

تجزیه ژنتیکی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مرتبط با کیفیت دانه در ارقام برنج

علی قربانی پور^۱ و بابک ربیعی^{۲*}

۱، ۲، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۲۵ - تاریخ تصویب: ۸۹/۱۱/۲۷)

چکیده

به منظور مطالعه نوع عمل ژن‌ها و نحوه توارث صفات فیزیکی و شیمیایی مرتبط با کیفیت ظاهری و پخت دانه برنج، تجزیه میانگین نسل‌ها با استفاده از تلاقی دو رقم برنج ایرانی به نام‌های دیلمانی و سپیدرود با خصوصیات کیفی متفاوت انجام شد. بذرهای والدینی به همراه بذر نسل‌های F_1 , F_2 , BC_1 و BC_2 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه کشت شد و دوازده صفت فیزیکی و شیمیایی شامل طول و عرض شلتوك، نسبت طول به عرض شلتوك، درصد برنج سالم و خرد، طول و عرض دانه سفید، نسبت طول به عرض دانه سفید، وزن صد دانه، مقدار آمیلوز، درجه حرارت ژلاتینی‌شدن و مقدار پروتئین مورد ارزیابی قرار گرفتند. براساس نتایج تجزیه میانگین نسل‌ها، برای کلیه صفات مورد مطالعه مدل افزایشی- غالبیت بهترین برآذش را نشان داد و برای هیچ یک از صفات، اثرات متقابل بین مکانی (ایپستازی) معنی‌داری مشاهده نشد. برآورد درجه غالبیت ژن‌ها نیز نشان داد که صفات طول شلتوك و عرض دانه سفید تحت کنترل فوق غالبیت ژن‌ها، نسبت طول به عرض دانه و درجه حرارت ژلاتینی‌شدن تحت کنترل غالبیت کامل ژن‌ها و سایر صفات مورد مطالعه تحت کنترل غالبیت ناقص ژن‌ها قرار دارند. میانگین وراثت‌پذیری عمومی صفات از ۰/۳۹ برای عرض شلتوك تا ۰/۹۳ برای درجه حرارت ژلاتینی‌شدن دانه و میانگین وراثت‌پذیری خصوصی صفات از ۰/۳۲ برای عرض شلتوك تا ۰/۷۶ برای مقدار آمیلوز متغیر بود. در مجموع نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که برای اصلاح جمعیت حاصل از تلاقی ارقام دیلمانی و سپیدرود از نظر طول و عرض شلتوك، عرض دانه سفید، نسبت طول به عرض دانه سفید و درجه حرارت ژلاتینی‌شدن بهتر است از پدیده هتروزیس و تولید هیبرید استفاده شود، اما برای سایر صفات مورد مطالعه، ابتدا می‌توان با انتخاب نتایج برتر حاصل از این تلاقی در طی چندین نسل، سهم ژن‌های با اثرات افزایشی را افزایش داد و سپس با تلاقی لاین‌های برتر در نسل‌های بالاتر، از اثرات غالبیت ژن‌ها نیز استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: برنج، تجزیه میانگین نسل‌ها، عمل ژن، کیفیت دانه، وراثت‌پذیری.

قرار دارد (Maleki et al., 2006).

در آزمایش دیگری اثرات افزایشی و غالباً بیت ژن‌ها برای کنترل درجه حرارت ژلاتینی شدن و اثر افزایشی ژن‌ها برای کنترل مقدار آمیلوز گزارش شد (Chenewu et al., 1998). گزارش دیگری در مورد نحوه کنترل ژنتیکی میزان پروتئین دانه برنج نشان داد که این صفت تحت کنترل اثرات اصلی ژنتیکی و اثرات متقابل ژنتیپ × محیط قرار دارد (Shi et al., 1999). در آزمایش دیگری سهم بیشتر اثرات افزایشی و غالباً بیت ژن‌ها در کنترل مقدار آمیلوز و سهم بیشتر اثر غالباً بیت ژن‌ها در کنترل میزان پروتئین دانه گزارش شد (Won et al., 2002). در تجزیه ژنتیکی دیگری در برنج نشان داده شد که مقدار آمیلوز بیشتر تحت کنترل اثر افزایشی و غلظت ژل تحت کنترل اثر افزایشی و اثرات اپیستازی افزایشی × افزایشی ژن‌ها قرار دارد (Lin et al., 2005). در مطالعه دیگری وراثت پذیری خصوصی بالایی برای مقدار آمیلوز و نسبت طول به عرض دانه به دست آمد و نتیجه‌گیری شد که این صفات تحت تأثیر اثر افزایشی ژن‌ها قرار دارند و روش انتخاب برای بهبود این صفات در جمعیت مورد مطالعه مؤثر می‌باشد (Vanaja & Babu, 2006). همچنین، مطالعه دیگری نشان داد که در کنترل صفات طول و عرض دانه، مقدار آمیلوز و قوام ژل در برنج، علاوه بر اثرات ساده افزایشی و غالباً بیت ژن‌ها اثرات متقابل بین مکانی (اپیستازی) نیز نقش دارند (Mahalingam & Nadarajan, 2010). چنانچه بررسی پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهند، نمی‌توان یک نتیجه کلی برای تمامی جمعیت‌ها و ارقام برنج ارایه نمود، به طوری که مطالعات زیادی لازم است تا از ترکیب همه آنها به یک نتیجه منطقی دست یافت. اگرچه موفقیت‌های زیادی در زمینه معرفی ارقام پرمحصول به دست آمده است، اما تا کنون بهزادگران برنج به خصوص در داخل کشور نتوانسته‌اند ارقام مناسب و با کیفیت مشابه ارقام محلی را معرفی نمایند. به این دلیل پژوهش حاضر انجام شد که هدف از آن ارزیابی نحوه عمل ژن‌ها و توارث صفات فیزیکی و شیمیایی مرتبط با کیفیت دانه برای ارایه مناسب‌ترین روش اصلاح این خصوصیات بود.

مقدمه

افزایش عملکرد و بهبود کیفیت دانه برنج مهمترین اهداف اصلاحی در برنج می‌باشند که هر یک از آنها به نحوی در تمامی برنامه‌های اصلاحی برنج مدنظر قرار می‌گیرند. کیفیت دانه برنج یک خصوصیت پیچیده است که تحت تأثیر ژنتیک گیاه، محیطی که در آن کاشته می‌شود و اثر متقابل ژنتیپ × محیط قرار دارد (Juliano, 1971). کیفیت دانه برنج شامل کیفیت ظاهری، کیفیت تبدیل و کیفیت پخت است که تمامی آنها در بازارپسندی و ارزش اقتصادی برنج مؤثر می‌باشند (Juliano, 1971). کیفیت ظاهری به وسیله طول، عرض و نسبت طول به عرض دانه و کیفیت تبدیل توسط درصد برنج سالم و خرد مشخص می‌شوند، در حالی که کیفیت پخت برنج بیشتر با سه خصوصیت فیزیکی و شیمیایی نشاسته یعنی مقدار آمیلوز، غلظت ژل و درجه حرارت ژلاتینی شدن آندوسپرم دانه برنج در ارتباط است (Juliano, 1971).

