتر منفی داشتند. همچنین دامنه هتروزیس نسبی برای این صفت بین ۶/۸۲- تا ۱۸/۱۶ درصد متغیر بود. بیشترین هتروزیس منفی والد برتر (هتروبلتیوسیسی) مربوط به تلاقی RI18447-2×Line 23 بود و بیشترین هتروزیس والد برتر مثبت در تلاقی RI18430-46×IR50 مشاهده شد. برای صفت طول خوشه، دامنه هتروزیس والد برتر و هتروزیس نسبی متوسط والدین به ترتیب بین ۱۴/۲۳- تا ۳/۶۱ و ۹/۵۹- تا ۸/۳ درصد متغیر بود. از بین کل تلاقی ها در شش تلاقی هتروزیس والد برتر (هتروبلتیوسیسی) و در ۱۰ تلاقی هتروزیس نسبی مثبت مشاهده شد، اگرچه در هیچ کدام از تلاقی ها مقادیر معنی دار هتروزیس مشاهده نشد. در صفت تعداد خوشه چه، دامنه هتروزیس والد برتر بین ۳۳/۴۴- تا ۱/۵۸ درصد متغیر بود، در حالی که دامنه تغییرات هتروزیس متوسط والدین بین ۱۸/۳۴- تا ۱۸/۸۶ درصد بود. تنها در یک تلاقی مقادیر مثبت هتروبلتیوسیسی مشاهده شد، ولی این مقدار معنی دار نبود. برای هتروزیس نسبی متوسط والدین در صفت تعداد خوشه چه، چهار تلاقی مقادیر مثبت داشتند، اما هیچ یک از این مقادیر معنی دار نبودند. تیواری و همکاران (Tiwari et



جدول ۶- هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین و والد برتر (هتروبلتیوسیس) برای صفات مورد مطالعه در تلاقی‌های برنج

Table 6. Relative heterosis based on mid- and better- parent (heterobeltiosis) for the studied traits in rice crosses

