مطالعه قابلیت ترکیب‌پذیری پنج واریته برنج (*Oryza sativa* L.) برای شش صفت مورفولوژیکی به‌روش تلاقی دای آلل

لیلا آهنگر[۱]، غلامعلی رنجبر[۱*] و محمد نوروزی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۱۰/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۲/۲۶)

چکیده

شش صفت مورفولوژیکی برنج طی یک تلاقی دای آلل ۵ × ۵ یک‌طرفه با استفاده از یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۸۶ در نسل F_1 در ایستگاه تحقیقات برنج کشور ـ آمل مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس برای صفات ارتفاع بوته، زاویه برگ پرچم، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، طول اولین میانگره و طول خوشه حاکی از وجود تفاوت‌های ژنتیکی معنی‌دار بین ارقام و هیبریدهای مورد مطالعه بود. معنی‌دار بودن میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) وجود اثرات افزایشی و غیرافزایشی را در کنترل صفات مربوطه نشان داد. هم‌چنین معنی‌دار شدن نسبت میانگین مربعات $\frac{MS\ (GCA\ )}{MS\ (SCA\ )}$ در تمامی صفات، نشان‌دهنده اهمیت بیشتر اثر افزایشی نسبت به اثر غیر افزایشی ژن‌های کنترل کننده صفات مورد مطالعه بود. قابلیت وراثت‌پذیری خصوصی بالای این صفات بیانگر وجود نقش عمده برای اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی خصوصیات مورد مطالعه می‌باشد بنابراین بازدهی گزینش برای این صفات زیاد خواهد بود. در مجموع والدین ندا و IR62871-175-1-10 به‌طور مشترک بهترین والد از نظر ترکیب‌پذیری عمومی در جهت کاهش ارتفاع، طول برگ پرچم و طول میانگره و افزایش عرض برگ پرچم بودند و تلاقی‌های ندا × بینام و ندا × دشت بهترین دورگ از نظر SCA به‌ترتیب برای افزایش طول خوشه و کاهش ارتفاع بودند.

واژه‌های کلیدی: برنج، تلاقی دای‌آلل، صفات مورفولوژیکی، ترکیب‌پذیری عمومی، ترکیب‌پذیری خصوصی

مقدمه

برای دست‌یابی به ارقام پر محصول نیاز به اطلاعات کافی در مورد ساختار ژنتیکی والدین مورد تلاقی و هم‌چنین ترکیب‌پذیری والدین برای صفات مطلوب می‌باشد که این امر از طریق استفاده از روش‌های ژنتیک کمی از جمله تلاقی‌های دای آلل میسر می‌شود (۵، ۷، ۸، ۹ و ۱۷). به‌کارگیری تلاقی دای‌آلل در بسیاری از گیاهان زراعی متداول بوده (۱۵) و در دهه‌های اخیر در ایران نیز به‌منظور شناخت ترکیب‌پذیری والدین برای صفات مطلوب و ژن‌های کنترل کننده این صفات به‌کار رفته است (۳ و ۴).

یوچان و همکاران (۱۶) طی مطالعه‌ای روی تعدادی از ارقام گندم میزان هتروزیس و ترکیب‌پذیری ارتفاع

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲. عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، آمل
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ali.ranjbar@gmail.com

بوته و صفات وابسته به آن را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میزان هتروزیس طول اولین و سومین میانگره سهم بالایی در ارتفاع بوته دارند. از لحاظ ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی بین طول میانگره و ارتفاع بوته و بین طول میانگره‌های هم‌جوار رابطه معنی‌داری وجود داشت، در حالی‌که بین طول خوشه و ارتفاع بوته هیچ رابطه‌ای از لحاظ ترکیب‌پذیری و هتروزیس مشاهده نگردید. طول اولین میانگره به‌میزان زیادی تحت تأثیر اثرهای غیر افزایشی قرار داشت، در حالی‌که طول دومین و سومین میانگره و میانگره انتهایی و ارتفاع بوته تحت تأثیر اثرهای افزایشی بودند. مؤمنی (۲) با اجرای یک طرح دای آلل کامل با ۷ رقم برنج نشان داد که برای صفات طول خوشه، طول برگ پرچم، تعداد روز تا ۵۰٪ گل‌دهی و وزن ۱۰۰ دانه اثرها غیر افزایشی بر افزایشی غلبه دارد، در حالی‌که برای صفات ارتفاع بوته، زاویه برگ پرچم، تعداد پنجه بارور در بوته، عرض برگ پرچم و تعداد سنبلچه در خوشه نتیجه بر عکس بود. سارادانا و همکاران (۱۳) ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و خصوصی (SCA) معنی‌داری را برای روزهای تا گل‌دهی، تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، طول خوشه، طول برگ پرچم، وزن ۱۰۰ دانه، دانه‌های پر در خوشه و عرض برگ پرچم گزارش نمودند و اظهار داشتند که هم اثرهای افزایشی و هم غیرافزایشی برای تمامی صفات مورد مطالعه مهم می‌باشند. برای صفات طول خوشه، عرض برگ پرچم، وزن ۱۰۰دانه و روز تا گل‌دهی عمل افزایشی ژن بر عمل غیر افزایشی برتری داشت، در حالی‌که برای طول برگ پرچم و دانه‌های پر در خوشه اثرات غیرافزایشی بر عمل افزایشی آن فزونی داشتند.

