

تعیین عمل ژن‌ها و برآورد پارامترهای ژنتیکی برخی از صفات مرتبط با کیفیت پخت برنج با استفاده از روش تجزیه دی‌آلل

Estimation of genetic parameters for some cooking quality related traits in rice using diallel analysis

پیمان شریفی^۱، حمید دهقانی^۲، علی مومنی^۳ و محمد مقدم^۴

چکیده

شریفی، پ.، ح. دهقانی، ع. مومنی و م. مقدم. ۱۳۸۹. تعیین عمل ژن‌ها و برآورد پارامترهای ژنتیکی برخی از صفات مرتبط با کیفیت پخت برنج با استفاده از روش تجزیه دی‌آلل. مجله علوم زراعی ایران: ۱۲ (۲) ۱۵۲-۱۶۹.

اجزای ژنتیکی کنترل کننده بروخی از صفات مرتبط با کیفیت پخت برنج با استفاده از یک تلاقي دی‌آلل کامل 7×7 در محل موسسه تحقیقات برنج کشور طی سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه واریانس نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی دار بین ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال یک درصد برای صفات مورد مطالعه (میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن، قوام ژل و طویل شدن دانه پس از پخت) بود. تجزیه دی‌آلل به روش هیمن نشان داد که برای میزان آمیلوز و قوام ژل، هر دو جزء واریانس افزایشی و غالیت و برای دو صفت دمای ژلاتینه شدن و ضریب ری آمدن (ضریب رعنایی)، فقط جزء واریانس افزایشی معنی‌دار بودند. میانگین درجه غالیت نشان‌دهنده غالیت ناقص ژنی در کنترل کلیه صفات بود. نسبت ژن‌های دارای اثر مثبت و منفی نشان‌دهنده توزیع تقریباً متقارن ژن‌ها در والدین مورد مطالعه، به خصوص برای صفات میزان آمیلوز و ضریب ری آمدن، بود. نتایج بدست آمده حاکی از کنترل افزایش میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن و کاهش قوام ژل توسط آلل‌های غالب بود، در حالی که کاهش میزان ضریب ری آمدن توسط آلل‌های مغلوب کنترل شد. وراثت‌پذیری خصوصی برای میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن بالا (به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۸۲) و برای قوام ژل و ضریب ری آمدن (به ترتیب ۰/۵۳ و ۰/۵۵) برآورد شدند. بالا بودن میزان اثر افزایشی و وراثت‌پذیری، بیانگر پتانسیل بالای گزینش، به ویژه برای صفات میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن بود. در نتیجه امکان گزینش برای بهبود صفات مذکور به منظور اصلاح برای کیفیت برنج در ارقام مورد مطالعه وجود دارد. همچنین امکان بهره‌گیری از تلاقي‌های سپیدرود \times IRFAON-215، NDA \times IRFAON-215 و صالح \times IRFAON-215 در یک برنامه بهنژادی هیبریداسیون و یا گزینش به ترتیب برای بهبود صفات میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن و قوام ژل وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: برنج، تجزیه دی‌آلل، دمای ژلاتینه شدن، ضریب ری آمدن، قوام ژل و میزان آمیلوز.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۶/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۲/۱۹

- ۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: dehghanirh@yahoo.com)
- ۲- دانشیار گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
- ۳- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات برنج کشور
- ۴- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