تلاقی‌ها† Crosses†	عملکرد دانه		روز تا ظهور خوشه		ارتفاع بوته		طول برگ پرچم		طول خوشه		تعداد خوشه‌چه	
	Grain yield		Days to heading		Plant height		Flag leaf length		Panicle length		No. of spikelet	
	BH	MH	BH	MH	BH	MH	BH	MH	BH	MH	BH	MH
1×2	13.42*	16.18*	-4.55 <sup>ns</sup>	-3.46 <sup>ns</sup>	3.14 <sup>ns</sup>	7.93*	4.52 <sup>ns</sup>	6.99 <sup>ns</sup>	0.55 <sup>ns</sup>	2.92 <sup>ns</sup>	-3.87 <sup>ns</sup>	-1.97 <sup>ns</sup>
1×3	-20.92*	-14.46 <sup>ns</sup>	-3.25 <sup>ns</sup>	-0.92 <sup>ns</sup>	-9.29*	-6**	-6.58 <sup>ns</sup>	-3.13 <sup>ns</sup>	0.45 <sup>ns</sup>	4.1 <sup>ns</sup>	1.58 <sup>ns</sup>	18.86 <sup>ns</sup>
1×4	-2.56 <sup>ns</sup>	0.36 <sup>ns</sup>	-6.87**	-2.16 <sup>ns</sup>	19.08**	19.58**	-6.67 <sup>ns</sup>	1.19 <sup>ns</sup>	-4.75 <sup>ns</sup>	0.89 <sup>ns</sup>	-6.48 <sup>ns</sup>	-1.45 <sup>ns</sup>
1×5	-5.27 <sup>ns</sup>	-0.57 <sup>ns</sup>	-5.66**	-4.94**	10.16 <sup>ns</sup>	12.93*	-0.65 <sup>ns</sup>	3.6 <sup>ns</sup>	1.39 <sup>ns</sup>	3.13 <sup>ns</sup>	-17.02*	-2.02 <sup>ns</sup>
1×6	-4.03 <sup>ns</sup>	0.64 <sup>ns</sup>	-4.93 <sup>ns</sup>	-2.33 <sup>ns</sup>	-14.36 <sup>ns</sup>	-12.73 <sup>ns</sup>	1.66 <sup>ns</sup>	5.8 <sup>ns</sup>	-14.23 <sup>ns</sup>	-9.59 <sup>ns</sup>	-9.28 <sup>ns</sup>	-3.81 <sup>ns</sup>
2×3	-35.03**	-28.59**	-5.39 <sup>ns</sup>	-2.06 <sup>ns</sup>	-3.72 <sup>ns</sup>	-2.76 <sup>ns</sup>	-3.95 <sup>ns</sup>	-0.38 <sup>ns</sup>	3.61 <sup>ns</sup>	6.41 <sup>ns</sup>	-12.37*	1.8 <sup>ns</sup>
2×4	0.53 <sup>ns</sup>	1.77 <sup>ns</sup>	-10.65**	-5.11*	18.49**	24.41**	-4.22*	4.15 <sup>ns</sup>	2.63 <sup>ns</sup>	8.3 <sup>ns</sup>	-7.41*	-3.36 <sup>ns</sup>
2×5	-9.02*	-2.82 <sup>ns</sup>	-6.07*	-4.62 <sup>ns</sup>	2.57 <sup>ns</sup>	5.08 <sup>ns</sup>	-5.24 <sup>ns</sup>	-1.78 <sup>ns</sup>	-0.34 <sup>ns</sup>	0.27 <sup>ns</sup>	-10.62*	4.68 <sup>ns</sup>
2×6	-8.99 <sup>ns</sup>	-5.04 <sup>ns</sup>	-1.54 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	5.17 <sup>ns</sup>	12.04**	6.64 <sup>ns</sup>	8.59 <sup>ns</sup>	-4.68 <sup>ns</sup>	0.39 <sup>ns</sup>	-7.86 <sup>ns</sup>	-1.59 <sup>ns</sup>
3×4	11.6 <sup>ns</sup>	24.01*	-7.22**	-4.76**	7.82 <sup>ns</sup>	12.1*	-5.9 <sup>ns</sup>	3.96 <sup>ns</sup>	1.61 <sup>ns</sup>	4.98 <sup>ns</sup>	-13.05 <sup>ns</sup>	-2.81 <sup>ns</sup>
3×5	9.92 <sup>ns</sup>	13.35 <sup>ns</sup>	-2.51 <sup>ns</sup>	-0.16 <sup>ns</sup>	25.1 <sup>ns</sup>	28.18 <sup>ns</sup>	-7.92 <sup>ns</sup>	-3.53 <sup>ns</sup>	-2.33 <sup>ns</sup>	0.1 <sup>ns</sup>	-18.62 <sup>ns</sup>	-17.11 <sup>ns</sup>
3×6	2.5 <sup>ns</sup>	15.86 <sup>ns</sup>	-8.31*	-3.62 <sup>ns</sup>	13.23*	19.5**	13.7 <sup>ns</sup>	18.16 <sup>ns</sup>	-4.95 <sup>ns</sup>	-1.95 <sup>ns</sup>	-33.44*	-18.34 <sup>ns</sup>
4×5	13.37*	22.46**	0 <sup>ns</sup>	-6.85**	24.66*	28.21*	-11.36 <sup>ns</sup>	-6.82 <sup>ns</sup>	-8.4 <sup>ns</sup>	-3.67 <sup>ns</sup>	-17.05 <sup>ns</sup>	-6.42 <sup>ns</sup>
4×6	17.16**	21.65*	-11*	-4.06 <sup>ns</sup>	6.33**	7.97**	-5.13 <sup>ns</sup>	2.66 <sup>ns</sup>	-4.35 <sup>ns</sup>	-1.98 <sup>ns</sup>	-1.85 <sup>ns</sup>	9.31 <sup>ns</sup>
5×6	9.3 <sup>ns</sup>	19.41 <sup>ns</sup>	-4.94**	-2.34**	4.47 <sup>ns</sup>	9.04 <sup>ns</sup>	1.65 <sup>ns</sup>	5.71 <sup>ns</sup>	-5.86 <sup>ns</sup>	-1.13 <sup>ns</sup>	-25.64**	-7.92*

ns, \* و \*\*: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

BH و MH به ترتیب هتروزیس نسبی بر اساس والد برتر (هتروبلتیوسیس) و میانگین والدین هستند.

† اعداد ۱ تا ۶ در ستون تلاقی‌ها به ترتیب رقم‌های گیلانه، دیلمانی، IR50، لاین ۲۳، RI18447-2 و RI18430-46 هستند.