اگرچه در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در مورد نحوه کنترل ژنتیکی کیفیت دانه برنج انجام شده است، اما هنوز هم در مورد اصلاح خصوصیات کیفی موفقیت زیادی بدست نیامده است. دلیل این امر همبستگی منفی و معنی‌دار بین عملکرد دانه و صفات کیفی دانه می‌باشد، به طوری که با افزایش عملکرد دانه، خصوصیات کیفی آن کاهش می‌یابند (Hosseini et al., 2005) در مطالعه‌ای که از طریق تجزیه میانگین نسل‌ها انجام شد، نشان داد که مقدار آمیلوز و درجه حرارت ژلاتینی شدن دانه برنج تحت کنترل هر دو عمل افزایشی و غالباً بیت ژن‌ها قرار دارند، در حالی که در توارث غلظت ژل، علاوه بر اثرات ساده افزایشی و غالباً بیت، اثرات اپیستازی هم مؤثر است (Nourozi et al., 2003). مطالعه دیگری از طریق تجزیه دای‌آل در برنج مشخص نمود که در کنترل ژنتیکی مقدار آمیلوز و درجه حرارت ژلاتینی شدن عمل افزایشی ژن‌ها و در کنترل غلظت ژل، هر دو عمل افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها مهم می‌باشند (Hosseini et al., 2005). تجزیه ژنتیکی صفات کیفی دانه در برنج از طریق لاین × تست نیز نشان داد که مقدار آمیلوز تحت کنترل عمل غیر افزایشی ژن‌ها و درجه حرارت ژلاتینی شدن تحت کنترل عمل افزایشی ژن‌ها

رطوبت آنها به وسیله دستگاه رطوبت‌سنج بذر شد و پس از رساندن رطوبت دانه‌ها به ۱۳ تا ۱۴ درصد، به وسیله دستگاه پوست کن آزمایشگاهی ساتاک (Satake) به برنج قهوه‌ای و سپس با استفاده از دستگاه سفیدکن آزمایشگاهی (M.C. Gill. Mill) به برنج سفید تبدیل شدند. پس از جداسازی دانه‌های سالم از شکسته، طول، عرض و نسبت طول به عرض دانه‌های سفید سالم (دانه‌هایی که بیش از دو سوم طول خود را حفظ نموده‌بودند) با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شدند. وزن دانه‌های سفید سالم و خرد هر کرت به طور جداگانه توزین و درصد برنج سالم و خرد به دست آمد. وزن صد دانه نیز با انتخاب صد دانه سفید سالم از هر کرت اندازه‌گیری شد. برنج‌های سفید بدست آمده از مرحله سفید کردن دانه‌ها به کمک آسیاب (Will-L-Bug) (Juliano, 1971)، شدند و برای اندازه‌گیری مقدار آمیلوز (Little, 1958) و مقدار درجه حرارت ژلاتینی‌شدن (Wright & Wilkinson, 1993) مورد پروتئین دانه‌ها (Mather & Jinks, 1982) استفاده قرار گرفتند. پس از ارزیابی صفات و بررسی توزیع نرمال داده‌ها به وسیله آزمون‌های چولگی و کشیدگی، تجزیه واریانس بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گردید و در صورت وجود تفاوت معنی‌دار بین نسل‌ها، تجزیه میانگین نسل‌ها بر اساس مدل زیر انجام شد (Mather & Jinks, 1982)

$$y = m + \alpha[d] + \beta[h] + \alpha^2[i] + 2\alpha\beta[j] + \beta^2[l] \quad (1)$$

در این رابطه، y میانگین یک نسل، m میانگین کل نسل‌ها، $[d]$ اثرات افزایشی ژن‌ها، $[h]$ اثرات غالیت ژن‌ها، $[i]$ اثرات اپیستازی افزایشی «افزایشی ژن‌ها، $[j]$ اثرات اپیستازی افزایشی «غالیت ژن‌ها، $[l]$ اثرات اپیستازی غالیت «غالیت ژن‌ها و α , β , α^2 , β^2 , $2\alpha\beta$ ضرایب اثرات ژنتیکی فوق می‌باشند.

برای بررسی اثرات اپیستازی (اثرات متقابل بین مکان‌های ژنی)، از آزمون مقیاس (Scaling Test) (Kearsey & Pooni, 1998; Mather & Jinks, 1982) استفاده شد. علاوه بر آن، مدل سه، چهار و پنج پارامتری با استفاده از آزمون مقیاس مشترک (Joint Scaling Test) بررسی و بهترین مدل توجیه کننده

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، دو رقم برنج ایرانی به نام‌های دیلمانی و سپیدرود انتخاب و از دورگ‌گیری آنها در سال ۱۳۸۵ F₁ به دست آمد. دلیل انتخاب این دو رقم این بود که دیلمانی یک رقم محلی کم محصول با کیفیت ظاهری، تبدیل و پخت مطلوب و سپیدرود یک رقم اصلاح شده پر محصول اما با خصوصیات کیفی نامطلوب است. در صورتی که بتوان کیفیت این رقم را اصلاح نمود، در این صورت می‌توان موققیت بزرگی در معروفی یک رقم پرمحصول کیفی برداشت. بذرهای F₁ در سال ۱۳۸۶ کشت و از خودگشتنی بوته‌های حاصل، بذر F₂ تهیه شد. همچنین بوته‌های نسل F₁ به عنوان والد گرده دهنده و پدری با هر دو والد اولیه (P₁ و P₂) تلاقی داده شدند و نسل‌های تلاقی برگشتی (BC₁ و BC₂) تهیه شدند. به این ترتیب شش نسل برای ارزیابی خصوصیات ژنتیکی صفات مورد مطالعه به دست آمد. بذرهای هر نسل پس از ضدغونی با هیپوکلریدسیدیم ده درصد، به طور جداگانه در خزانه در سال ۱۳۸۷ کشت شدند و وقتی که اندازه نشاها به حدود ۳۰ سانتی‌متر رسید، به مزرعه پژوهشی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان منتقل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت شدند. برای رشد بهتر گیاه‌جه‌ها، کود نیتروژن از منبع اوره به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (دو سوم در ابتدای کاشت و باقیمانده آن در مرحله پنجه‌زنی) و کودهای فسفر و پتاس به ترتیب از منبع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در ابتدای کاشت مصرف شد.

صفات مورد بررسی در این تحقیق، دوازده صفت مهم فیزیکی و شیمیایی شامل طول، عرض و نسبت طول به عرض شلتوك، طول، عرض و نسبت طول به عرض دانه سفید، درصد برنج سالم و خرد، وزن صد دانه، مقدار آمیلوز، درجه حرارت ژلاتینی‌شدن و مقدار پروتئین بودند. برای اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه، از والدین و نسل F₁ ۵۰ بذر، برای نسل‌های تلاقی برگشتی (BC₁ و BC₂) ۱۵۰ F₂ بذر و برای نسل ۳۰۰ بذر از هر کرت به طور تصادفی انتخاب شد (Kumar & Khush, 1988). برای این منظور، ابتدا دانه‌ها برداشت شدند و

پارامترها و محاسبات مربوطه از طریق Proc iml نرمافزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد.