هنرنژاد (۴) با بررسی شش واریته برنج از لحاظ خصوصیات ژنتیکی و قابلیت ترکیب‌پذیری نشان داد که اثرهای ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی در تمامی صفات مورد مطالعه وی معنی‌دار بوده و نسبت $\frac{MS\ (GCA\ )}{MS\ (SCA\ )}$ نشان داد که در کنترل ژنتیکی صفات تعداد پنجه، طول بوته و نسبت طول به عرض دانه سهم اثرهای افزایشی ژن‌ها بیشتر از اثرهای غیر افزایشی بود. وی میزان وراثت‌پذیری خصوصی این صفات به‌ترتیب ۰/۳۵، ۰/۶۰ و ۰/۶۸ گزارش نمود. مالینی و همکاران (۹) طی مطالعه‌ای روی تعدادی از ارقام برنج نشان دادند که میانگین مربعات ترکیب‌پذیری خصوصی برای صفات روز تا گل‌دهی، ارتفاع بوته، تعداد دانه در خوشه، طول خوشه و تعداد خوشه در گیاه بیشتر از ترکیب‌پذیری عمومی بود. این نتایج نشان‌دهنده سهم بیشتر اثرهای غیر افزایشی در کنترل صفات مذکور است. تحقیقات انجام شده توسط سیرواستاوا و همکاران (۱۴) به‌منظور براورد ترکیب‌پذیری صفات در ۷ رقم برنج حاکی از وجود ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی معنی‌دار برای صفات روز تا ۵۰٪ گل‌دهی، ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰دانه، تعداد پنجه بارور؛ طول خوشه و عملکرد بود. معنی‌دار بودن نسبت $\frac{MS\ (GCA\ )}{MS\ (SCA\ )}$ برای صفات روز تا ۵۰٪ گل‌دهی، ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰دانه و عملکرد نشان‌دهنده سهم بیشتر اثرات افزایشی در کنترل صفات مذکور بود، در حالی‌که برای صفات طول خوشه و تعداد پنجه بارور نتیجه‌ای بر عکس مشاهده شد. حسینی و همکاران (۱) برای ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته و روز تا ۵۰٪ گل‌دهی در گیاه برنج وراثت‌پذیری بالایی را گزارش نمودند.

هدف از این مطالعه براورد ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی بین چند والد یا لاین، تعیین وراثت‌پذیری خصوصی و عمومی و بررسی اثرهای ژن برای برخی از صفات مورفولوژیکی در برنج بود.

مواد و روش‌ها

دو واریته بومی به نام‌های دم‌سیاه مشهد و بینام همراه با دو واریته اصلاح شده دشت و ندا و یک رقم وارداتی به نام IR62871-175-1-10 به‌صورت غیر تصادفی با توجه به اطلاعات موجود در مؤسسه تحقیقات برنج کشور – آمل از میان جامعه ژنوتیپ ها انتخاب و در بهار سال ۱۳۸۵ در سه تاریخ کاشت در مزرعه آزمایشی آن مؤسسه کشت شد. هدف از انتخاب سه تاریخ کاشت، افزایش طول دوره گل‌دهی جهت

دورگه‌گیری بود. به‌منظور براورد اثرهای ژنی، وراثت‌پذیری و ترکیب‌پذیری واریته‌های یاد شده در تابستان ۱۳۸۵ کلیه تلاقی‌های ممکن به‌صورت طرح دای آلل یک‌طرفه انجام گرفت. در بهار سال ۱۳۸۶ بذور موجود (۵ والد و F_1 ۱۰) به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار کشت شدند. برای اندازه‌گیری هر یک از شش صفت مورفولوژیکی ارتفاع بوته، زاویه برگ پرچم، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، طول اولین میانگره و طول خوشه از میانگین ۱۰ بوته در هر یک از ژنوتیپ‌های مزبور استفاده شد. میانگین اندازه‌های مربوط به شش صفت فوق بر اساس مدل آماری طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و پس از اطمینان از معنی‌دار بودن ژنوتیپ ها، از روش دوم گریفینگ و مدل B برای تجزیه دای‌آلل استفاده گردید. مجموع مربعات ژنوتیپ‌ها به‌کمک فرمول‌های زیر به دو جزء ترکیب‌پذیری عمومی (General Combining Ability) (GCA) و ترکیب‌پذیری خصوصی (Specific Combining Ability) (SCA) تفکیک شد (۷).

$$SS_{(gca)} = \frac{1}{n+2}\left[\sum (Y_{i\circ} + Y_{ii})^2 - \frac{4}{n} Y_{\circ\circ}^2\right] \qquad [1]$$

$$SS_{(sca)} = \sum\sum Y^2_{ij} \frac{1}{n+2}\sum (Y_{i\circ}+Y_{ii})^2 + \frac{2}{(n+1)(n+2)} Y_{\circ\circ}^2 \qquad [2]$$

