



مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی
جلد اول، شماره دوم، تابستان ۸۷
۱۵-۳۳
www.ejcp.info



برآورد وراثت‌پذیری و هتروزیس برخی صفات مورفولوژیک و قابلیت ترکیب‌پذیری لاین‌های برنج با روش لاین × تستر

*اسداله احمدی خواه

استادیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه
علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۸۷/۴/۷؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۷/۲۵

چکیده

به منظور برآورد میزان وراثت‌پذیری و هتروزیس برخی صفات مورفولوژیک و تعیین قابلیت ترکیب‌پذیری لاین‌های برنج، دو لاین نر عقیم سیتوپلاسمی (CMS¹) به عنوان تستر با ۴ لاین خالص دیگر به عنوان والد پدری به روش لاین × تستر تلاقی داده شدند و در سال بعد والدین و نتاج در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی کشت و ۸ صفت کمی روی آنها اندازه‌گیری گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت‌های بسیار معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات، به جز تعداد دانه پر در خوشه وجود دارد. به علاوه اثر تلاقی‌ها برای تمام صفات در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. با انجام تجزیه لاین × تستر وجود اثرات افزایشی و غیرافزایشی در کنترل صفات مربوطه مشخص گردید. تجزیه ترکیب‌پذیری حاکی از وجود ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌دار برای برخی لاین‌ها و تسترها در کلیه صفات به جز طول خوشه و تعداد پنجه در بوته بود. بالاترین ترکیب‌پذیری عمومی از نظر عملکرد برای لاین ۱ (۱۰۵/۳ گرم بر مترمربع) به دست آمد. ترکیب‌پذیری خصوصی به جز برای ارتفاع بوته (تلاقی‌های $L1 \times T1$ و $L1 \times T2$)، درصد عقیمی خوشه و وزن هزار دانه (تلاقی‌های $L3 \times T1$ و $L3 \times T2$) برای بقیه صفات معنی‌دار نگردید. سهم هر یک از واریانس‌های افزایشی و

1- Cytoplasmic male sterility

* - مسئول مکاتبه: ahmadikhah_a@gau.ac.ir

مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی جلد (۱) شماره ۲

غیرافزایشی در صفات مختلف یکسان نبود و متناسب با مقدار اثرات افزایشی ژن‌ها، قابلیت توارث‌های متفاوتی برای آنها به دست آمد. بالاترین میزان وراثت‌پذیری خصوصی برای وزن هزار دانه (۰/۴۱۷) مشاهده شد. وراثت‌پذیری خصوصی متوسط صفات تعداد کل دانه، ارتفاع بوته و عملکرد دانه (به ترتیب ۳۲، ۳۰/۸ و ۲۶/۳ درصد) موجب می‌شود که شانس گزینش لاین‌های واجد خصوصیات مطلوب مربوط به این صفات، چندان بالا نباشد. بهمین ترتیب بنظر می‌رسد که گزینش برای تعداد پنجه بیشتر و خوشه بلندتر به سبب پایین بودن مقدار وراثت‌پذیری خصوصی آنها چندان موفقیت‌آمیز نباشد. لازم به ذکر است که بالاترین مقدار هتروزیس برای عملکرد در تلاقی $L1 \times T1$ (۲۶/۱ درصد) به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: برنج، وراثت‌پذیری، ترکیب‌پذیری، لاین \times تستر، نرعقیمی سیتوپلاسمی

مقدمه

تأمین نیاز کشور به برنج در آینده با تکیه بر استفاده از روش‌های اصلاح نباتات و تولید واریته‌های پرمحصول محقق می‌گردد. در طراحی برنامه‌های بهبود ژنتیکی عملکرد، متخصصین اصلاح نباتات بایستی اقدام به گزینش والدین مورد استفاده در تلاقی نمایند که امری حساس و حیاتی می‌باشد. اهمیت این کار به خاطر آنست که عملکرد یک خصوصیت پیچیده متشکل از اجزاء متعددی است که هر یک از آنها به صورت فنولوژیکی کنترل شده و بنابراین به تغییرات محیطی و نوسانات جوی بسیار حساس هستند (سینگ و جوشی، ۱۹۶۶). حساسیت و پیچیدگی این امر هنگامی بیشتر می‌شود که اصلاح‌گر مجبور به انتخاب ژنوتیپ‌های مورد نظر از میان کلکسیون‌های یک ژرم‌پلاسم متنوع باشد. بنابراین، 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 از جمله تلاقی‌های دای‌آل یا لاین \times تستر و غیره میسر می‌گردد. تلاقی دای‌آل هر چند که در عملیات اصلاح نباتات بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، ولی به دلیل نیاز به نیروی انسانی قابل ملاحظه و ضرورت تقلیل جمعیت مورد مطالعه به تعداد محدودی لاین، چندان کارآمد نیست (اراجا و همکاران، ۱۹۹۷). به همین دلیل، از تجزیه لاین \times تستر که توسط کمپتون (۱۹۵۷) پیشنهاد شده است، برای غربال لاین‌های مورد نیاز جهت دورگ‌گیری استفاده می‌شود و این امر از سرعت و اطمینان بیشتری

اسداله احمدی خواه

برخوردار می‌باشد. از این روش خصوصاً برای ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی والدین استفاده می‌گردد. همچنین برای برآورد اثرات ژن از این روش می‌توان استفاده نمود. تعیین ترکیب‌پذیری و اجزا واریانس ژنتیکی از مهمترین کارهای هر برنامه اصلاحی برای دورگ‌گیری می‌باشد (فهر، ۱۹۹۳) و به اصلاح کنندگان کمک می‌نماید تا نحوه عمل ژن یا ژنهای دخیل در تظاهر صفات کمی مهم را تعیین و والدین با ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و هیبریدهای با ترکیب‌پذیری خصوصی بالا را شناسائی نمایند (اراجا و همکاران، ۱۹۹۷). پس از معرفی این روش محققین زیادی از آن استفاده کرده و نتایج ارزشمندی به دست آوردند (چوگان، ۱۹۹۹؛ رضانی مقدم، ۲۰۰۰؛ فومن و همکاران، ۲۰۰۰؛ اراجا و همکاران، ۱۹۹۷؛ شری و همکاران، ۱۹۹۲). پراساد و ساستری (۱۹۸۷) و مانوئل و پالانی سامی (۱۹۸۹) از این روش برای شناسایی والدین و هیبریدهای قابل استفاده در برنامه‌های اصلاحی برنج استفاده نمودند.

رضانی مقدم (۲۰۰۰) با استفاده از تلاقی لاین \times تستر، مقدار هتروزیس عملکرد در تلاقی‌های بین گونه‌ای پنبه را به مراتب بیشتر از تلاقی‌های درون گونه‌ای گزارش کرده و بررسی اجزای واریانس ژنتیکی نشان داد که برای صفات عملکرد و زودرسی سهم واریانس غالبیت به مراتب بیش از واریانس افزایشی می‌باشد.