$$n = \frac{(\bar{P}_1 - \bar{P}_2)^2}{4[V_{BC1} - 0.5(V_{F1} + V_{P1})]} \quad (10)$$

$$n = \frac{(\bar{P}_1 - \bar{P}_2)^2}{8(V_{F2} - V_{F1})} \quad (11)$$

$$n = \frac{(\bar{P}_1 - \bar{P}_2)^2}{8[V_{F2} - (0.5V_{F1} + 0.25V_{P1})]} \quad (12)$$

$$n = \frac{(\bar{P}_1 - \bar{P}_2)^2}{8(V_{BC1} + V_{BC2})} \quad (13)$$

$$n = \frac{(\bar{P}_1 - \bar{P}_2)^2}{8[(V_{BC1} + V_{BC2}) - (V_{F1} + 0.5V_{P1} + 0.5V_{P2})]} \quad (14)$$

$$n = \frac{(\bar{F}_1 - \bar{P}_1)^2}{4[V_{BC1} - 0.5(V_{F1} + V_{P1})]} \quad (15)$$

$$n = \frac{(\bar{F}_1 - \bar{P}_2)^2}{4[V_{BC2} - 0.5(V_{F1} + V_{P2})]} \quad (16)$$

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین نسل‌های مختلف از نظر صفات مورد مطالعه وجود دارد (جدول ۱)، و از این‌رو تجزیه ژنتیکی صفات از طریق تجزیه میانگین نسل‌ها امکان پذیر می‌باشد. اجزای ژنتیکی مربوط به صفات مورد مطالعه در جدول ۲ ارایه شده است. کای اسکوئر مدل سه پارامتری برای تمامی صفات غیر معنی‌دار بود که بیانگر مناسب بودن مدل ساده افزایشی- غالبیت شامل [h]، [d] و [m] برای تبیین تنوع صفات مورد مطالعه بوده و نشان داد که هیچ نوع اثرات متقابل غیرآللی و بین مکانی معنی‌دار در کنترل تغییرات این صفات وجود ندارد. بر اساس نتایج آزمون *t*-student، اثرات افزایشی و غالبیت ژن‌ها برای تمامی صفات به جز عرض و نسبت طول به عرض شلتوك و طول و عرض دانه سفید معنی‌دار بود که به نظر می‌رسد در کنترل ژنتیکی آنها هر دو نوع اثرات افزایشی و غالبیت ژن‌ها مهم بودند.

برآورده اثرات ژنتیکی صفات مورد مطالعه (جدول ۲) نشان داد که برای وزن صد دانه، مقدار آمیلوز، درجه حرارت ژلاتینی‌شدن و مقدار پروتئین، اثر افزایشی [d] بیشتر از اثر غالبیت ژن‌ها [h] بود، در حالی که برای طول شلتوك، درصد برنج سالم و خرد و نسبت طول به عرض دانه سفید، مقادیر [h] بزرگتر از [d] بود. در مقابل، برای

تغییرات هر یک از صفات تعیین شد. آنگاه اجزای ژنتیکی مربوط به هر صفت (i, h, d, m) با استفاده از میانگین شش نسل مطالعه از طریق جبر ماتریس برآورده شد و سپس معنی‌دار بودن آنها به وسیله آزمون *t* مورد بررسی قرار گرفت. واریانس افزایشی، غالبیت و محیطی کنترل‌کننده تنوع هر صفت نیز به وسیله روابط ۲ الی ۴ محاسبه شدند (Mather & Jinks, 1982).