اثرهای ترکیب‌پذیری عمومی هر والد و اثرهای ترکیب‌پذیری خصوصی برای هر تلاقی محاسبه گردید. برای معنی‌دار بودن اثر GCA و SCA از آزمون t استفاده گردید. هم‌چنین جهت محاسبه نوع عمل ژن، مقدار F_s از تقسیم واریانس قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی به واریانس قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی محاسبه و با F_t مقایسه شد. معنی‌دار بودن این نسبت به منزله بالا بودن اثرهای افزایشی ژن است و عدم وجود اختلاف معنی‌دار نشانه وجود مقادیر بالاتر اثرهای غالبیت واپیستازی خواهد بود. با توجه به صحت پیش‌فرض‌های مدل گریفینگ، واریانس افزایشی (Additive variance) از طریق دو برابر نمودن واریانس ترکیب‌پذیری عمومی (General Combining Ability Variance) براورد شد ($\delta_A^2 = 2\delta^2_g$) و واریانس غالبیت (Dominance Variance) نیز از طریق واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی (Specific Combining Ability Variance) براورد گردید ($\delta_D^2 = \delta_S^2$).

بر اساس نظر گریفینگ میزان وراثت‌پذیری عمومی (Broad sense Heritability) (h^2_{bs}) و خصوصی (Narrow sense Heritability) (h^2_{ns}) به‌ترتیب از فرمول‌های زیر به‌دست آمد (۷):

$$\delta^2_g = \frac{1}{n+2}(M_g - M_s) \qquad [3]$$

$$\delta_s^2 = M_s - M'_E \qquad [4]$$

$$\delta_E^2 = M'_E \qquad [5]$$

$$h^2_{ns} = \frac{\delta_A^2}{\delta_A^2 + \delta_D^2 + \delta'^2_E} \qquad [6]$$

$$h^2_{bs} = \frac{\delta_A^2 + \delta_D^2}{\delta_A^2 + \delta_D^2 + \delta'^2_E} \qquad [7]$$

که δ'^2_E خارج قسمت میانگین مربعات اشتباه آزمایشی بر تعداد تکرار است. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای آماری SAS و Diallel انجام شد.

نتایج و بحث

درجدول۱ نتایج تجزیه واریانس ژنوتیپ‌ها و ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی والدین برای صفات مورد بررسی بر اساس روش دوم گریفینگ ارائه شده است. اثر ژنوتیپ برای تمامی صفات مورد بررسی، در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. این امر وجود تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام و هیبریدهای برنج از نظر صفات مورد ارزیابی را به اثبات رسانید. واریانس ترکیب‌پذیری عمومی برای تمامی صفات در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد که بیانگر اهمیت اثر افزایشی در کنترل صفات مورد بررسی است. واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی نیز برای تمامی صفات به جز زاویه برگ پرچم در سطوح احتمال ۵٪ و یا ۱٪ معنی‌دار شد که

جدول۱. تجزیه واریانس ژنوتیپ و ترکیب‌پذیری عمومی والدین و خصوصی هیبریدها در صفات مورفولوژیکی برنج

منابع تغییرات	درجه آزادی	مقادیر MS برای صفات مورد مطالعه					
		ارتفاع	زاویه برگ پرچم	طول برگ پرچم	عرض برگ پرچم	طول میانگره اول	طول خوشه
تکرار	۲	۴۷/۸۱$^{n.s}$	۲/۳۹$^{n.s}$	۲۱/۶$^{n.s}$	۰/۰۰۹$^{n.s}$	۱۰/۷۹$^{n.s}$	۱/۶۳$^{n.s}$
ژنوتیپ	۱۴	۳۰۱۳/۶**	۲۶/۷۴**	۵۵/۹۳**	۰/۰۵۸**	۱۲۵/۳**	۲۵/۴۷**
GCA	۴	۲۵۴۷/۹**	۱۹/۸۲**	۴۵/۵**	۰/۰۴**	۱۰۷/۳**	۱۸/۲۹**
SCA	۱۰	۳۸۷/۲**	۴/۵۵$^{n.s}$	۷/۹*	۰/۰۰۹**	۱۵/۵۲**	۴/۵۷**
اشتباه	۲۸	۹/۵۱	۲/۲۵	۳/۵۴	۰/۰۰۲	۱/۷۱	۰/۳۰۷
MS(gca)/ MS(sca)	–	۶/۵۸**	۴/۳۵*	۵/۷۵*	۵/۱۱*	۶/۹۱**	۴/۰۰۲*
CV	–	۳/۳۲	۳/۳۸	۷/۸۱	۵/۲۴	۵/۲۳	۳/۲۳

n.s: عدم اختلاف معنی‌دار *و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

مبین سهیم بودن اثر غیرافزایشی در کنترل صفات مورد بررسی می‌باشد. با توجه به معنی‌دار بودن نسبت $\frac{MS\ (GCA\ )}{MS\ (SCA\ )}$ در تمامی صفات در سطوح احتمال ۱٪ و یا ۵٪ مشخص شد که در کنترل صفات فوق، واریانس افزایشی از اهمیت بیشتری برخوردار است. نتایج سایر محققان در برنج نیز این مطلب را تایید می‌کند (۲، ۴، ۱۳ و ۱۴).