بررسی‌های نعمتی (۲۰۰۰) حاکی از معنی‌دار بودن ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها و عدم معنی‌دار شدن ترکیب‌پذیری خصوصی هیبریدها برای صفات وزن غوزه، محصول و ش و زودرسی در پنبه بوده است.

فومن و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی ۶ لاین نرعقیم سیتوپلاسمی و ۴ تستر بارور سورگم نشان داد که ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها برای کلیه صفات مورد بررسی و ترکیب‌پذیری خصوصی تعدادی از هیبریدها برای عملکرد علوفه تر معنی‌دار می‌باشد.

نعمت‌زاده و همکاران (۱۹۸۳ و ۲۰۰۰) و کیانوش (۲۰۰۰) به وجود اثرات افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی صفاتی مثل ارتفاع بوته، تاریخ گلدهی، تعداد پنجه در بوته، عملکرد، وزن هزار دانه و غیره، به ترتیب در برنج و ذرت، اشاره نمودند. بررسی‌های هنرنژاد (۱۹۹۴) حاکی از کنترل ژنتیکی صفاتی مثل تعداد پنجه، ارتفاع بوته و نسبت طول به عرض دانه قهوه‌ای برنج، توسط اثرات افزایشی ژن‌ها و ژن‌هایی با غلبه نسبی می‌باشد، ولی برای دوره رسیدگی کامل دانه، طول خوشه و درصد دانه‌های پوک در هر خوشه عمدتاً اثرات غیرافزایشی ژن‌ها و ژن‌هایی با اثر فوق غالبیت مهم

قلمداد شده‌اند. در مطالعه دیگری (هنرنژاد، ۱۹۹۶) وراثت‌پذیری صفاتی مثل ارتفاع بوته ۶۸-۶۱ درصد، تعداد پنجه در بوته ۲۸-۲۱ درصد و وزن شلتوک تک بوته و شاخص برداشت بسیار ناچیز گزارش گردید.

بررسی‌های نعمت زاده و شاهسواری (۲۰۰۰) حاکی از معنی‌دار شدن واریانس ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای صفت تراکم دانه در خوشه با وراثت‌پذیری خصوصی ۴۴ درصد می‌باشد. وو و همکاران (۱۹۸۶) برای زمان خوشه‌دهی و باروری خوشه توارث‌پذیری زیاد و برای تعداد پنجه بارور و عملکرد دانه توارث‌پذیری کمی گزارش کرده‌اند. کاوشیک و شارما (۱۹۸۸) اثرات افزایشی ژن‌ها را برای ارتفاع بوته، طول خوشه و اثرات غیرافزایشی آنها را برای عملکرد دانه و وزن هزار دانه با اهمیت دانسته‌اند.

برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA)^۱ و خصوصی (SCA)^۲ به اصلاح‌گران کمک می‌نماید تا در مورد برنامه‌های اصلاحی و استراتژی‌های گزینش ژنوتیپ‌ها تصمیم‌گیری نمایند (دی لا وگا و چاپمن، ۲۰۰۶).

ساردنا و بورتانکور (۱۹۸۷) نقش هر دو ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی را برای طول خوشه، تعداد پنجه، ارتفاع بوته، تاریخ گلدهی و عملکرد و کاوشیک و شارما (۱۹۸۸) اثرات افزایشی ژن‌ها را برای ارتفاع بوته، طول خوشه و اثرات غیرافزایشی آنها را برای عملکرد دانه و وزن هزار دانه برنج با اهمیت دانسته‌اند.

گه (۱۹۸۷) به وجود ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی در کنترل ژنتیکی صفاتی مثل عملکرد و اجزاء تشکیل‌دهنده آن در برنج اشاره نموده است. کالیمانی و ساندرام (۱۹۸۸) نقش ترکیب‌پذیری عمومی برای عملکرد و صفات مرتبط با آن را در برنج مهمتر از ترکیب‌پذیری خصوصی دانسته‌اند. روح و همکاران (۱۹۸۹) به وجود اثرات فوق‌غالبیت در کنترل ژنتیکی ارتفاع بوته در برنج اشاره کرده و اثرات غالبیت ژن‌ها را بیش از اثرات افزایشی آنها دانسته‌اند.

براساس آزمون ترکیب‌پذیری برای خصوصیات مختلف، مقادیر بالاتر SCA حاکی از سهم بیشتر اثرات غالبیت ژن‌ها و اثرات بالاتر GCA بیانگر سهم بیشتر اثرات افزایشی ژن‌های کنترل‌کننده این خصوصیات در گیاهان می‌باشد. در صورتی‌که هر دو مقدار GCA و SCA غیرمعنی‌دار باشد، بیانگر

1. General combining ability
2. Specific combining ability

نقش بارز اثرات اپیستاتیک ژن‌ها در کنترل این خصوصیات می‌باشد (فهر، ۱۹۹۳). برآورد اثرات افزایشی و غیرافزایشی با روش تجزیه لاین \times تستر ممکن است برای تعیین امکان‌پذیری کاربرد تجاری هتروزیس و شناسایی لاین‌های خالص از بین نتاج هیبریدهای مطلوب سودمند باشد (پرادهان، ۲۰۰۶). در گزارشات متعددی نظیر رامالینگام و همکاران (۱۹۹۷)، گانسن و همکاران (۱۹۹۷)، گانسن و راگاس‌وامی (۱۹۹۸)، بنسال و همکاران (۲۰۰۰)، تیرومنی و همکاران (۲۰۰۰) و پرادان و همکاران (۲۰۰۶) به قابلیت ترکیب‌پذیری و نوع عمل ژن برای خصوصیات گوناگون از جمله عملکرد در برنج پرداخته شده است.

هدف از اجرای این آزمایش، مطالعه نحوه عمل ژن‌های دخیل در تظاهر برخی صفات مهم مورفولوژیک در برنج و برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری و وراثت‌پذیری آنها و همچنین تعیین میزان هتروزیس صفات مورد مطالعه در لاین‌های برنج بوده است.

مواد و روش‌ها

چهار لاین خالص برنج به نام‌های 2-36-IR66295 (L1)، IR56 (L2)، BA-370 (L3) و IR67410-143 (L4) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی ساری به صورت یک طرح لاین \times تستر با ۲ تستر خالص نر عقیم سیتوپلاسمی بنام‌های ندا-A (T1) و IR68897-A (T2) تلاقی داده شد و نتاج آنها به همراه والدین در سال ۱۳۸۰ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در کرت‌هایی بطول ۲ متر و عرض ۱ متر با فاصله بوته 25×25 سانتی‌متر و در سه تکرار کشت شدند. بمنظور برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و میزان هتروزیس، هشت صفت شامل ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد پنجه در بوته، تعداد کل دانه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، درصد عقیمی خوشه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه، با استفاده از میانگین ۱۰ نمونه تصادفی (پس از حذف ردیف‌های کناری هر کرت)، اندازه‌گیری شدند. تجزیه واریانس بر روی صفات فوق انجام و میانگین‌ها با روش LSD با هم مقایسه شدند. لازم به ذکر است که درصد عقیمی خوشه، از تقسیم تعداد دانه‌های پوک بر تعداد کل دانه در خوشه، محاسبه شد.