$$D = 4V_{F2} - 2(V_{BC1} + V_{BC2}) \quad (2)$$

$$H = 4(V_{BC1} + V_{BC2} - V_{F2} - V_E) \quad (3)$$

$$V_E = \frac{(V_{P1} + V_{P2} + V_{F1})}{3} \quad (4)$$

در این روابط، D واریانس افزایشی، H واریانس غالبیت و V_E واریانس محیطی یا جزء غیر ژنتیکی واریانس فنوتیپی صفات مورد مطالعه و V_{F1} ، V_{P2} ، V_{P1} ، V_{BC1} و V_{BC2} واریانس فنوتیپی نسل‌های مختلف می‌باشند. وراثت‌پذیری عمومی (h_b^2) صفات با استفاده از روابط ۵ (Mahmud & Krammer, 1951) و ۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۷ (Allard, 1960) و ۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۹ (Warnner, 1952) و ۱۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۱ (Allard, 1960) و ۱۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۳ (Warnner, 1952) و ۱۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۵ (Mahmud & Krammer, 1951) و ۱۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۷ (Allard, 1960) و ۱۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۹ (Warnner, 1952) و ۲۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۱ (Allard, 1960) و ۲۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۳ (Warnner, 1952) و ۲۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۵ (Allard, 1960) و ۲۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۷ (Warnner, 1952) و ۲۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۹ (Allard, 1960) و ۳۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۱ (Warnner, 1952) و ۳۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۳ (Allard, 1960) و ۳۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۵ (Warnner, 1952) و ۳۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۷ (Allard, 1960) و ۳۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۹ (Warnner, 1952) و ۴۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۱ (Allard, 1960) و ۴۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۳ (Warnner, 1952) و ۴۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۵ (Allard, 1960) و ۴۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۷ (Warnner, 1952) و ۴۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۹ (Allard, 1960) و ۵۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۵۱ (Warnner, 1952) و ۵۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۵۳ (Allard, 1960) و ۵۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۵۵ (Warnner, 1952) و ۵۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۵۷ (Allard, 1960) و ۵۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۵۹ (Warnner, 1952) و ۶۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۶۱ (Allard, 1960) و ۶۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۶۳ (Warnner, 1952) و ۶۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۶۵ (Allard, 1960) و ۶۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۶۷ (Warnner, 1952) و ۶۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۶۹ (Allard, 1960) و ۷۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۷۱ (Warnner, 1952) و ۷۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۷۳ (Allard, 1960) و ۷۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۷۵ (Warnner, 1952) و ۷۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۷۷ (Allard, 1960) و ۷۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۷۹ (Warnner, 1952) و ۸۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۸۱ (Allard, 1960) و ۸۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۸۳ (Warnner, 1952) و ۸۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۸۵ (Allard, 1960) و ۸۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۸۷ (Warnner, 1952) و ۸۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۸۹ (Allard, 1960) و ۹۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۹۱ (Warnner, 1952) و ۹۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۹۳ (Allard, 1960) و ۹۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۹۵ (Warnner, 1952) و ۹۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۹۷ (Allard, 1960) و ۹۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۹۹ (Warnner, 1952) و ۱۰۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۰۱ (Allard, 1960) و ۱۰۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۰۳ (Warnner, 1952) و ۱۰۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۰۵ (Allard, 1960) و ۱۰۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۰۷ (Warnner, 1952) و ۱۰۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۰۹ (Allard, 1960) و ۱۱۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۱۱ (Warnner, 1952) و ۱۱۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۱۳ (Allard, 1960) و ۱۱۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۱۵ (Warnner, 1952) و ۱۱۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۱۷ (Allard, 1960) و ۱۱۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۱۹ (Warnner, 1952) و ۱۲۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۲۱ (Allard, 1960) و ۱۲۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۲۳ (Warnner, 1952) و ۱۲۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۲۵ (Allard, 1960) و ۱۲۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۲۷ (Warnner, 1952) و ۱۲۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۲۹ (Allard, 1960) و ۱۳۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۳۱ (Warnner, 1952) و ۱۳۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۳۳ (Allard, 1960) و ۱۳۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۳۵ (Warnner, 1952) و ۱۳۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۳۷ (Allard, 1960) و ۱۳۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۳۹ (Warnner, 1952) و ۱۴۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۴۱ (Allard, 1960) و ۱۴۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۴۳ (Warnner, 1952) و ۱۴۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۴۵ (Allard, 1960) و ۱۴۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۴۷ (Warnner, 1952) و ۱۴۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۴۹ (Allard, 1960) و ۱۵۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۵۱ (Warnner, 1952) و ۱۵۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۵۳ (Allard, 1960) و ۱۵۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۵۵ (Warnner, 1952) و ۱۵۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۵۷ (Allard, 1960) و ۱۵۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۵۹ (Warnner, 1952) و ۱۶۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۶۱ (Allard, 1960) و ۱۶۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۶۳ (Warnner, 1952) و ۱۶۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۶۵ (Allard, 1960) و ۱۶۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۶۷ (Warnner, 1952) و ۱۶۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۶۹ (Allard, 1960) و ۱۷۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۷۱ (Warnner, 1952) و ۱۷۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۷۳ (Allard, 1960) و ۱۷۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۷۵ (Warnner, 1952) و ۱۷۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۷۷ (Allard, 1960) و ۱۷۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۷۹ (Warnner, 1952) و ۱۸۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۸۱ (Allard, 1960) و ۱۸۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۸۳ (Warnner, 1952) و ۱۸۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۸۵ (Allard, 1960) و ۱۸۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۸۷ (Warnner, 1952) و ۱۸۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۸۹ (Allard, 1960) و ۱۹۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۹۱ (Warnner, 1952) و ۱۹۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۹۳ (Allard, 1960) و ۱۹۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۹۵ (Warnner, 1952) و ۱۹۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۹۷ (Allard, 1960) و ۱۹۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۱۹۹ (Warnner, 1952) و ۲۰۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۰۱ (Allard, 1960) و ۲۰۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۰۳ (Warnner, 1952) و ۲۰۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۰۵ (Allard, 1960) و ۲۰۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۰۷ (Warnner, 1952) و ۲۰۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۰۹ (Allard, 1960) و ۲۱۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۱۱ (Warnner, 1952) و ۲۱۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۱۳ (Allard, 1960) و ۲۱۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۱۵ (Warnner, 1952) و ۲۱۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۱۷ (Allard, 1960) و ۲۱۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۱۹ (Warnner, 1952) و ۲۲۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۲۱ (Allard, 1960) و ۲۲۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۲۳ (Warnner, 1952) و ۲۲۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۲۵ (Allard, 1960) و ۲۲۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۲۷ (Warnner, 1952) و ۲۲۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۲۹ (Allard, 1960) و ۲۳۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۳۱ (Warnner, 1952) و ۲۳۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۳۳ (Allard, 1960) و ۲۳۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۳۵ (Warnner, 1952) و ۲۳۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۳۷ (Allard, 1960) و ۲۳۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۳۹ (Warnner, 1952) و ۲۴۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۴۱ (Allard, 1960) و ۲۴۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۴۳ (Warnner, 1952) و ۲۴۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۴۵ (Allard, 1960) و ۲۴۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۴۷ (Warnner, 1952) و ۲۴۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۴۹ (Allard, 1960) و ۲۵۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۵۱ (Warnner, 1952) و ۲۵۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۵۳ (Allard, 1960) و ۲۵۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۵۵ (Warnner, 1952) و ۲۵۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۵۷ (Allard, 1960) و ۲۵۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۵۹ (Warnner, 1952) و ۲۶۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۶۱ (Allard, 1960) و ۲۶۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۶۳ (Warnner, 1952) و ۲۶۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۶۵ (Allard, 1960) و ۲۶۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۶۷ (Warnner, 1952) و ۲۶۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۶۹ (Allard, 1960) و ۲۷۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۷۱ (Warnner, 1952) و ۲۷۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۷۳ (Allard, 1960) و ۲۷۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۷۵ (Warnner, 1952) و ۲۷۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۷۷ (Allard, 1960) و ۲۷۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۷۹ (Warnner, 1952) و ۲۸۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۸۱ (Allard, 1960) و ۲۸۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۸۳ (Warnner, 1952) و ۲۸۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۸۵ (Allard, 1960) و ۲۸۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۸۷ (Warnner, 1952) و ۲۸۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۸۹ (Allard, 1960) و ۲۹۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۹۱ (Warnner, 1952) و ۲۹۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۹۳ (Allard, 1960) و ۲۹۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۹۵ (Warnner, 1952) و ۲۹۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۹۷ (Allard, 1960) و ۲۹۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۲۹۹ (Warnner, 1952) و ۳۰۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۰۱ (Allard, 1960) و ۳۰۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۰۳ (Warnner, 1952) و ۳۰۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۰۵ (Allard, 1960) و ۳۰۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۰۷ (Warnner, 1952) و ۳۰۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۰۹ (Allard, 1960) و ۳۱۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۱۱ (Warnner, 1952) و ۳۱۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۱۳ (Allard, 1960) و ۳۱۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۱۵ (Warnner, 1952) و ۳۱۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۱۷ (Allard, 1960) و ۳۱۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۱۹ (Warnner, 1952) و ۳۲۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۲۱ (Allard, 1960) و ۳۲۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۲۳ (Warnner, 1952) و ۳۲۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۲۵ (Allard, 1960) و ۳۲۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۲۷ (Warnner, 1952) و ۳۲۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۲۹ (Allard, 1960) و ۳۳۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۳۱ (Warnner, 1952) و ۳۳۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۳۳ (Allard, 1960) و ۳۳۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۳۵ (Warnner, 1952) و ۳۳۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۳۷ (Allard, 1960) و ۳۳۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۳۹ (Warnner, 1952) و ۳۴۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۴۱ (Allard, 1960) و ۳۴۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۴۳ (Warnner, 1952) و ۳۴۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۴۵ (Allard, 1960) و ۳۴۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۴۷ (Warnner, 1952) و ۳۴۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۴۹ (Allard, 1960) و ۳۵۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۵۱ (Warnner, 1952) و ۳۵۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۵۳ (Allard, 1960) و ۳۵۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۵۵ (Warnner, 1952) و ۳۵۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۵۷ (Allard, 1960) و ۳۵۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۵۹ (Warnner, 1952) و ۳۶۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۶۱ (Allard, 1960) و ۳۶۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۶۳ (Warnner, 1952) و ۳۶۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۶۵ (Allard, 1960) و ۳۶۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۶۷ (Warnner, 1952) و ۳۶۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۶۹ (Allard, 1960) و ۳۷۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۷۱ (Warnner, 1952) و ۳۷۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۷۳ (Allard, 1960) و ۳۷۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۷۵ (Warnner, 1952) و ۳۷۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۷۷ (Allard, 1960) و ۳۷۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۷۹ (Warnner, 1952) و ۳۸۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۸۱ (Allard, 1960) و ۳۸۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۸۳ (Warnner, 1952) و ۳۸۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۸۵ (Allard, 1960) و ۳۸۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۸۷ (Warnner, 1952) و ۳۸۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۸۹ (Allard, 1960) و ۳۹۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۹۱ (Warnner, 1952) و ۳۹۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۹۳ (Allard, 1960) و ۳۹۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۹۵ (Warnner, 1952) و ۳۹۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۹۷ (Allard, 1960) و ۳۹۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۳۹۹ (Warnner, 1952) و ۴۰۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۰۱ (Allard, 1960) و ۴۰۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۰۳ (Warnner, 1952) و ۴۰۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۰۵ (Allard, 1960) و ۴۰۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۰۷ (Warnner, 1952) و ۴۰۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۰۹ (Allard, 1960) و ۴۱۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۱۱ (Warnner, 1952) و ۴۱۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۱۳ (Allard, 1960) و ۴۱۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۱۵ (Warnner, 1952) و ۴۱۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۱۷ (Allard, 1960) و ۴۱۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۱۹ (Warnner, 1952) و ۴۲۰ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۲۱ (Allard, 1960) و ۴۲۲ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۲۳ (Warnner, 1952) و ۴۲۴ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۲۵ (Allard, 1960) و ۴۲۶ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۲۷ (Warnner, 1952) و ۴۲۸ (Kearsey & Pooni, 1998) و ۴۲۹ (Allard, 1960) و ۴۳۰ (Kearsey & Pooni,