جدول ۲ مقادیر و درصد واریانس افزایشی و غالبیت و میزان وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی به‌روش گریفینگ را نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده نشان داد که میزان وراثت‌پذیری عمومی این صفات در دامنه ۹۹-۷۹٪ است که بیانگر سهم بالای واریانس ژنتیکی در کنترل این صفات است و به‌عبارت دیگر فنوتیپ نماینده ژنوتیپ خواهد بود به‌طوری‌که نتایج حاصل با مقادیر کم ضریب تغییرات هم‌خوانی دارد و میزان وراثت‌پذیری خصوصی و در نتیجه ارزش اصلاحی آنها نیز بالاست. بنابراین گزینش برای این صفات به‌منظور نیل به اهداف اصلاحی موفقیت‌آمیز خواهد بود (۱). یافته‌های تعدادی از محققان نیز هم جهت با این نتیجه است (۱، ۱۰ و ۱۲). جدول ۳ مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی والدین و هیبریدها برای صفت ارتفاع بوته را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که والدین دم‌سیاه مشهد و بینام با وجود GCA مثبت و معنی‌دار و متوسط ارتفاع زیاد، والدینی هستند که موجب انتقال صفت پابلندی به نتاج خود می‌شوند، در حالی‌که والدین ندا و IR62871-175-1-10 با GCA منفی و معنی‌دار و متوسط ارتفاع کم، موجب کاهش ارتفاع در نتاج می‌شوند. بیشترین SCA مثبت و معنی‌دار برای صفت ارتفاع متعلق به هیبریدهای بینام × ندا با ارتفاع ۱۷۵/۸۵ سانتی‌متر و ندا × دم‌سیاه مشهد با ارتفاع ۱۸۹/۷۵ سانتی‌متر است در حالی‌که کمترین SCA منفی و معنی‌دار برای ارتفاع متعلق به هیبریدهای ندا × IR62871-175-1-10 با ارتفاع ۱۱۰/۳۹ سانتی‌متر و ندا × دشت با ارتفاع ۱۱۲/۵۱ سانتی‌متر است. با توجه به این‌که یکی از هدف‌های اصلاح نباتات معرفی ارقام پاکوتاه برنج است، ندا و IR62871-175-1-10 می‌توانند یکی از والدین مناسب جهت اصلاح این صفت در نتاج محسوب شوند.

بیشترین GCA برای صفت زاویه برگ پرچم متعلق به دو والد ندا و بینام است و متوسط زاویه برگ آنها در حدود ۸۰/۴۶ و ۷۹ درجه می‌باشد. این دو والد زاویه برگ پرچم قائمه را به نتاج خود منتقل نمودند. در حالی‌که والد دشت دارای بیشترین GCA در جهت منفی و معنی‌دار بود و با متوسط زاویه

جدول۲. مقدار و درصد δ^2_A و δ^2_D و وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی برای شش صفت مرفولوژیکی در برنج

پارامترهای ژنتیکی	ارتفاع	زاویه برگ پرچم	طول برگ پرچم	عرض برگ پرچم	طول میانگره اول	طول خوشه
واریانس افزایشی δ^2_A	۶۱۷/۳۵	۴/۳۶	۱۰/۷۴	۰/۰۱	۲۶/۲۵	۳/۹۲
واریانس غالبیت δ^2_D	۳۷۷/ ۶۹	۲/۲۹	۴/۳۶	۰/۰۰۷	۱۳/۸	۴/۲۶
واریانس اشتباه δ^2_E	۹/۵۱	۲/۲۵	۳/۵۴	۰/۰۰۲	۱/۷۱	۰/۳۰۷
درصد δ^2_A	۶۱/۴۵	۴۸/۹	۵۷/۶	۵۲/۶۱	۶۲/۸	۴۶/۱۸
درصد δ^2_D	۳۷/۵۹	۲۵/۷۳	۲۳/۳۹	۳۶/۸ ۴	۳۳/۰ ۶	۵۰/۱ ۹
درصد δ^2_E	۰/۹۴	۲۵/۲۸	۱۸/۹	۱۰/۵	۴/۰۹	۳/۶۲
وراثت‌پذیری عمومی	۰/۹۹	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۸۹	۰/۹۵	۰/۹۶
وراثت‌پذیری خصوصی	۰/۶۸	۰/۴۷	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۶۶	۰/۵ ۳

جدول۳. قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی والدین (قطر اصلی) و خصوصی هیبریدهای برنج (پایین قطر) به‌همراه میانگین ارتفاع بوته هیبریدها (بالای قطر) و والدینی (روی ستون)