برای تجزیه آماری طرح، از تجزیه لاین \times تستر استفاده شد. در این نوع تجزیه، امکان برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی والدین و همچنین برآورد اثر ژن‌ها وجود دارد. برای تجزیه بیشتر اثر تلاقی‌ها به اجزاء آن و نیز محاسبه واریانس افزایشی و غالبیت از روش پیشنهادی کمپتورن

(۱۹۵۷) استفاده گردید. در این روش اثر ژنوتیپ‌ها به اثر والدین، اثر تلاقی‌ها و اثر والدین در مقابل تلاقی‌ها، شکسته می‌شود. اثر تلاقی‌ها نیز به اثر لاین‌ها، اثر تسترها و اثر لاین \times تستر، شکسته می‌شود. درجه غالبیت از رابطه $\sqrt{\frac{2\delta^2 D}{\delta^2 A}}$ محاسبه گردید که در اینجا، B^2_D بیانگر واریانس غالبیت و B^2_A بیانگر واریانس افزایشی است. برای آزمون اثرات ترکیب‌پذیری و نیز واریانس غالبیت و افزایشی از آزمون t استفاده شد.

پیشرفت ژنتیکی (ΔG)، طبق رابطه $\Delta G = k H_b (V_p)^{0.5}$ محاسبه شد؛ که در آن H_b نشان‌دهنده وراثت‌پذیری عمومی و V_p بیانگر واریانس فنوتیپی است و k ثابت انتخاب در شدت گزینش دلخواه می‌باشد (در این آزمایش، k معادل ۲/۰۶، با فرض شدت گزینش ۵ درصد، در نظر گرفته شده است). وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی به ترتیب از رابطه‌های زیر به دست می‌آیند:

$$H_b = V_G / V_p$$

$$H_n = V_A / V_p$$

در اینجا V_G بیانگر واریانس ژنتیکی و V_A بیانگر واریانس افزایشی است.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات مختلف (جدول ۱) نشان داد که ژنوتیپ‌ها از لحاظ کلیه صفات مورد اندازه‌گیری به جز تعداد دانه پر در خوشه تفاوت‌های بسیار معنی‌داری با هم دارند و اثر تلاقی‌ها جز در مورد طول خوشه و تعداد پنجه در بوته برای صفات ارتفاع بوته، تعداد کل دانه، درصد عقیمی خوشه و وزن هزار دانه در سطح ۱ درصد و برای تعداد دانه پر در خوشه و عملکرد دانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد که این نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی کافی بین تلاقی‌ها از نظر صفات مزبور می‌باشد. تجزیه اثر تلاقی‌ها به اجزاء تشکیل‌دهنده خود بر اساس تجزیه لاین \times تستر، نشان داد که اثر لاین‌ها فقط برای صفات عملکرد دانه، تعداد کل دانه (در سطح ۱ درصد) و ارتفاع بوته (در سطح ۵ درصد) معنی‌دار بود. اثر تسترها نیز فقط برای صفت تعداد کل دانه (در سطح ۱ درصد) معنی‌دار بود. اثر متقابل لاین \times تستر فقط برای صفات ارتفاع بوته، درصد عقیمی خوشه و وزن هزار دانه بسیار معنی‌دار بود.

جدول ۱- میانگین مربعات منابع تغییر صفات مورد بررسی براساس نلافی لاین × تستر.

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول خوشه	تعداد پنجه در بوته	تعداد کل دانه در خوشه	تعداد دانه پر در خوشه	در صد عقیمی خوشه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
خطا	۶۶	۲۲/۲۲	۴۷/۱	۱۷/۳۱	۴۰/۷۳۷	۵۳/۲۲۵	۸۶/۶۶	۶۶/۰	۸۱/۷۵۷۳۱
لاین × تستر	۳	۱۰۹/۲۰*	۱۰/۳	۸۷/۶۱	۰۳/۶۱۳	۴۷/۳۰۱	۳۳/۱۷۳	۳۱/۶	۵۳/۳۵۵۷
تسترها	۱	۱۳۳/۰	۶۸۷	۸۴/۸	۳۰/۰۶۳۳۱*	۶۸/۳	۴۳/۷۰۱۱	۲۳/۳	۳۰/۳۱۱۱۱
لاین ها	۳	۴۳۵/۲۷*	۶۳/۸	۲۰/۲۱	۶۷/۱۳۰۲*	۸۰/۶۶۱	۸۳/۷۲۵	۶۶/۷۱	۳۵/۰۸۰۲۷
والدین مقابل تلاقی ها	۱	۲۹/۹۷	۶۶/۶۶	۳۴/۷۲	۳۳/۱۳۰۵*	۱۱/۶۱۵	۶۳/۶۱۱	۲۲/۳	۰۲/۷۷۲۷
تلاقی ها	۷	۲۵۳/۰۹*	۳۰/۴	۳۲/۳۱	۳۱/۶۳۶۲*	۰۰/۳۱	۷۰/۷۴۵	۸۷/۳۱	۶۶/۶۶۵۰۳
والدین	۵	۱۱۱/۶۹*	۵۵/۶۱	۷۵/۵۰۱*	۶۶/۵۲۷۱	۸۶/۳۴۸	۰۰/۶۶۲	۲۷/۶۱	۷۷/۶۶۰۸۷
ژنوتیپ ها	۱۳	۲۷۶/۷۰*	۴۷/۷۱	۴۵/۵۰*	۶۶/۷۸۶۲*	۷۸/۳۰۱	۳۳/۳۳۷	۱۰/۵۱	۳۱/۷۰۵۲۵
تکرار	۲	۱۱/۳۵	۷/۰	۶۷/۴۶	۱۰/۶۳۳	۴۷/۱۸۳	۷۵/۶۸	۶۳/۰	۶۰/۷۰۴۷۸

* و ** : به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

جدول ۲- ترکیب پذیری عمومی (GCA) لاین‌ها و تسترها و اجزا واریانس ژنتیکی برای صفات مختلف.