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

BH and MH are the relative heterosis based on better parent (heterobeltiosis) and mid-parents, respectively.

† The number of 1 to 6 in crosses column are Gilaneh, Daylamani, IR50, Line 23, RI18447-2 and RI18430-46, respectively.

## References

- Ahmadikhah, A. 2009.** Estimation of heritability and heterosis of some agronomic traits and combining ability of rice lines using line×tester method. **Electronic Journal of Crop Production** 1: 15-33. (In Persian with English Abstract).
- Ali-Hossein Tayefeh, S. and Rabiei, B. 2016.** Genetic dissection of morphological traits related to rice grain yield and yield components in F<sub>2</sub> generations derived from diallel crosses. **Seed and Plant Improvement Journal** 31: 595-612. (In Persian with English Abstract).
- Allahgholipour M., Farshadfar, E. and Rabiei, B. 2014.** Molecular characterization and genetic diversity analysis of different rice cultivars by microsatellite markers. **Genetika** 46: 187-198.
- Asfaliza R., Rafii, M. Y., Saleh, G., Omar, O. and Puteh, A. 2012.** Combining ability and heritability of selected rice varieties for grain quality traits. **Australian Journal of Crop Science** 6 :1718-1723.
- Bagheri, N. and Jelodar, N. B. 2010.** Heterosis and combining ability analysis for yield and yield related traits in hybrid rice. **International Journal of Biology** 2: 222-231.
- Cho, Y. and Scott, R. A. 2000.** Combining ability of seed vigor and grain yield in soybean. **Euphytica** 112: 145-150.
- Gardner, C. O. and Eberhart, S. A. 1966.** Analysis and interpretation of the variety diallel cross and related populations. **Biometrics** 22: 439-452.
- Hallauer, A. R., Carena, M. J. and Miranda Filho, J. D. 2010.** Quantitative genetics in maize breeding (Vol. 6). Springer Science & Business Media.
- Huang, M., Chen, L. Y. and Chen, Z. Q. 2015.** Diallel analysis of combining ability and heterosis for yield and yield components in rice by using positive loci. **Euphytica** 205: 37-50.
- Huang, X., Yang, S., Gong, J., Zhao, Q., Feng, Q., Zhan, Q., Zhao, Y., Li, W., Cheng, B., Xia, J. and Chen, N. 2016.** Genomic architecture of heterosis for yield traits in rice. **Nature** 537: 629-633.