والد	دم‌سیاه	ندا	بینام	IR62871	دشت	مقادیر والدینی
دم‌سیاه	۲۱/۲۱۸**	۱۸۹/۷۵	۱۸۳/۹۴	۱۷۶/۷۵	۱۸۷/۱	۱۸۷/۶۱
ندا	۳۰/۷۵۵**	-۲۳/۰۳۲**	۱۷۵/۸۵	۱۱۰/۳۹	۱۱۲/۵۱	۱۰۷/۵۶
بینام	-۱۴/۲**	۲۱/۹۵۴**	۱۶/۱۱۶**	۱۸۰/۷۵	۱۷۶/۴۷	۱۸۰/۳۳
IR62871	۹/۴۰۴**	-۱۲/۷۰۶**	۱۸/۵۰۶**	-۱۴/۶۷**	۱۶۲/۵۲	۱۱۵/۸۵
دشت	۵/۳۰۶*	-۲۵/۶۳۸**	-۰/۸۳۲ n.s	۱۶/۰۱**	۰/۳۷ n.s	۱۶۴/۱۳

n.s: عدم اختلاف معنی‌دار * و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

برگ ۷۱/۰۶ درجه سبب کاهش زاویه برگ در نتاج گردید. بیشترین SCA مثبت و معنی‌دار برای صفت زاویه برگ پرچم متعلق به هیبرید بینام × دشت است (جدول ۴). چون در برنامه‌های اصلاح نباتات، رسیدن به رقم هایی با زاویه برگ پرچم نزدیک به قائمه مدنظر می‌باشد، رقم‌های ندا و بینام جهت انتقال صفت فوق به نتاج پیشنهاد می‌گردد، زیرا در شرایطی که زاویه برگ‌های بالایی بوته قائمه تر باشند، نور بیشتری به طبقات پایین سایه انداز گیاه انتقال می‌یابد و سایه‌اندازی کمتر و میزان فتوسنتز و ساخت مواد بیشتر می‌گردد (۳). نتایج جدول ۵ موید این مطلب بود که والد دم‌سیاه مشهد با وجود

جدول۴. قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی والدین (قطر اصلی) و خصوصی هیبریدهای برنج (پایین قطر) به‌همراه میانگین زاویه برگ پرچم هیبریدها (بالای قطر) و والدینی (روی ستون)

والد	دم‌سیاه	ندا	بینام	IR62871	دشت	مقادیر والدینی
دم‌سیاه	-۰/۷۲ n.s	۷۷/۶۶	۷۴	۷۷/۴۶	۷۵/۴	۷۶/۱۳
ندا	-۰/۲۷۶ n.s	۱/۶۹**	۷۹/۶	۷۹/۶۶	۷۵/۸	۸۰/۴۶
بینام	-۳/۵۸۱**	-۰/۳۹ n.s	۱/۳۸۲**	۷۹/۹۳	۷۹/۶	۷۹
IR62871	۱/۰۲۹ n.s	۰/۸۱۹ n.s	۱/۴۴۸ n.s	۰/۱۸۵ n.s	۷۱/۵۳	۷۷/۲۶
دشت	۱/۶۲۹ n.s	-۰/۳۸۱ n.s	۳/۷۸۱**	-۳/۱۴۳**	-۲/۴۸**	۷۱/۰۶

n.s: عدم اختلاف معنی‌دار * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

جدول۵. قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی والدین (قطر اصلی) و خصوصی هیبریدهای برنج (پایین قطر) به‌همراه میانگین طول برگ پرچم هیبریدها (بالای قطر) و والدینی (روی ستون)

والد	دم‌سیاه	ندا	بینام	IR62871	دشت	مقادیر والدینی
دم‌سیاه	۳/۸۴**	۴۷/۸	۴۳/۵۲	۴۴/۹۱	۴۷/۳۲	۴۶/۸۳
ندا	۴/۲۹۶**	-۲/۰۵**	۴۳/۶۹	۳۶/۴۳	۳۸/۳۲	۳۴/۸۳
بینام	-۳/۳۱۳*	۲/۷۵۱*	۱/۲۷n.s	۴۲/۸۵	۴۳/۱۶	۴۳/۰۱
IR62871	۱/۴۷۲ n.s	-۱/۱۰۴ n.s	۱/۹۷۷ n.s	-۲/۱۲**	۳۹/۹۱	۳۵/۶۸
دشت	۲/۶۹۶*	-۰/۴۰۱ n.s	۱/۱۰۱ n.s	۱/۲۵۲ n.s	-۰/۹۳ n.s	۳۷/۵۲