عاملرد دانه	وزن هزار دانه	درصد عقیمی خوشه	درصد کل دانه	تعداد کل دانه	تعداد پنجه	طول خوشه	ارتفاع بوته	منابع تغییر
۱۰۵/۳۳۳*	-۰/۹۴۶**	۴/۵۵۴	-۴/۲۵۰	۰/۸۷۹	۰/۱۰۴	-۱۰/۲۴۰**	GCA لاین‌ها	
۸۴/۷۶۷	۰/۷۷۱*	-۱۳/۳۶۳**	۰/۰۰۰	۰/۹۹۶	-۰/۹۲۹	۴/۰۵۰*	L1	
-۴۶/۵۶۷	۲/۰۲۱**	-۰/۸۷۹	-۲۰/۱۷۰	۰/۳۶۳	۰/۳۲۱	۹/۳۱۰**	L2	
-۴۳/۵۳۰**	-۱/۸۴۶**	۹/۶۸۸**	۲۴/۴۲۰	-۲/۱۳۸	۰/۵۰۴	-۳/۱۲۰	L3	
۴۹/۷۹۶	۰/۳۴۰	۳/۴۰۶	۱۱/۹۷۰	۱/۵۱۷	۰/۵۵۳	۱/۹۷۰	L4	
۲۲/۴۵۸	۰/۹۸۸**	-۷/۲۱۳**	-۲۳/۷۰۸**	۰/۳۲۱	۰/۶۰۴	۲/۳۵۰	S.E _{gi}	
-۲۲/۴۵۸	-۰/۹۷۷**	۷/۲۱۳**	۲۳/۷۰۸**	-۰/۳۲۱	-۰/۶۰۴	-۲/۳۵۰	GCA تسترها	
۳۵/۴۵۸	۰/۲۴۰	۲/۴۰۶	۸/۴۶۶	۱/۰۷۳	۰/۳۹۱	۱/۳۹۱	T1	
۷۴۷۲/۷۷۰**	۲/۵۸۸**	۴۹/۶۲۴**	۶۱۱/۲۶۷**	-۰	۰/۰۰۳	۱۶/۵۹**	T2	
۳۵/۴۵۸	۰/۲۴۰	۲/۴۰۶	۸/۴۶۶	۱/۰۷۳	۰/۳۹۱	۱/۳۹۱	S.E _{gi}	
-۲۱۰/۱۹۷	۱/۸۱۴**	۹۴/۷۷۸**	-۱۸۰/۲۱	۱/۹۸۶	۰/۷۲۶	۲۹/۲۳۰**	B ² _A	
۳۵/۴۵۸	۰/۲۴۰	۲/۴۰۶	۸/۴۶۶	۱/۰۷۳	۰/۳۹۱	۱/۳۹۱	B ² _(B A)	
۳۵/۴۵۸	۰/۲۴۰	۲/۴۰۶	۸/۴۶۶	۱/۰۷۳	۰/۳۹۱	۱/۳۹۱	B ² _D	
۳۵/۴۵۸	۰/۲۴۰	۲/۴۰۶	۸/۴۶۶	۱/۰۷۳	۰/۳۹۱	۱/۳۹۱	S.E _(B D)	
۳۵/۴۵۸	۰/۲۴۰	۲/۴۰۶	۸/۴۶۶	۱/۰۷۳	۰/۳۹۱	۱/۳۹۱	S.E _(B D)	
-	۱/۴۴	۲/۲۱	-	-	-	۱/۳۳	درجه غالبیت	

* و **: ترتیب معنی دار در سطوح ۵ درصد و ۱ درصد؛ S.E: خطای معیار؛ B²A: واریانس افزایشی؛ B²D: واریانس غالبیت.

لازم به ذکر است که برای معنی دار شدن قوی اثر تلاقی‌های مربوط به یک صفت، لازم نیست که همه اجزای آن (لاین‌ها، تسترها و لاین × تستر)، معنی دار شوند، بلکه معنی دار شدن حتی فقط یک جزء می‌تواند سبب معنی دار شدن آن گردد، البته عکس این مطلب درست نیست (کمپتون، ۱۹۵۷).

تجزیه لاین × تستر

از آنجا که اثر تلاقی‌ها برای اکثر صفات (البته به جز طول خوشه و تعداد پنجه در گیاه) معنی دار بوده است، از اینرو تجزیه لاین × تستر در مورد صفاتی که معنی دار شده بودند، انجام گرفت. تجزیه ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها (جدول ۲) نشان داد که برای ارتفاع بوته لاین ۱ (L1) دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی معنی دار و و لاین‌های ۲ و ۳ (L2 و L3) دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی دار، برای وزن هزار دانه لاین‌های ۱ و ۴ دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی دار و لاین‌های ۲ و ۳ دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی دار و برای عملکرد دانه لاین ۱ دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی دار و لاین ۴ دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی دار می‌باشند. به نظر می‌رسد که لاین ۱ از طریق افزایش ترکیب‌پذیری عمومی برای پاکوتاهی باعث افزایش ترکیب‌پذیری عمومی برای عملکرد دانه و لاین ۴ از طریق کاهش ترکیب‌پذیری عمومی برای وزن هزار دانه و افزایش ترکیب‌پذیری عمومی برای درصد عقیمی خوشه باعث کاهش ترکیب‌پذیری عمومی برای عملکرد دانه شده باشند. همچنین برای درصد عقیمی خوشه، لاین ۲ دارای ترکیب‌پذیری منفی معنی دار و لاین ۴ دارای ترکیب‌پذیری مثبت معنی دار بود. این نشان می‌دهد که لاین ۲ افزایش باروری خوشه و لاین ۴ کاهش آن است. با توجه به اینکه لاین ۲، یک لاین تجدیدکننده نسبی باروری و لاین ۴، یک لاین نگهدارنده نسبی نر عقیمی است (احمدی‌خواه، ۲۰۰۱)، چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نیست.

وجود GCA منفی و معنی دار برای لاین ۱ از نظر ارتفاع بوته این امید را می‌دهد که در بین نتایج این لاین بتوان لاین‌های پاکوتاهی را یافت. این لاین از GCA مثبت معنی داری نیز برای عملکرد دانه برخوردار می‌باشد. لذا با انتخاب روش سلکسیون مناسب مثلاً روش سنتی شجره‌ای، این امید وجود دارد که در بین نتایج نسل‌های در حال تفکیک این لاین بتوان لاین‌هایی پاکوتاه و در عین حال واجد عملکرد بالا را پیدا کرد.

جدول ۳- ترکیب پذیری خصوصی (SCA) ترکیبات مختلف برای صفات مورد مطالعه در برنج.