(Chenewu et al., 1998; Hosseini et al., 2005; Lin et al., 2005), در حالی که در تعداد دیگری از آزمایش‌ها علاوه بر اثر افزایشی، اپیستازی افزایشی-افزایشی ژن‌ها نیز در کنترل این صفات گزارش شده است (Shi et al., 1997; Verma et al., 2003; Mahalingam & Kato, 1991). در آزمایش دیگری (Nadarajan, 2010) اثر غالبیت ناقص ژن‌ها در کنترل طول دانه برنج گزارش شد که با نتایج این تحقیق مطابقت نداشت. طول دانه برنج یکی از صفات بسیار مهم مربوط به کیفیت ظاهری دانه‌ها می‌باشد که افزایش آن تأثیر زیادی در افزایش ارزش اقتصادی برنج دارد، به طوری که اکثر مصرف‌کنندگان برنج‌های با دانه‌های بلند را ترجیح می‌دهند.

عرض و نسبت طول به عرض شلتوك و طول و عرض دانه سفید، اثر افزایشی ژن‌ها غیر معنی‌دار و تنها اثر غالبیت ژن‌ها معنی‌دار بود (جدول ۲). اگرچه برآورد اثرات افزایشی و غالبیت ژن‌ها تا حدود زیادی می‌تواند نحوه کنترل ژنتیکی صفات را مشخص نماید، اما نتیجه قطعی پس از برآورد اجزای واریانس، درجه غالبیت ژن‌ها و وراشت‌پذیری خصوصی صفات مشخص خواهد شد. در آزمایشی که از طریق لاین^x تست انجام شد (Maleki et al., 2006)، وجود اثر افزایشی معنی‌دار ژن‌ها در کنترل مقدار آمیلوز گزارش گردید که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. محققین دیگری نیز همانند این تحقیق، وجود اثر افزایشی ژن‌ها را در کنترل صفات مقدار آمیلوز و درجه حرارت ژلاتینی شدن دانه برنج گزارش نمودند.

جدول ۱- خلاصه تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در ارقام برنج

میانگین مربعات							منابع تغییرات	آزادی	درجه
نسبت طول به عرض دانه سفید	عرض دانه سفید (میلی‌متر)	طول دانه سفید (میلی‌متر)	نسبت طول به عرض شلتوك	عرض شلتوك (میلی‌متر)	طول شلتوك (میلی‌متر)				
۰/۰۰۲۶ ^{ns}	۰/۰۰۱۵ ^{ns}	۰/۰۰۱۳ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۱۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۲	تکرار		
۰/۰۴۸*	۰/۰۱۶**	۰/۰۳۷*	۰/۰۱۶*	۰/۰۵**	۰/۰۵ ^{ns}	۵	نسل		
۰/۰۱۴	۰/۰۰۲۶	۰/۰۱	۰/۰۱۴	۰/۰۰۵	۰/۰۳	۱۰	خطای آزمایش		
۳/۳	۲/۵۸	۱/۴۱	۲/۷۸	۳/۱۱	۱/۷۳	-	ضریب تغییرات (درصد)		

ادامه جدول ۱

میانگین مربعات							منابع تغییرات	آزادی	درجه
درصد پروتئین	درجه حرارت ژلاتینی شدن	درصد آمیلوز	وزن صد دانه (گرم)	درصد برنج خرد	درصد برنج سالم	درصد برنج سالم			
۰/۹۱ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۳/۶۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۴ ^{ns}	تکرار	۲	
۴/۱۹*	۷/۵۵**	۲۱/۵۴*	۰/۰۲۲**	۰/۰۰۹**	۰/۰۰۹**	۰/۰۰۹**	نسل	۵	
۱/۱۲	۰/۲	۳/۹۱	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۱	خطای آزمایش	۱۰	
۱۲/۳۴	۹/۹۶	۱۱/۶۹	۲/۱۲	۲۷/۲۸	۳/۹	-	ضریب تغییرات (درصد)		

ns غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۲- برآورد اثرات ژنتیکی کنترل کننده صفات مورد مطالعه در ارقام برنج با استفاده از روش تجزیه میانگین نسل‌ها

χ^2	[h]	[d]	m	صفت
۰/۰۵ ^{ns}	۰/۲۲**	۰/۰۸**	۱۰/۲۹**	طول شلتوك (میلی‌متر)
۰/۰۱ ^{ns}	۰/۳*	-۰/۰۳ ^{ns}	۲۴/۴**	عرض شلتوك (میلی‌متر)
۰/۰۰۱ ^{ns}	-۰/۲۴**	۰/۰۰۱ ^{ns}	۴/۲**	نسبت طول به عرض شلتوك
۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۱۱**	۰/۰۲۷**	۰/۸۸**	درصد برنج سالم
۰/۰۳ ^{ns}	-۰/۱۱**	۰/۰۳۴**	۰/۱۲**	درصد برنج خرد
۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۹**	-۰/۰۱۶ ^{ns}	۷/۰۶**	طول دانه سفید (میلی‌متر)
۰/۰۱ ^{ns}	۰/۱۴**	۰/۰۱۴ ^{ns}	۱/۹۸**	عرض دانه سفید (میلی‌متر)
۰/۰۱ ^{ns}	-۰/۲۲**	۰/۰۴*	۲/۶**	نسبت طول به عرض دانه سفید
۰/۰۱۴ ^{ns}	۰/۰۹**	۰/۱**	۱/۶۷**	وزن صد دانه (گرم)
۰/۰۵ ^{ns}	۰/۹۵**	۳/۸۷**	۱۷/۱۶**	درصد آمیلوز
۱/۸۹ ^{ns}	۰/۶۴**	۱/۱۸۹**	۵/۲۵**	درجه حرارت ژلاتینی شدن
۰/۳ ^{ns}	۰/۸۵**	۱/۳۲**	۸/۴۴**	درصد پروتئین

ns غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. m، [d] و [h] به ترتیب میانگین جمعیت، اثر افزایشی و اثر غالبیت ژن‌ها می‌باشند.