n.s : عدم اختلاف معنی‌دار * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

GCA مثبت و معنی‌دار و متوسط طول برگ پرچم زیاد سبب افزایش طول برگ پرچم در نتاج گردید در حالی‌که والدین ندا و IR62871-175-1-10 با GCA منفی و معنی‌دار سبب تولید نتاجی با برگ پرچم کوتاه گردیدند. بیشترین SCA مثبت و معنی‌دار متعلق به هیبرید دم‌سیاه مشهد × ندا بود در حالی‌که هیبرید دم‌سیاه مشهد × بینام دارای بیشترین SCA منفی و معنی‌دار بودند. وجود GCA مثبت و معنی‌دار والدین ندا، IR62871-175-1-10 و دشت نشان می‌دهد که این والدین سبب عریض شدن برگ پرچم در نتاج خود شده و والدین دم‌سیاه مشهد و بینام با GCA منفی و معنی‌دار سبب باریک شدن برگ پرچم در نتاج گردیدند (جدول ۶). بیشترین SCA مثبت و معنی‌دار برای صفت عرض برگ پرچم در هیبرید IR62871-175-1-10 × دشت با متوسط عرض برگ پرچم ۱/۶ سانتی‌متر مشاهده گردید، در حالی‌که کمترین SCA منفی و معنی‌دار برای این صفت متعلق به هیبریدهای دشت × دم‌سیاه مشهد، دشت × بینام بود (جدول۶). با توجه به اهمیت تیپ گیاهی با برگ‌های نسبتاً قائم و برگ پرچم کوتاه ولی عریض در برنامه‌های اصلاح برنج، رقم هایی برای برنامه‌های دورگه‌گیری توصیه می‌شوند که دارای GCA بالا برای کوتاهی برگ پرچم و عرض بالای برگ پرچم باشند (۳). بنابر دلایل ذکر شده ندا و IR62871-175-1-10 با بهترین GCA برای هر دو صفت والدین مناسبی برای انتقال این صفات به نتاج می‌باشند. در جدول۷ ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی والدین و هیبریدها برای صفت طول میانگره ارائه شده است.

جدول۶. قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی والدین (قطر اصلی) و خصوصی هیبریدهای برنج (پایین قطر) به‌همراه میانگین عرض برگ پرچم هیبریدها (بالای قطر) و والدینی (روی ستون)

والد	دم‌سیاه	ندا	بینام	IR62871	دشت	مقادیر والدینی
دم‌سیاه	-۰/۰۷۸**	۱/۴۶	۱/۳۲	۱/۳۹	۱/۳۴	۱/۳۵
ندا	۰/۰۲۸ n.s	۰/۰۴۷**	۱/۴۷	۱/۵۳	۱/۴۹	۱/۵۷
بینام	۰/۰۳۵ n.s	۰/۰۵۶ n.s	-۰/۰۹۲**	۱/۳۲	۱/۳۲	۱/۳۴
IR62871	-۰/۰۲۳ n.s	-۰/۰۱۲ n.s	-۰/۰۷۹**	۰/۰۳۲*	۱/۶۶	۱/۵۴
دشت	-۰/۱۲۹**	-۰/۱۰۴**	-۰/۱۳۵**	۰/۰۷۸*	۰/۰۹۱**	۱/۷۹

n.s: عدم اختلاف معنی‌دار * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

جدول۷. قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی والدین (قطر اصلی) و خصوصی هیبریدهای برنج (پایین قطر) به‌همراه میانگین طول میانگره اول هیبریدها (بالای قطر) و والدینی (روی ستون)

والد	دم‌سیاه	ندا	بینام	IR62871	دشت	مقادیر والدینی
دم‌سیاه	۴/۹۹**	۵۰/۱۳	۴۵/۱۶	۴۶/۵۸	۵۲/۵۶	۵۰/۳
ندا	۶/۷۰۱**	-۴/۹۱**	۴۴/۴۳	۳۳/۴۶	۳۵/۴۶	۳۱/۱
بینام	-۵/۳۵۵**	۳/۸۱۹**	۲/۱۷**	۴۶/۶۵	۴۵	۴۷/۰۳
IR62871	۰/۹۵ n.s	-۲/۲۵۹*	۳/۸۴۲**	-۲/۷۰۹**	۴۲	۳۶/۲
دشت	۳/۷۸۲**	-۳/۴۱۱**	-۰/۹۶۷ n.s	۰/۹۲۲ n.s	۰/۴۴ n.s	۴۴/۰۶