عملکرد دانه	وزن هزار دانه		درصد عقیمی خوشه		درصد کل دانه		تعداد پنجه		طول خوشه		ارتفاع بوته		منابع تغییر
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	
-۲۵/۹۱	۲۵/۹۱	۰/۴۴	-۰/۴۴	۹/۰۹	-۹/۰۹	۲/۲۹	-۲/۲۹	۲/۴۷	-۲/۴۷	۰/۴۲	-۰/۴۲	۵/۶۶*	L1
-۱۹/۲۴	۱۹/۲۴	۰/۱۹	-۰/۱۹	-۰/۶۴	۰/۶۴	۶/۸۸	-۶/۸۸	۲/۱۸	-۲/۱۸	۰/۶۵	-۰/۶۵	-۰/۶۵	L2
۲۰/۹۶	-۲۰/۹۶	-۱/۴۶**	۱/۴۶**	-۱۰/۳۵*	۱۰/۳۵*	-۱۰/۲۹	۱۰/۲۹	-۰/۸۱	۰/۸۱	-۰/۱۰	۰/۱۰	۴/۷۹	L3
۴۲/۱۹	-۴۲/۱۹	۰/۸۴	-۰/۸۴	۰/۶۲	-۰/۶۲	۱/۲۹	-۱/۲۹	۱/۵۲	-۱/۵۲	-۱/۸۸	۱/۸۸	۰/۲۲	L4
۷/۴۲	۰/۴۸	۴/۸۲	۱۶/۹۳	۲/۱۵	۲/۷۸	۲/۷۸	۲/۷۸	۲/۷۸	۲/۷۸	۲/۷۸	۲/۷۸	۲/۷۸	S.E.(SCA)

* و **: بترتیب معنی دار در سطوح ۵ درصد و ۱ درصد.

در مورد اثر تسترها، دو تستر روند کاملاً متفاوتی را دارا بودند، هر چند که فقط برای سه صفت تعداد کل دانه، درصد عقیمی خوشه و وزن هزار دانه، ترکیب پذیری عمومی آنها معنی دار گردید. تستر ۱ (T1) دارای ترکیب پذیری عمومی منفی و بسیار معنی دار برای تعداد کل دانه و درصد عقیمی خوشه و ترکیب پذیری عمومی مثبت و بسیار معنی دار برای وزن هزار دانه بود، در حالی که تستر ۲ (T2) کاملاً برعکس عمل نمود. از این رو تستر ۱ کاهنده تعداد کل دانه و درصد عقیمی خوشه و افزایش دانه وزن هزار دانه و تستر ۲ برعکس افزایش تعداد کل دانه و درصد عقیمی خوشه و کاهنده وزن هزار دانه بوده است. به نظر می رسد تستر ۱ از طریق افزایش ترکیب پذیری عمومی برای وزن هزار دانه و کاهش آن برای درصد عقیمی خوشه سبب افزایش عملکرد دانه شده باشد هر چند که این افزایش عملکرد دانه معنی دار نبوده است که آن را هم می توان به اثر خنثی کنندگی صفت تعداد کل دانه در خوشه نسبت داد.

ترکیب پذیری خصوصی هیبریدها در جدول ۳ درج شده است. به جز تلاقی های $L1 \times T1$ و $T2$ $L1 \times L1$ برای ارتفاع بوته (به ترتیب $5/66$ و $-5/66$) و تلاقی های $L3 \times T1$ و $L3 \times T2$ برای درصد عقیمی خوشه (به ترتیب $9/25$ و $-9/25$) و همین تلاقی ها برای وزن هزار دانه (به ترتیب $1/47$ و $-1/47$)، سایر تلاقی ها برای هیچکدام از صفات، ترکیب پذیری خصوصی معنی دار نداشتند. عدم معنی دار شدن ترکیب پذیری خصوصی برای بقیه تلاقی ها احتمالاً به علت قوی بودن حداقل یکی از تسترها می باشد. تلاقی $L3 \times T1$ دارای بالاترین ترکیب پذیری خصوصی مثبت و معنی دار برای وزن هزار دانه بود که در آن هر دو والد ترکیب شونده های عمومی بسیار خوبی بودند و این نشان دهنده نحوه عمل افزایشی ژنی برای صفت مزبور در والدین می باشد. از این رو، برای بهبود وزن هزار دانه می توان در نتاج نسل های در حال تفکیک این دو والد اقدام به انتخاب گیاهان با وزن هزار دانه بالا نمود و انتظار می رود که با بهره گیری از روش های سلکسیون مناسب بتوان به لاین هایی دست یافت که از وزن هزار دانه بالا برخوردار باشند. البته وجود GCA منفی و معنی دار برای لاین ۱ از نظر ارتفاع بوته این امید را می دهد که در بین نتاج این لاین بتوان لاین های پا کوتاهی را یافت. این لاین از GCA مثبت معنی داری نیز برای عملکرد دانه برخوردار می باشد. لذا با انتخاب روش سلکسیون مناسب مثلاً روش سنتی شجره ای، این امید وجود دارد که در بین نتاج نسل های در حال تفکیک این لاین بتوان لاین هایی پاکوتاه و در عین حال واجد عملکرد بالا را پیدا کرد. البته، چون برای عملکرد ترکیب پذیری خصوصی هیبریدها معنی دار نشده است، می توان گفت که تولید هیبرید میان هر یک از

جدول ۴- میانگین صفات مختلف در تلاقی لاین × تستر به همراه والدین و درصد هتروزیس هیبریدها نسبت به میانگین والدین (اعداد داخل پرانتز).