بود و نشان داد که اثر افزایشی ژن‌ها نقش مهمی در کنترل تنوع این صفات داشته و انجام عمل انتخاب در نسل‌های در حال تفکیک برای اصلاح این صفات در جمعیت مورد مطالعه مؤثر خواهد بود. در مقابل، متوجه وراثت‌پذیری خصوصی صفاتی مثل طول و عرض شلتوك و عرض دانه سفید نسبتاً پایین و در توافق با نتایج جدول ۳ در مورد برآورده اجزای واریانس و درجه غالابتی ژن‌ها بود. به طوری که انجام عمل انتخاب برای اصلاح این صفات تقریباً مؤثر نبوده و بهتر است از پدیده هتروزیس و تولید هیبرید استفاده شود تا این صفات را که اهمیت زیادی در بازار پسندی و ارزش اقتصادی برنج دارند، اصلاح نمود. در بین صفات مورد مطالعه، صفات طول شلتوك، عرض دانه سفید و درجه حرارت ژلاتینی‌شدن سه صفتی بودند که مقادیر وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی آنها تفاوت زیادی از هم داشت، به عبارت دیگر وراثت‌پذیری خصوصی نسبتاً پایینی داشتند. از آنجا که وراثت‌پذیری عمومی نسبت کل واریانس ژنتیکی (افزایشی و غالابتی) به فنوتیپی و وراثت‌پذیری خصوصی فقط نسبت واریانس افزایشی به فنوتیپی را نشان می‌دهد و از طرف دیگر اثرات متقابل بین ژن‌ها (اپیستازی) برای این صفات معنی‌دار نبود، بنابراین می‌توان گفت که سهم واریانس غالابت در توجیه تنوع فنوتیپی این صفات نسبتاً بالا بود. مشاهده جدول ۳ و مقایسه واریانس‌های افزایشی و غالابت و درجه غالابت ژن‌ها نیز این موضوع را تأیید می‌نماید. از این‌رو، چنانچه قبل از نیز گفته شد بهترین روش برای اصلاح این صفات در جمعیت مورد مطالعه روش تولید هیبرید است. در آزمایش‌های دیگری نیز وراثت‌پذیری عمومی بالایی برای درصد بروتئین (Shi et al., 1999)، و وراثت‌پذیری خصوصی بالایی برای نسبت طول به عرض دانه (شکل دانه) و مقدار آمیلوز (Vanaja & Babu, 2006) گزارش شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. در مقابل در تحقیق دیگری، وراثت‌پذیری خصوصی پایینی برای مقدار آمیلوز برآورد شد (Won et al., 2002) که با نتایج تحقیق حاضر مغایرت داشت.

تعداد ژن‌های کنترل‌کننده صفات مورد مطالعه نیز با استفاده از روش‌های مختلف برآورد شد و در جدول ۵

اجزای تنوع برای صفات مورد مطالعه در جدول ۳ ارایه شده است. نتایج حاصل نشان داد که برای صفات نسبت طول به عرض شلتوك، درصد برج سالم و خرد، طول دانه سفید، وزن صدادنه، مقدار آمیلوز و مقدار پروتئین سهم واریانس افزایشی بیشتر از واریانس غالابت بود که نشان‌دهنده اهمیت واریانس افزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات می‌باشد. بنابراین بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش، انتخاب نتاج برتر در نسل‌های اولیه حاصل از تلاقی دیلمانی و سپیدرود می‌تواند روش مناسبی برای اصلاح این صفات باشد. در مقابل، طول شلتوك و عرض دانه سفید که درجه غالابت آنها به ترتیب ۱/۲۹ و ۱/۵۳ برآورد شد، تحت کنترل اثر فوق غالابتی ژن‌ها قرار داشتند و نقش اثر افزایشی در کنترل تنوع این صفات ناچیز بود. بنابراین روش انتخاب روش مناسبی برای اصلاح این صفات در جمعیت حاصل از تلاقی ارقام دیلمانی و سپیدرود نبوده و انجام عمل دورگ‌گیری در جهت نیل به اهداف اصلاحی مورد نظر روش مؤثرتری از انتخاب خواهد بود. درجه غالابت ژن‌ها برای درجه حرارت ژلاتینی‌شدن و نسبت طول به عرض دانه سفید نزدیک به یک برآورد شد که نشان‌دهنده اثر غالابتی کامل ژن‌ها در کنترل این صفات بود. بنابراین برای اصلاح این صفات در جمعیت مورد مطالعه، ابتدا می‌توان سهم ژن‌های با اثرات افزایشی را از طریق انتخاب نتاج برتر در نسل‌های اولیه افزایش داد و سپس با دورگ‌گیری بین لاین‌های انتخابی از اثر غالابت ژن‌ها نیز استفاده نمود. در آزمایشی (Won et al., 2002) سهم واریانس افزایشی برای مقدار آمیلوز بیشتر از واریانس غالابت برآورد شد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت، اما برخلاف این آزمایش، برای میزان پروتئین سهم واریانس غالابت بیشتر از واریانس افزایشی بود.

متوسط وراثت‌پذیری عمومی صفات از حداقل ۰/۳۹ برای عرض شلتوك تا حداقل ۰/۹۳ برای درجه حرارت ژلاتینی‌شدن و متوسط وراثت‌پذیری خصوصی صفات از حداقل ۰/۳۲ برای عرض شلتوك تا حداقل ۰/۷۶ برای مقدار آمیلوز دانه متغیر بود. همچنین متوسط وراثت‌پذیری خصوصی برای صفاتی نظیر درصد برج سالم و خرد، وزن صد دانه و درصد پروتئین نسبتاً بالا

(Umemoto et al., 2002). در آزمایش دیگری که برای شناسایی QTL‌های کنترل کننده طول، عرض و نسبت طول به عرض دانه در یک جمعیت F₂ برنج انجام شد، (Rabiei et al., 2004) همچنین، تجزیه QTL صفات طول، عرض، نسبت طول به عرض دانه و وزن صد دانه در یک جمعیت تلاقی برگشتی پیشرفتہ برنج نشان داد که به ترتیب ۵، ۶ و ۷ QTL شناسایی گردید (Fotokian, 2008).

به طور کلی اثرات ژنتیکی برآورد شده برای صفات فیزیکی و شیمیایی مورد مطالعه در این تحقیق نشان داد که طول شلتونک، عرض دانه سفید و درجه حرارت ژلاتینی شدن تحت کنترل اثر فوق غالبیت ژن‌ها، نسبت طول به عرض شلتونک تحت کنترل اثر غالبیت کامل ژن‌ها و سایر صفات مورد مطالعه هم تحت کنترل غالبیت نسبی ژن‌ها قرار دارند. متوسط و راثت‌بذری خصوصی صفات هم از ۰/۳۲ برای عرض شلتونک تا ۰/۰۷۶ برای مقدار آمیلوز متغیر بود. بر اساس نتایج این تحقیق پیشنهاد می‌شود که برای اصلاح طول و عرض شلتونک، عرض دانه سفید، نسبت طول به عرض دانه سفید و درجه حرارت ژلاتینی شدن در جمعیت حاصل از تلاقی ارقام دیلمانی و سپیدرود از روش تولید هیبرید استفاده شود، اما برای سایر صفات مورد مطالعه بهتر است ابتدا نتاج مطلوب در طی چند نسل انتخاب شوند تا از اثر افزایشی ژن‌ها استفاده شود و سپس با تلاقی