n.s: عدم اختلاف معنی‌دار * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

والدین بینام و دم‌سیاه مشهد با دارا بودن GCA مثبت و معنی‌دار و متوسط میانگره بالا سبب افزایش طول میانگره در نتاج گردیدند، درحالی‌که والدین ندا و IR62871-175-1-10 با GCA منفی و معنی‌دار صفت کوتاهی میانگره را به نتاج انتقال دادند. بیشترین SCA مثبت و معنی‌دار برای صفت طول میانگره متعلق به هیبریدهای دم‌سیاه مشهد × دشت، دم‌سیاه مشهد × ندا، IR62871-175-1-10 × بینام و ندا × بینام است. متوسط طول میانگره آنها به‌ترتیب ۵۲/۵۶، ۵۰/۱۳، ۴۶/۶۵ و ۴۴/۴۳ سانتی‌متر بود و کمترین SCA منفی و معنی‌دار برای این صفت در هیبریدهای دم‌سیاه مشهد × بینام، ندا × دشت و ندا × IR62871-175-1-10 مشاهده شد. با توجه به اهمیت تیپ‌های پاکوتاه و انتقال سریع مواد غذایی از ساقه به خوشه در این تیپ، کوتاه بودن طول میانگره یک مزیت مهم به‌شمار می‌رود (۱۷). بنابراین ندا و IR62871-175-1-10 والدین مناسبی برای انتقال کوتاهی طول میانگره به نتاج هستند و هیبرید ندا × IR62871-175-1-10 با کمترین مقدار برای طول میانگره (۳۳/۴۶) بهترین هیبرید برای این صفت است. وجود GCA مثبت و معنی‌دار برای والدین دم‌سیاه مشهد، بینام، دشت و IR62871-175-1-10 برای صفت طول خوشه در جدول ۷ نشان می‌دهد که این والدین طویل بودن طول خوشه را به نتاج خود منتقل نمودند. وجود GCA منفی و معنی‌دار برای والد ندا نشان داد که این والد کوتاهی طول خوشه را به نتاج خود منتقل نمود. هیبرید ندا × دشت دارای کمترین SCA منفی و معنی‌دار بود که متوسط طول خوشه آن ۲۴/۵ سانتی‌متر به‌دست آمد در حالی‌که هیبریدهای IR62871-175-1-10 × دم‌سیاه مشهد، IR62871-175-1-10 × دشت، ندا × بینام و دم‌سیاه مشهد × ندا

جدول۸. قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی والدین (قطر اصلی) و خصوصی هیبریدهای برنج (پایین قطر) به‌همراه میانگین طول خوشه هیبریدها (بالای قطر) و والدینی (روی ستون)

والد	دم‌سیاه	ندا	بینام	IR62871	دشت	مقادیر والینی
دم‌سیاه	۱/۱۱**	۳۰/۵۶	۳۰/۲۶	۳۳/۲۵	۳۱/۱	۳۰/۳۶
ندا	۲/۶۲۴**	-۲/۸۶**	۳۱	۲۶/۶۲	۲۴/۵۴	۲۲/۷
بینام	-۱/۲۲۸**	۳/۴۷۶**	۰/۶۹۳**	۲۹/۹۳	۲۹/۷	۳۱/۰۴
IR62871	۱/۹۶۹**	-۰/۶۹۷$^{n.s}$	-۰/۹۳۶*	۰/۴۸۵**	۳۲/۵۷	۲۹/۵۸
دشت	-۰/۲۷۳$^{n.s}$	-۲/۸۶۲**	-۱/۲۵۴**	۱/۸۲۶**	۰/۵۷۱**	۳۲/۱۱

n.s: عدم اختلاف معنی‌دار * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

جدول۹. بهترین ارقام ترکیب شونده عمومی و خصوصی در افزایش و کاهش شش صفت مرفولوژیکی در برنج

	بهترین ترکیب شونده عمومی (GCA)		بهترین ترکیب شونده خصوصی (SCA)	
صفت	افزایش صفت	کاهش صفت	افزایش صفت	کاهش صفت
ارتفاع	دم‌سیاه مشهد - بینام	ندا - IR62871-175-1	ندا × دم‌سیاه ندا × بینام	ندا × دشت ندا × IR62871
زاویه برگ پرچم	ندا – بینام	دشت	بینام × دشت	دشت × IR62871 دشت × دم‌سیاه
طول برگ پرچم	دم‌سیاه مشهد	ندا - IR62871-175-1	ندا × دم‌سیاه	بینام × دم‌سیاه
عرض برگ پرچم	دشت - ندا IR62871-175-1	دم‌سیاه مشهد - بینام	دشت ×IR62871	دشت × دم‌سیاه دشت × بینام
طول میانگره اول	بینام - دم‌سیاه مشهد	ندا - IR62871-175-1	ندا × دم‌سیاه دشت × دم‌سیاه	ندا ×IR62871
طول خوشه	دم‌سیاه - دشت IR62871-175-1	ندا	دشت ×IR62871 ندا × دم‌سیاه	ندا × دشت

به‌ترتیب با متوسط طول خوشه ۳۳/۲۵، ۳۲/۵۷، ۳۱ و ۳۰/۵ دارای بیشترین SCA مثبت و معنی‌دار بودند. با توجه به اهمیت مقادیر بالای این صفت به‌عنوان یکی از اجزای عملکرد، والدین با GCA بالا به‌عنوان والدین مناسب که سبب انتقال مقادیر بالای این صفت به نتاج می‌گردند در برنامه‌های دورگه‌گیری توصیه می‌گردند و هیبریدهایی با SCA بالا نیز بهترین هیبرید برای این صفت می‌باشند.