عملکرد دانه (گرم بر مترمربع)	وزن هزار دانه (گرم)	درصد عقیمی خوشه	تعداد دانه بر خوشه	تعداد کل دانه در خوشه	تعداد پنجه در بوته	طول خوشه (سانتی متر)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	لاین * تسترت
۲۹۳۰ (۱۶۷) a	۲۵/۴۰ (-۴/۳) c	۲۷/۵۰ (۱۴/۴) d	۱۱۸/۰۰ (-۷/۲) bc	۱۶۵/۳۳ (۱۷/۷) d	۱۷/۴۷ (-۱/۱) bc	۲۷/۱۷ (۲/۶) b	۹۷/۸۷ (-۸/۳) d	L1*T1
۵۳۶۵۰ (۱۴/۵) ab	۲۴/۳۰ (۵/۱) d	۶۰/۱۰ (۲۵/۸) a	۸۴/۱۷ (-۲۷/۶) d	۲۱۷/۳۳ (۲۴/۶) bc	۱۹/۸۷ (-۸/۰) ab	۲۷/۵۳ (۱۶/۷) b	۸۱/۷۳ (-۱۰/۸) e	L1*T2
۶۲۰۰۰ (-۵/۸) a	۲۷/۴۰ (۱/۳) b	۱۸/۰۰ (-۲/۴) e	۱۳۵/۰۰ (۳/۰) ab	۱۶۵/۰۰ (۷/۸) d	۲۱/۳۳ (-۱/۹) a	۲۶/۳۷ (۷/۷) c	۱۰۵/۷۳ (-۲/۰) abc	L2*T1
۵۰۰/۶۰ (-۱۹/۹) bc	۲۵/۸۰ (۹/۳) c	۳۳/۷۰ (۹/۹) cd	۱۵۰/۱۷ (۲/۴) a	۲۲۹/۱۷ (۳/۹) ab	۱۶/۳۳ (-۳/۶) cd	۲۶/۲۷ (۲/۱) c	۱۰۲/۳۳ (۱/۳) bcd	L2*T2
۴۳/۵۰ (-۱۳/۴) c	۳۰/۳۰ (۱/۶) a	۴۱/۵۰ (۷/۴) b	۹۵/۱۷ (-۴/۷) d	۱۶۲/۰۰ (-۹/۹) d	۱۹/۳۳ (۹/۴) abc	۲۷/۰۷ (۰/۲) bc	۱۰۶/۸۷ (-۶/۶) ab	L3*T1
۴۲۷/۵۰ (-۱۳/۳) d	۲۵/۴۰ (۱/۲) c	۳۵/۲۰ (-۳/۷) bc	۱۲۱/۳۳ (۵/۰) bc	۱۸۸/۸۳ (-۱/۴) cd	۱۷/۰۷ (-۲/۰) bc	۲۸/۰۷ (۱/۵) ab	۱۱۱/۷۳ (۱/۲) a	L3*T2
۳۱۷۳۰ (-۴۳/۳) d	۲۴/۸۰ (-۱۴/۰) d	۴۱/۸۰ (۶/۹) b	۱۱۵/۱۷ (-۱/۴) c	۱۹۵/۱۷ (۲/۰) c	۱۴/۵۰ (-۴/۰) cd	۲۵/۹۷ (-۳/۳) cd	۹۹/۰۰ (-۹/۰) cd	L4*T1
۳۵۱/۸۲۰ (۳۲/۰) cd	۲۳/۸۰ (-۳/۲) d	۵۶/۷۰ (۵/۱) a	۱۱۰/۸۳ (۴/۶) bcd	۲۴۴/۵۰ (۴/۵) a	۱۳/۸۳ (-۳/۷) d	۲۹/۵۳ (۲/۷) a	۹۴/۷۳ (۱/۲) d	L4*T2
۳۰/۷/۹۰ C	۲۴/۳۴ D	۳۲/۱۷ B	۱۳۳/۸۳ BC	۱۸۲/۱۷ B	۱۳/۸۳ D	۲۵/۰۰ B	۹۵/۸۳ B	L1
۶۶/۷/۷ A	۲۵/۳۴ C	۲۱/۰۰ C	۱۴۱/۶۷ A	۱۳۳/۱۷ BC	۲۲/۰۰ B	۲۱/۰۰ D	۹۸/۲۰ B	L2
۳۴/۵/۷ BC	۳۳/۳۴ E	۳۲/۸۰ B	۱۳۲/۱۷ BC	۲۱۶/۶۷ A	۱۳/۸۳ D	۲۶/۰۷ B	۱۱۱/۳۳ A	L3
۴۱۲/۰۰ B	۲۷/۲/۷ B	۳۲/۸/۷ B	۱۱۳/۰۰ DE	۱۶۹/۱/۷ B	۱۶/۷/۷ CD	۲۵/۸/۷ B	۹۹/۸/۷ B	L4
۶۹/۰/۷ A	۲۸/۷/۷ A	۱۵/۹۰ C	۱۲/۰/۰ CD	۱۴۳/۰۰ C	۲۱/۵۰ B	۲۷/۸/۷ A	۱۱۷/۵۰ A	T1
۶۲۲/۵/۷ A	۲۱/۹۰ F	۴۰/۳/۳ A	۹۸/۸/۴ E	۱۶۶/۵۰ BC	۲۹/۸/۷ A	۲۲/۴۰ C	۸۷/۳/۳ C	T2
۹۹/۵/۹	۰/۶۸	۶/۸۱	۱۸/۶/۶	۳۳/۹۵	۲/۰/۳	۱/۱۱	۷/۷۱	LSD _{5%}

توجه: اعداد داخل پرانتز، مقدار هتروزیس (بر حسب درصد) را نشان می دهد. گروه بندی مقادیر هتروزیس صفات مختلف مربوط به تلاقی ها با حروف کوچک لاتین و گروه بندی مقادیر صفات مختلف مربوط به لاین ها و تسترها با حروف بزرگ لاتین نشان داده شده است.

جدول ۵- برآورد پیشرفت ژنتیکی و وراثت پذیری صفات مورد مطالعه در تلاقی لاین × نستر.

عملکرد دانه	وزن هزار دانه	درصد عقیمی خوشه	تعداد کل دانه در خوشه	تعداد پنجه در بوته	طول خوشه	ارتفاع بوته	پارامتر
۴۵/۸۰	۸۷/۳۹	۶۰/۲۷	۴۱/۲۶	۴۶/۸۸	۷۰/۲۱	۷۸/۴۴	(%) H _b
۲۷/۲۶	۴۱/۷۴	۱۵/۹۴	۳۷/۰۰	-	۰/۰۵	۳۰/۸۰	(%) H _n
۱۵۶/۱۶	۴/۲۲	۱۹/۴۰	۳۷/۵۳	۴/۹۳	۲/۶۰	۱۶/۷۷	ΔG

H_b- وراثت پذیری عمومی؛ H_n- وراثت پذیری خصوصی؛ ΔG- پیشرفت ژنتیکی که برابر است با $(V_p)^{0.5}$ که در آن k ثابت انتخاب در شدت گزینش دلخواه می باشد (در اینجا k معادل ۲/۰۶، با فرض شدت گزینش ۵ درصد، در نظر گرفته شده است).

لاین‌ها و تسترهای مورد آزمایش، موفق نخواهد بود. بنابراین، باید از روش‌های سلکسیون پس از دورگ‌گیری، اقدام به بهبود این خصوصیت مهم کرد. همچنین توجه به انتخاب غیرمستقیم صفات همبسته با عملکرد، نظیر وزن هزاردانه، می‌تواند به بهبود عملکرد کمک نماید.