- Idris, A. E., Justin, F. J., Dagash, Y. M. I. and Abuali, A. I. 2012.** Genetic variability and inter relationship between yield and yield components in some rice genotypes. **American Journal of Experimental Agriculture** 2: 233-239.
- Kumar, S., Satish, K., Narendra, P. and Dwivedi, D. K. 2012.** Estimation of heterosis for grain yield and yield attributing traits in rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Archives** 12: 159-164.
- Malini, N., Sundaram, T., Hari S. R. and Saravanan, S. 2006.** Genetic interpretation of yield related traits in rice (*Oryza sativa* L.). **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences** 2: 153-155.
- Muhammad R., Akbar, A. C. and Muhammad, A. 2007.** Line×tester analysis in Basmati rice. **Pakistan Journal of Botany** 39: 2035-2042.
- Parihar, A. and Pathak, A. R. 2008.** Heterosis for quantitative traits in rice. **Oryza** 45: 181-187.
- Patil, P. P., Vashi, R. D., Shinde, D. A. and Lodam, V. A. 2011.** Nature and magnitude of heterosis for grain yield and yield attributing traits in rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Archives** 11: 423-427.
- Rabiei, B. and Ali-Hossein Tayefeh, S. 2015.** Evaluating of gene actions controlling grain cooking quality related traits in rice varieties. **Cereal Research** 5: 17-31. (In Persian with English Abstract).
- Rahimi M., Rabiei, B., Samizadeh, H. and Kafi Ghasemi, A. 2010.** Combining ability and heterosis in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. **Journal of Agricultural Science and Technology** 12: 223-231.
- Raju, C. H. S., Rao M. V. B. and Sudarshanam, A. 2006.** Heterosis and genetic studies on yield and associated physiological traits in rice (*Oryza sativa* L.). **Oryza** 43: 264-273.
- Ray, B. P., Sarker, S. K., Sarker, M. and Saha, S. 2014.** Combining ability and heterosis in inter-ecotypic classes of rice (*Oryza sativa* L.). **Bulletin of the Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University** 37: 27-39.
- Roy, D. 2000.** Plant breeding analysis and exploitation of variation. Alpha Science International Ltd. 701 p.
- SAS Institute. 2011.** Statistical analysis system. SAS ver. 9.3 user's guide. SAS Institute, Cary, NC.
- Sharifi, P., Dehghani, H., Mumeni, A. and Moghaddam, M. 2010.** Diallel analysis for heterosis study and estimation of genetic parameters for some morphological traits in rice. **Seed and Plant Improvement Journal** 26: 77-104. (In Persian with English Abstract).
- Tiwari, G. C. 2015.** Studies on relative heterosis and heterobeltiosis for four quantitative characters-grain yield per plant, straw yield per plant, total biological yield per plant and harvest index in rice (*Oryza sativa* L.). **Life Sciences Leaflets** 70: 1-8.
- Tiwary, D. K., Pandey, P., Giri, S. P. and Dwivedi, J. L. 2011.** Heterosis studies for yield and its components in rice hybrids using CMS system. **Asian Journal of Plant Sciences** 10: 29-42.
- Torres, E. A. and Geraldi, I. O. 2007.** Partial diallel analysis of agronomic characters in rice (*Oryza sativa* L.). **Genetics and Molecular Biology** 30: 305-613.
- Veerasha, B. A., Hanamaratti, N. G. and Salimath, P. M. 2015.** Heterosis and combining ability studies for yield and productivity traits in rice: A review. **International Journal of Current Agricultural Research** 4: 120-126.
- Viana, J. M. S. 2000.** The parametric restrictions of the Gardner and Eberhart diallel analysis model: heterosis analysis. **Genetics and Molecular Biology** 23: 869-875.
- Yudong, Z., Kang, M. S. and Lamkey, K. R. 2005.** DIALLEL-SAS05: A comprehensive program for Griffing's and Gardner-Eberhart analysis. **Agronomy Journal** 97: 1097-1106.



University of Guilan  
Faculty of Agricultural  
Sciences

**Cereal Research**  
Vol. 7, No. 3, Autumn 2017 (331-341)

## **Heterosis and diallel analysis for yield and some morphological traits in rice (*Oryza sativa* L.)**

**Alireza Haghighi Hasanalideh<sup>1</sup>, Ezatollah Farshadfar<sup>2\*</sup> and Mehrzad Allahgholipour<sup>3</sup>**

Received: March 16, 2017

Accepted: May 15, 2017

### **Abstract**

To evaluate the combining ability, gene action and heterosis for morphological traits in rice, F<sub>2</sub> progenies of a 6×6 half diallel crosses with their parents were planted in a randomized complete block design with three replications at Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran, in 2015. Analysis of variance indicated that genotypes were significantly different for all measured traits. The results of diallel analysis by the second method of Gardner-Eberhart revealed that the variety effect was significant for all the studied traits. The effects of heterosis, average heterosis, variety heterosis and specific heterosis was significant for grain yield (GY), days to heading (DTH) and flag leaf length (FLL). Parents IR50 and RI18447-2 had the greatest positive and significant amount of general combining ability. The highest amount of specific combining ability was observed for IR50×RI18430-46 cross. Analysis of diallel by the third method of Gardner-Eberhart demonstrated existence of both additive and non-additive effects in genetic control of GY, DTH and spikelet's number (SN). Heterobeltiosis and relative heterosis for GY ranged from -35.03% to 17.16% and -28.59% to 24.01%, respectively. The sharpest decline in heterobeltiosis and relative heterosis for plant height (PH) was -14.36% and -12.73%, respectively. For panicle length (PL) no significant amounts of heterosis found in crosses. The range of heterobeltiosis for SN was from -33.44% to 1.58%. According to combining ability, presence appropriate amounts of additive gene effects and heterosis for most of the studied traits, it is possible to breed these traits by using both the selection and hybrid production methods in the studied population.

**Keywords:** Gardner-Eberhart method, Heterobeltiosis, Relative heterosis, Variety effect, Variety heterosis

---

1. Ph.D. student of Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

3. Research Assist. Prof., Dept. of Seed Improvement, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

\* Corresponding author: [e\\_farshadfar@yahoo.com](mailto:e_farshadfar@yahoo.com)