نتیجه‌گیری

معنی‌دار بودن واریانس صفات ارزیابی شده حاکی از تفاوت ژنتیکی بین ارقام بود. هم‌چنین با وجود GCA و SCA معنی‌دار و برتری مقادیر GCA به SCA می‌توان چنین استنباط نمود که تمامی صفات تحت اثرات افزایشی و تا حدودی غیرافزایشی ژن‌ها قرار دارند. با توجه به این‌که ارتفاع، زاویه برگ پرچم، طول و عرض برگ پرچم، طول میانگره و طول خوشه عمدتاً

توسط اثرات افزایشی ژن‌ها کنترل می‌گردند. نتایج به‌دست آمده با نتایج سایر محققین در برنج منطبق می‌باشد (۱، ۱۳ و۱۴). لذا انتظار می‌رود با قابلیت توارث پذیری خصوصی بالای این صفات بتوان گزینش موفقیت‌آمیزی برای این صفات انجام داد.

بر اساس نتایج جداول ۳ الی ۸ بهترین ارقام و هیبریدها جهت افزایش و کاهش صفات مورد بررسی در جدول ۹ نشان داده شده‌اند. با توجه به این‌که برای برخی از صفات حد بالا و برای برخی دیگر حد پایین آن صفت مطلوب می‌باشد، بنابراین بهنژادگر قادر است با توجه به اهداف اصلاحی هر یک از والدین را انتخاب کند. ارقام ندا و IR62871-175-1-10 به‌طور مشترک در چهار صفت به‌عنوان بهترین ترکیب شونده عمومی شناخته شدند (جداول ۳ الی ۸). بهترین هیبریدها برای هر کدام از صفات، با بیشترین و کمترین ترکیب‌پذیری خصوصی در جدول نشان داده شده است، به‌طوری‌که هیبرید ندا × دشت کمترین مقدار SCA را برای ارتفاع ولی هیبرید ندا × بینام بیشترین مقدار SCA را در جهت افزایش طول خوشه نشان داده است. بنابراین با بهره‌برداری از اثرات ژنی، بیشترین و کمترین مقدار SCA، GCA و سایر نتاج اصلاح کننده خواهد توانست آگاهانه‌تر نسبت به طراحی برنامه‌های اصلاحی خود اقدام نماید.

منابع مورد استفاده

۱. حسینی، م.، ر. هنرنژاد و ع. ترنگ. ۱۳۸۴. براورد اثر ژن ها و ترکیب‌پذیری برخی از صفات کمی برنج به‌روش دای‌آلل. علوم کشاورزی ایران ۳۶(۱):۳۲-۲۱.

۲. مؤمنی، ع. ۱۳۷۴. بررسی قابلیت ترکیب‌پذیری، نوع عمل ژن و مطالعه هم‌بستگی‌ها برای صفات مهم زراعی در ارقام مختلف برنج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۳. هاشمی، آ. س.، ن. بابائیان جلودار، ق. نعمت زاده و ا. قاسمی چپی. ۱۳۸۴. مطالعه اثرات ژن در کنترل صفات گیاهچه در کلزا از طریق تجزیه و تحلیل دای‌آلل. پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر ۱۲(۴): ۴۸- ۳۵.

۴. هنرنژاد، ر. ۱۳۷۳. خصوصیات ژنتیکی و قابلیت ترکیب‌پذیری واریته‌های برنج. علوم کشاورزی ایران ۲۵(۴): ۴۹-۳۱.

5. Griffing, B. 1956. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. Heredity 10:31-50.
6. Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9:463-493.
7. Hayman, B. I. 1954. The analysis of variance of diallel tables. Biometrics 10:235-244.
8. Jinks, J. L. and B. I. Hyman. 1953. The analysis of diallel crosses. Maize Genet. Coop. New 27:48-54.
9. Malini, N., T. Sundaram, S. Hari Ramakrishnan and S. Saravanan. 2006. Genetic interpretation of yield related traits in rice (*Oryza sativa* L.). Res. J. Agric. and Biol. Sci. 2:153-155.
10. Narayana, K. K. and S. R. Rangasamy. 1991. Genetic analysis for salt tolerance in rice. Genetics II. IRRI. Manila. Philippines 167-173.
11. Pooni, S., J. L. Jinks and R. K. Singh. 1984. Methods of analysis and the estimation of the genetic parameters in brown planthopper resistant varieties. Ind. Agric. 31: 257-265.
12. Sasmal, B. and S.P. Banerjee. 1986. Combining ability for grain yield and other agronomic characters in rice. J. Agron. and Crop Sci. 156:18-23.
13. Sardana, S. and D. N. Borthakur. 1987. Combining ability for yield in rice. Oryza 24:14-18.
14. Srivastava, H. K. and O. P. Verma. 2004. Genetic component and combining ability analyses in relation to heterosis for yield and associated traits using three diverse rice growing ecosystems. Field Crops Res. 88:91- 102.
15. Sujiprihati, S. S., G. B. Saleh and E. S. Ali. 2001. Combining ability analysis of yield and related characters in single cross hybrids of tropical maize(*Zea mays* L.). SABRAO. J. Breed. and Genet. 33:111-120.
16. Youchun. Li., P. Junhua and L. Zhongqi. 1997. Heterosis and combining ability for plant height and its components in hybrid wheat with *Triticum tiomopheevi* cytoplasm. Euphytica 95:337-345.
17. Wright, A. J.1985. Diallel design, analyses and refrence population. Heredity 54: 307-311.