محاسبه اجزاء واریانس ژنتیکی (جدول ۲) برای صفات مختلف نشان داد که واریانس افزایشی بسیار معنی‌داری برای صفات تعداد کل دانه، و عملکرد دانه و واریانس افزایشی و نیز غالبیت بسیار معنی‌داری برای صفات ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و در صد عقیمی خوشه وجود دارد. این نشان می‌دهد که در کنترل ژنتیکی تعداد کل دانه و عملکرد فقط اثرات افزایشی و در کنترل ژنتیکی ارتفاع بوته، در صد عقیمی خوشه و وزن هزار دانه هر دو اثرات غالبیت و افزایشی نقش دارند (لازم به ذکر است که برای صفاتی که واریانس افزایشی یا غالبیت منفی به دست آمد، این واریانس معادل صفر در نظر گرفته شد). محققان زیادی به سهم بارز عمل افزایشی ژن در اکثر صفات دخیل در عملکرد اشاره نموده‌اند (برای مثال، پنگ و ویرمانی، ۱۹۹۹؛ رامالینگان و همکاران، ۱۹۹۳؛ ساتیانارایانا و همکاران، ۲۰۰۰). در حالی که ویجی کومار و همکاران (۱۹۹۴) به سهم بالاتر اثرات افزایشی و سینگ و کومار (۲۰۰۵) به نقش همزمان هر دو اثرات افزایشی و غیرافزایشی در برنج اشاره کرده‌اند. به هر حال محاسبه درجه غالبیت برای صفاتی که واریانس غالبیت آنها معنی‌دار گردید، نشان داد که در کنترل ارتفاع بوته، درصد عقیمی خوشه و وزن هزار دانه بایستی اثرات فوق غالبیت ژنی نقش داشته باشد (جدول ۲). طبق نظر ساگرو و هالور (۱۹۹۷) درجه غالبیت بسیار بزرگتر از یک احتمالاً به سبب وجود پیوستگی انفصالی^۱ می‌باشد.

میانگین صفات مختلف برای لاین‌ها، تسترها، تلاقی‌های مورد مطالعه و درصد هتروزیس در جدول ۴ مندرج است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که تلاقی $L1 \times T1$ دارای بیشترین عملکرد دانه (۶۲۹/۳ گرم بر مترمربع) می‌باشد این در حالی است که والد پدری آن ($L1$) دارای کمترین مقدار عملکرد (۳۰۷/۹ گرم بر مترمربع) و تستر مادری آن ($T1$) دارای بالاترین مقدار از لحاظ این صفت (۶۹۰/۱ گرم بر مترمربع) می‌باشد. از آنجا که تستر $T1$ فاقد ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌دار برای عملکرد بوده است، این نکته که لاین $L1$ دارای بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی برای صفت مزبور بوده

است، سبب می‌شود تا تظاهر عملکرد بالا (۶۲۹/۳ گرم بر مترمربع) در هیبرید $L1 \times T1$ ، به اثر مثبت لاین $L1$ در جهت بهبود عملکرد نسبت داده شود.

بیشترین هتروزیس برای درصد عقیمی خوشه و تلاقی $L3 \times T1$ (۷۰/۴ درصد)، تلاقی $L4 \times T1$ (۶۸/۹ درصد)، تلاقی $L1 \times T2$ (۶۵/۸ درصد) و تلاقی $L4 \times T2$ (۵۵/۱ درصد) به‌دست آمد که این امر نشان‌دهنده تأثیر شدیدتر تستر $T1$ نسبت به تستر $T2$ در جهت افزایش عقیمی خوشه در هیبریدهای مربوطه می‌باشد. از این‌رو تستر $T2$ در صورت استفاده به‌عنوان لاین مادری نر عقیم در تولید بذر هیبرید، سبب باروری بالاتر هیبرید و تولید بذر هیبرید بیشتر خواهد شد. معنی‌دار شدن ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی $L3 \times T2$ در جهت کاهش ترکیب‌پذیری برای عقیمی خوشه، تأییدکننده این مطلب می‌باشد.

جدول ۵ منعکس‌کننده برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات مورد مطالعه می‌باشد. بالاترین وراثت‌پذیری خصوصی برای وزن هزار دانه (۴۷/۱۵ درصد) به‌دست آمد و این وراثت‌پذیری نسبتاً خوب، شانس گزینش لاین‌های با وزن هزار دانه بالا را در نتاج نسل‌های در حال تفکیک بالا برده و می‌توان انتظار داشت که این صفت به مقدار مطلوب در نتاج تظاهر پیدا کرده و انتخاب بر مبنای فنوتیپ برای بهبود آن مؤثر واقع گردد (گانسن و راگاس‌وامی، ۱۹۹۸؛ بنسال و همکاران، ۲۰۰۰؛ گانسن و همکاران، ۱۹۹۷). وراثت‌پذیری خصوصی متوسط به‌دست آمده برای تعداد کل دانه در خوشه، ارتفاع بوته و عملکرد دانه (به ترتیب ۴۱/۷۴، ۳۰/۷۹ و ۲۷/۲۷ درصد) شانس گزینش متوسطی را برای ژنوتیپ‌های با تراکم دانه در خوشه بیشتر، پاکوتاه‌تر و واجد عملکرد بالاتر فراهم می‌آورد (چوگان، ۱۹۹۹). گزینش برای باقی صفات به دلیل پائین بودن قابلیت توارث خصوصی آنها چندان موفقیت‌آمیز نخواهد بود.

محاسبه پیشرفت ژنتیکی (ΔG در جدول ۵) برای صفات مختلف نشان می‌دهد که امکان بهبود صفات وزن هزار دانه، تعداد کل دانه در خوشه و عملکرد با اتخاذ روش مناسب گزینش وجود دارد و می‌توان به لاین‌هائی دست یافت که از وزن هزار دانه، تراکم دانه در خوشه و عملکرد مطلوبی برخوردار باشند.

فهرست منابع

- Ahmadikhah, A. 2001. Investigation and identification of maintainer and restorer lines in rice. Msc. Thes., Mazandaran Univ. 78 pp.
- Bansal, U.K, Saini, R.G., and Rani, N.S. 2000. Heterosis and combining ability for yield, its components and quality traits in some scented rices. Trop. Agri. 77 (3): 180-187.
- Chogan, R. 1999. Estimation of combining ability, additive and dominance variance in corn lines using line x tester cross. J. Seedling and Seed 15: 65-73.
- De la Vega, A.J., and Chapman, S.C. 2006. Multivariate Analyses to display interactions between environment and general or specific combining ability in hybrid crops. Crop Sci. 46: 957-967.
- Eraja, L., Chauhan, T.P.S., Thiagaraja, V., Lakshman, V., and Kamble, C.K. 1997. Line × tester analysis of combining ability in new genotypes of bivoltine silkworm. Ind. J. Agri. Sci. 67(7): 287-290.
- Fehr, W.R. 1993. Principles of cultivar development. Vol. 1. MacMillan Publ. Co. New York, USA. 342 pp.
- Foman, A., Ghanadha, M.R., and Moghadam, A. 2000. The genetic study of plant height, tiller number and yield of sorghum lines using line x tester cross. Abstract of 6th Agronomy & Plant Breeding congress, of Iran. p. 78.
- Ganeshan, K.N., and Rangasamy, M. 1998. Combining ability studies in rice hybrids involving wild abortive (WA) and *Oryza perennis* sources of CMS lines. Oryza 35(2): 113-116.
- Ganeshan, K.N., Manual, W.W., Vivekandan, P., and Pillai M.A. 1997. Combining ability, heterosis and inbreeding depression for quantitative traits in rice. Oryza 34: 13-18.
- Honarnejad, R. 1994. Genetic characteristics and combining ability of rice varieties. J. Iranian Agric. Sci. 25: 234-241.
- Honarnejad, R. 1996. Estimation of gene effects and combining ability for some quantitative traits in rice using diallel method. J. Iranian Agric. Sci. 27: 356-362.
- Kalimani, S., and Sundram, M.K. 1988. Combining ability for yield and yield components in rice (*Oryza sativa*). Madras Agric. J. 75 (3-4): 99-104.
- Kaushik, R.P., and Sharma, M.K. 1988. Gene action and combining ability for yield and its component characters in rice under cold stress conditions. Oryza 25 (1): 1-9 .
- Kempthorne, O. 1957. An introduction to genetic statistics, Jonwiley and Nordskog, Inc. London: Chapman & Hall. Ltd.
- Kianoush, Gh. 2000. The study of combining ability, estimation of heterosis and correlation of some important traits in rice. 6th Agronomy & Plant Breeding congress, of Iran. p. 128-129.