ارایه گردد. توضیح اینکه روش‌های مختلف ارایه شده در این جدول، حداقل تعداد ژن‌های کنترل کننده هر صفت را برآورد می‌کنند. محاسبه میانگین حاصل از روش‌های مختلف نشان داد که تعداد ژن‌های کنترل کننده درجه حرارت ژلاتینی شدن حداقل ۹ ژن، وزن صد دانه حداقل ۷ ژن، درصد آمیلوز حداقل ۳ ژن و درصد پروتئین حداقل ۲ ژن بود و برای سایر صفات مورد مطالعه هم حداقل یک ژن برآورد شد. این نتیجه نشان داد که بیشتر صفات مرتبط با کیفیت دانه در برنج اساساً صفات کمی می‌باشند که به وسیله چندین ژن کنترل می‌شوند. در آزمایشی که برای بررسی نحوه توارث میزان آمیلوز دانه برنج انجام شد، وجود تنها یک ژن بزرگ اثر در کنترل آن گزارش گردید (Kush & Kumar, 1988). همچنین، نتایج حاصل از پژوهش‌های دیگر در مورد درجه حرارت ژلاتینی شدن در برنج، وجود دو ژن را در کنترل توارث آن نشان داد که با نتایج (Chen et al., 1992; Shu et al., 2006) در پژوهش‌های دیگری که از طریق تجزیه (Quantitative Trait Loci) QTL تعیین کننده کیفیت دانه در برنج انجام شد، مشخص گردید که مقدار آمیلوز، درجه حرارت ژلاتینی شدن و قوام ژل، اساساً توسط یک تا دو ژن بزرگ اثر که روی کروموزم شماره ۶ برنج قرار دارند و چندین ژن کوچک اثر که در نواحی مختلف ژنوم پراکنده‌اند، کنترل می‌شوند (He et al., 1999; Yan et al., 2001).

جدول ۳- اجزای واریانس و درجه غالبیت ژن‌های کنترل کننده صفات مورد مطالعه در ارقام برنج

صفت	درجه غالبیت	واریانس محیطی	واریانس افزایشی	واریانس غالیت	واریانس افزایشی
طول شلتونک (میلی‌متر)	۰/۴۸	۰/۸	۰/۲	۱/۲۹	۰/۲
عرض شلتونک (میلی‌متر)	۰/۰۲۴	۰/۰۰۸	۰/۰۳	۰/۵۸	۰/۰۳
نسبت طول به عرض شلتونک	۰/۲۶	۰/۰۰۱	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۱۱
درصد برنج سالم	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۵	۰/۳۸	۰/۰۰۰۵
درصد برنج خرد	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۵	۰/۵۵	۰/۰۰۰۵
طول دانه سفید (میلی‌متر)	۰/۱۶	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۵	۰/۰۷
عرض دانه سفید (میلی‌متر)	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۰۱۶	۱/۵۳	۰/۰۱۶
نسبت طول به عرض دانه سفید	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۰۵	۰/۹۶	۰/۰۵
وزن صد دانه (گرم)	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۴	۰/۴۸	۰/۰۰۰۴
درصد آمیلوز	۱۲/۴۶	۰/۲۴	۱/۵۱	۰/۴۲	۱/۵۱
درجه حرارت ژلاتینی شدن	۰/۴۸	۰/۴۹۲	۰/۰۳۷	۱/۰۱	۰/۰۳۷
درصد پروتئین	۲/۳۶	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۴۹	۰/۵۳

جدول ۴- وراثت پذیری عمومی و خصوصی صفات مورد مطالعه در ارقام برنج

میانگین	وراثت پذیری عمومی*			وراثت پذیری خصوصی**			صفت
	۲	۱	میانگین	۳	۲	۱	
۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۷۷	۰/۸۶	۰/۶۸	۰/۷۸	طول شلتوك (میلی‌متر)
۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۲۷	۰/۳۹	۰/۵۱	۰/۳۲	۰/۳۴	عرض شلتوك (میلی‌متر)
۰/۵۶	۰/۷	۰/۴۲	۰/۶۲	۰/۷	۰/۵۴	۰/۶۲	نسبت طول به عرض شلتوك
۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۷	۰/۷۸	۰/۸۷	۰/۷۵	۰/۷۳	درصد برج سالم
۰/۶۶	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۷۹	۰/۸۷	۰/۷۵	۰/۷۶	درصد برج خرد
۰/۵۴	۰/۵۹	۰/۵	۰/۶۲	۰/۷۴	۰/۵۶	۰/۵۷	طول دانه سفید (میلی‌متر)
۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۳۷	۰/۸۷	۰/۹۲	۰/۸	۰/۸۹	عرض دانه سفید (میلی‌متر)
۰/۵	۰/۴۷	۰/۵۴	۰/۸۴	۰/۹	۰/۷۹	۰/۸۴	نسبت طول به عرض دانه سفید
۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۸۷	۰/۹۲	۰/۸۳	۰/۸۸	وزن صد دانه (گرم)
۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۸۶	۰/۹	۰/۸۲	۰/۸۷	درصد آمیلوز
۰/۵۴	۰/۴۸	۰/۶	۰/۹۳	۰/۹۶	۰/۹۱	۰/۹۴	درجه حرارت ژلاتینی‌شدن
۰/۶۶	۰/۶۸	۰/۶۴	۰/۸۱	۰/۸۵	۰/۷۱	۰/۸۶	درصد پروتئین

* وراثت پذیری عمومی با روش‌های ۱ و ۳ (Mahmud & Krammer, 1951) و ۲ (Kearsey & Pooni, 1998).

.برآورد شد.

** وراثت پذیری خصوصی با روش‌های ۱ و ۲ (Warnner, 1952) و ۳ (Kearsey & Pooni, 1998). برآورد شد.

جدول ۵- برآورد تعداد ژن‌های کنترل‌کننده صفات مورد مطالعه در ارقام برنج

میانگین	نوع روش*							صفت
	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰/۲۶	۰/۵	۰/۳۲	۰/۱	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۲	۰/۴۳	طول شلتوك (میلی‌متر)
۰/۶	۰/۷	۲/۳۳	۰/۰۰۰۶	۰/۰۳	۰/۱	۰/۰۲	۰/۰۲	عرض شلتوك (میلی‌متر)
۰/۲۳	۰/۲	۰/۸۸	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۱۳	نسبت طول به عرض شلتوك
۰/۸۴	۲/۰۸	۱/۱۹	۰/۳۸	۰/۲۴	۰/۳۷	۰/۴	۱/۲	درصد برج سالم
۰/۹	۲/۷۸	۱/۰۸	۰/۳۷	۰/۲۳	۰/۳۸	۰/۴۷	۱/۰۹	درصد برج خرد
۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۴	طول دانه سفید (میلی‌متر)
۰/۰۰۹	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۲	عرض دانه سفید (میلی‌متر)
۰/۰۰۹	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	نسبت طول به عرض دانه
۶/۹۹	۱۳/۲۵	۱۱/۳۶	۳/۵۱	۲/۲	۲/۳۱	۳/۶۸	۱۲/۰۵	وزن صد دانه (گرم)
۲/۰۵	۵/۳۵	۰/۵۹	۰/۸	۰/۸	۱/۲	۱/۳۵	۴/۲۶	درصد آمیلوز
۸/۴	۲۲/۹۲	۶/۶۳	۳/۲۷	۳/۲۷	۵/۰۶	۵/۴	۱۱/۶۴	درجه حرارت ژلاتینی‌شدن
۱/۶۵	۳/۸۲	۰/۷	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۹۴	۱/۴۲	۳/۱۸	درصد پروتئین

تعداد ژن‌ها با روش‌های ۱ و ۲ (Lande, 1949) و ۳ الی ۷ (Mather, 1981) برآورد شدند.