- Koh, J.C. 1987. Studies on the combining ability and heterosis of F₁ hybrids using cytoplasmic-genetic male sterile lines of rice. Research, Korea Republic. 29(2): 1-21.
- Manuel, W.W., and Palanisamy, S. 1989. Line × tester analysis of combining ability of rice. *Oryza* 26: 27-32.
- Nemati, N. 2000. Estimation of combining ability and heterosis of cotton using line × tester analysis. 6th Agronomy & Plant Breeding congress, of Iran. pp. 76.
- Nematzadeh, G., Abbaskhani Davanloo, H., Mani, and Yazdani, R. 2000. Determination of variation and combining ability of quantitative traits in rice. 6th Agronomy & Plant Breeding congress, of Iran. pp. 133-134.
- Nematzadeh, G., and Shahsavari, A. 2000. Estimation of gene effects and combining ability of seed compaction in panicle of rice. 6th Agronomy & Plant Breeding congress, of Iran. pp. 87-88.
- Nematzadeh, G., Vahbian, M., Khaje Noori, A., and Abbaskhani Davanloo, H. 1983. Gene effects and combining ability of quantitative and qualitative traits in rice. 1st Seminar on Rice Programming. Gachsaran, Iran.
- Peng, J.Y., and Virmani, S.S. 1999. Combining ability for yield and four related traits in relation to breeding in rice. *Oryza* 37: 1-10.
- Pradhan, S.K., Bose, L.K., and Meher, J. 2006. Studies on gene action and combining ability analysis in Basmati rice. *J. Cent. Eur. Agr.* 7: 267-272.
- Prasad, G.S.V., and Sastry, M.V.S. 1987. Line × tester analysis for combining ability and heterosis in brown planthopper-resistant varieties. *Indian Agric.* 31: 257-265.
- Ramalingam, J., Virekanaudan, P., and Vamiarajan, C. 1993. Combining ability analysis in lowland early rice. *Crop Res.* 6: 220-233.
- Ramalingam, J., Nadarajan, N., Vanniyarajan, C., and Rangasamy, P. 1997. Combining ability studies involving cms lines in rice. *Oryza* 34: 4-7.
- Ramazani-Moghadam, M.R. 2000. The study of GCA and SCA in cotton using line × tester cross. 6th Agronomy & Plant Breeding congress, of Iran. pp. 33.
- Roh, S.E., Plee, Y.M., and Guh, J.O. 1989. Test of resistance to herbicides and genetic analysis by diallel cross. 12th Asian-Pacific weed science society conference. Los Bonas, Philippines. p. 261-265.
- Sardana, S., and Borthankur, D.N. 1987. Combining ability for yield in rice. *Oryza* 24(1): 14-18.
- Satyanarayana, P.V., Reddy, M.S.S., Kumar, I., and Madhuri, J. 2000. Combining ability studies on yield and yield components in rice. *Oryza* 57: 22-25.
- Shree, P.S., Henry, T., Albeiro, M., and Ariel, G.J. 1992. Combining ability for seed yield and its components in common bean of Andean origin. *Crop Sci.* 32: 81-84.
- Singh, S.P., and Joshi, A.B. 1966. Line×tester analysis in relation to breeding for yield in linseed. *Indian J. Genet. Plant Breed.* 26: 177-194.

- Singh, N.K., and Kumar, A. 2005. Combining ability analysis to identify suitable parents for heterotic rice hybrid breeding. *IRRN* 29(1), 21-22.
- Sughroue, J.R., and Hallauer, A.R. 1997. Analysis of the diallel mating design for maize inbred lines. *Crop Sci.* 87: 400-890.
- Thirumeni, S., Subramanian, M., and Paramasivan, K. 2000. Combining ability and gene action in rice under salinity. *Trop. Agri. Res.* 12: 375-385.
- Vijay Kumar, S.B., Kulkarni, R.S., and Murty, N. 1994. Line \times tester analysis for combining ability in ratooned F₁ rice. *Oryza* 31: 8-11.
- Wu, S.T., Hsu, T.H., and Theeng, F.S. 1986. Effect of selection on hybrid rice populations in the first crop season and at different locations. II. Correlations and heritability values for agronomic characters in the F₂. *J. Agric. Fores.* 34 (2): 77-88.



Estimation of Heritability and Heterosis of Some Agronomic Traits and Combining Ability of Rice Lines Using Line × Tester Method

***A. Ahmadikhah**

Assistant Prof., Dept. of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture,
Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

In order to determine combining ability, heritability and heterosis of some agronomic traits in rice, 4 pure lines were crossed with 2 cytoplasmic male sterile testers. Parents and their F₁ progenies arranged in RCB design with three replications. Analysis of variance showed significant differences among genotypes for all traits, except for filled grains/panicle. Furthermore, the crosses effect was significant for all traits at 1% level. Existence of additive and non-additive effects was observed on controlling of given traits. Combining ability analysis showed that there was significant GCA for some of parents in all traits except for panicle length and tillers/plant. The highest GCA in yield (105.3 g/m²) was obtained for line 1. SCA was only significant for plant height (combinations: L1×T1 and L1×T2), panicle sterility and 1000-grain weight (combinations: L3×T1 and L3×T2). Share of additive and non-additive variations was not identical in various traits, and different values of heritability were observed based on genetic additive effect. The highest specific heritability (H_n) was observed for 1000-grain weight (41.7%). Average specific heritability observed for total grains/panicle, plant height and yield results in relatively low efficiency of selection of the lines with desirable characters. It seems that selection for further tillers and longer panicle will not be successful because of low specific heritability. The highest heterosis in yield (26.1%) was obtained for L1×T1 cross.

Keywords: Rice; Line x tester; – Combining ability; GCA; SCA

*- Corresponding author: E-mail: ahmadikhah_a@gau.ac.ir