پژوهشی دانشگاه گیلان تأمین شده است. از کلیه همکارانی که ما در اجرای این طرح یاری نمودند، به خصوص آقای مهندس حسام الدین حسینی و آقای حسن علیجانی کارشناسان گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان تشکر و قدردانی می‌گردد.

لاین‌های برتر در نسل‌های بالاتر از اثر غالبیت ژن‌ها نیز استفاده گردد.

سپاسگزاری

این مقاله از طرح پژوهشی مصوب شورای پژوهشی دانشگاه گیلان استخراج و بودجه آن توسط معاونت

REFERENCES

- Allard, R. W. (1960). *Principles of Plant Breeding*. John Willy and Sons. New York.
- Chen, B. T., Peng, Z. M. & Xu, Y. (1992). Genetic analysis of rice gelatinization temperature. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 11, 115–119.
- Chenewu, X., Aihong, A., Yan, A. & Ingse, Z. (1998). Genetic analysis of quality traits in

- intersubspecies crosses of rice. *Rice Abstract*, 21, 5.
4. Falconer, D. S. (1989). *Introduction to Quantitative Genetics*. 3rd ed. Longman. UK.
 5. Fotokian, M. H. (2008). Genetics-statistical analysis of traits related to grain in rice (*Oryza sativa L.*). In: Proceedings of the International Conference on Mathematical Biology. 2007, ICMB07, AIP Conference Proceedings, pp. 192-196.
 6. Hosseini, M., Honarnejad, R. & Tarang, A. R. (2005). Gene effects and combining ability of quantitative characteristics and grain quality of rice. *Journal of Agricultural Science*, 15(4), 253- 260. (In Farsi).
 7. He, P., Li, S. G., Qian, Q., Ma, Y. Q., Li, J. Z., Wang, W. M., Chen, Y. & Zhu, L. H. (1999). Genetic analysis of rice grain quality. *Theoretical and Applied Genetics*, 98, 502-508.
 8. Juliano, B. O. (1971). A simplified assay of milled rice amylose. *Cereal Science Today*, 16, 334-339.
 9. Kato, T. (1991). *Genetic analysis of grain size in rice*. Genetic Π. Second International Rice Genetic Symposium. IRRI, 844 p.
 10. Kearsey, M. T. & Pooni, H. S. (1998). *Genetical Analysis of Quantitative Traits*. Chapman and Hall.
 11. Kumar, I. & Khush, G. S. (1988). Inheritance of amylose content in rice. *Euphytica*, 38, 261-269.
 12. Lande, R. (1981). The minimum number of genes contributing to quantitative variation between and within population. *Genetics*, 90, 541-553.
 13. Lin, J., Shi, Ch., Wu, M. & Wu, J. (2005). Analysis of genetic effects for cooking quality traits of japonica rice across environments. *Plant Science*, 168(6), 1501-1506.
 14. Little, R. R., Hilder, G. B. & Dawson, E. H. (1958). Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. *Cereal Chemistry*, 35, 111-116.
 15. Mahalingam, L. & Nadarajan, N. (2010). Genetic analysis of grain quality characteristics of two line rice hybrids. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 1(4), 983-988.
 16. Mahmud, I. & Krammer, H. S. (1951). Segregation for yield, height and maturity following a soybean cross. *Agriculture Journal*, 43, 605-609.
 17. Maleki, M., Nourozi, Z. & Photokian, M. H. (2006). Combining surveying related to cooking quality traits and gene action in rice hybrid varieties using line×tester method. In: Proceedings of the 9th Iranian Agronomy and Plant Breeding Congress, 3-6 Sep. 2006, Tehran University (Aboureyhan), Tehran, Iran. (In Farsi).
 18. Mather, K. (1949). *Biometrical Genetics*. Methuen, London, 162 p.
 19. Mather, K. & Jinks, J. L. (1982). *Biometrical Genetics: The Study of Continuous Variation*. Chapman and Hall. London, 390 p.
 20. Nourozi, M., Ghannadha, M. R. & Moumeni, A. (2003). Surveying related traits of rice cooking quality. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources of Khazar*, 1(3), 1-10. (In Farsi).
 21. Rabiei, B., Valizadeh M., Ghareyazie, B., Moghaddam, M. & Ali, A. J. (2004). Identification of QTLs for rice grain size and shape of Iranian cultivars using SSR markers. *Euphytica*, 137, 325-332.
 22. Shi, C. H., Zhu, J., Zang, R. C. & Chen G. L. (1997). Genetic and heterosis analysis for cooking quality trait of indica rice. *Theoretical and Applied Genetics*, 95, 249-300.
 23. Shi, Ch., Zhu, J., Yang, X., Yu, Y. & Wu, J. (1999). Genetic analysis for protein content in indica rice. *Euphytica*, 107, 135-140.
 24. Shi, C., Zhu, J., Wu, J., & Fan, L. (2000). Genetic and genotype×environment interaction effects from embryo, endosperm, cytoplasm and maternal effect for rice. *Field Crops Research*, 68, 191-198.
 25. Shu, X., Shen, Sh., Bao, J., Wu, D., Nakamura, Y. & Shu, Q. (2006). Molecular and biochemical analysis of the gelatinization temperature characteristics of rice (*Oryza sativa L.*) starch granules. *Journal of Cereal Science*, 44(1), 40-48.
 26. Umemoto, T., Yano, M., Satoh, H., Shomura, A. & Nakamura, Y. (2002). Mapping of a gene responsible for the difference in amylopectin structure between japonica-type and indica-type rice varieties. *Theoretical and Applied Genetics*, 104, 1-8.
 27. Vanaja, T. & Babu, L. C. (2006). Variability in grain quality attributes of high yielding rice varieties (*Oryza sativa L.*) of diverse origin. *Journal of Tropical Agriculture*, 44(1-2), 61-63.
 28. Verma, O. P., Santoshi, U. S. & Srivastava H. K. (2003). Governance of gene action and combining ability for certain grain quality traits in three diverse rice (*Oryza sativa L.*) growing ecosystems. *Journal of Sustainable Agriculture*, 4(22), 63-78.
 29. Warnner, J. N. (1952). A method for estimating heritability. *Agronomy Journal*, 44, 427-430.
 30. Won, J. G., Yoshida, T. & Uchimura, Y. (2002). Genetic effect on amylose and protein content in crossed rice seeds. *Plant Production Science*, 5(1), 17-21.
 31. Wright, W. D. & Wilkinson, D. R. (1993). Automated micro-kjeldahl nitrogen determination: A method. *American Environment Lab*, 2/93, 30-33.
 32. Yan, C. J., Xu, C. W., Yi, C. D., Liang, G. H., Zhu, L. H. & Gu, M. H. (2001). Genetic analysis of gelatinization temperature in rice via microsatellite (SSR) markers. *Acta Genetica Sinica*, 33, 1-5.