یک طرفه 7×7 وجود غالبیت ناقص ژنی را در کنترل ژنتیکی میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن و قوام ژل نشان دادند. آنها گزارش نمودند که آمیلوز کم بر آمیلوز زیاد غالب است. چانگ و لی (Chang and Li, 1981) و مک (McKenzie and Rutger, 1983) نشان دادند که میزان آمیلوز پایین توسط یک ژن اصلی و تعدادی ژن‌های تغیردهنده، با غالبیت ناقص مقادیر کم آمیلوز بر مقادیر زیاد آن کنترل می‌شود. در مقابل، چن و های دونگ (Chen and Huidong, 1996) و شی و همکاران (Shi et al., 1997) اعلام داشتند که میزان آمیلوز به وسیله عمل افزایشی ژن‌ها کنترل می‌شود. شی و همکاران (Shi et al., 1997) همچنین نشان دادند که دمای ژلاتینه شدن توسط عمل افزایشی ژن‌ها و قوام ژل توسط عمل غیر افزایشی ژن‌ها کنترل می‌شود. نتایج آزمایش شوشی دزفولی و هنرژاد (Shoshi-dezfolli and Honarnejad, 2005) حاکی از سهم بیشتر واریانس افزایشی ژن‌ها برای میزان آمیلوز و سهم بیشتر واریانس غیر افزایشی ژن‌ها برای قوام ژل بود. اللهقلی‌پور و همکاران (Allahgholipour et al., 2007) در آزمایش سهم واریانس افزایشی را برای صفات میزان آمیلوز، قوام ژل و دمای ژلاتینه شدن ارزیابی نمودند و نشان دادند که سهم واریانس افزایشی برای صفات مذکور کم است و بیشترین مقدار آن مربوط به دمای ژلاتینه شدن است. حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2005) با استفاده از یک آزمایش دی‌آلن نشان دادند که در کنترل ژنتیکی صفات میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن دارای اثر افزایشی بسیار زیادی هستند. ایشان اظهار کردند که صفت قوام ژل تحت کنترل اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها بوده و سهم واریانس افزایشی در کنترل این صفت بیشتر از سهم واریانس غیرافزایشی است. تانگ و کوش (Tang and Khush, 1993) بیان کرد که ژل سفت بر ژل نرم و متوسط غلبه دارد. یی و چنگ (Yi and Cheng, 1992)، شی و ژو

مقدمه

برنج (*Oryza sativa L.*) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است و تولید آن بخش قابل توجهی از برنامه تأمین غذایی و خودکافایی را در بر دارد. اصلاح ارقام برنج مطمئن‌ترین و اقتصادی‌ترین روش برای بهبود کیفیت دانه است (Juliano, 1990). در برنامه بهنژادی برنج، کیفیت دانه به عنوان یک هدف اصلاحی مهم، مانند سایر اهداف با اهمیت مثل عملکرد بالای دانه و مقاومت به آفات و بیماری‌ها مورد توجه می‌باشد (Dela and Khush, 2000). کیفیت دانه در برنج ویژگی پیچیده‌ای است و با توجه به چگونگی مصرف آن، بسیار متنوع می‌باشد. کیفیت پخت به عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای کیفیت برنج تحت تأثیر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دانه برنج، به ویژه اجزای نشاسته قرار می‌گیرد. از برجسته‌ترین این ویژگی‌ها میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن، میزان ثبات یا قوام ژل و ضربی ری آمدن (ضریب رعنایی) می‌باشند (Graham, 2002). از میان صفات فوق، میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن تأثیر بیشتری بر کیفیت پخت دارند (Dela and Khush, 2000). در این ارتباط ردی و همکاران (Reddy et al., 1993) اظهار نمودند که دمای ژلاتینه شدن ناشی از میزان آمیلوپکتین موجود در دانه برنج است و بنابراین دمای ژلاتینه شدن در مقایسه با میزان آمیلوز، عامل مهم‌تر و مؤثرتری در کیفیت پخت برنج محسوب می‌شود.

دست یافتن به ارقام برنج با عملکرد بالا و همچنین کیفیت پخت مطلوب نیازمند تعیین نوع عمل ژن‌های کنترل کننده صفات مرتبط با آنها است (Chen and Zhu, 2002). تلاقي‌های دی‌آلل یکی از روش‌های متداول ژنتیکی برای بدست آوردن اطلاعات توارثی صفات کمی می‌باشد. مطالعات متعددی برای بررسی چگونگی عمل ژن‌های کنترل کننده کیفیت برنج انجام گرفته است. هنرژاد و همکاران (Honarnejad et al., 1998) در یک طرح دی‌آلل

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده در این آزمایش شامل ۷ رقم برنج شامل سه رقم بومی (حسنی، شاهپسند و دیلمانی)، سه رقم اصلاح شده (سپیدرود، ندا و صالح) و رقم خارجی IRFAON-215 حاصل از تلاقی دی‌آلل کامل آنها بود که به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار در مؤسسه تحقیقات برنج کشور مورد مطالعه قرار گرفتند. برای انجام این آزمایش، والدین در سال ۱۳۸۴ کشت و تمام تلاقی‌های ممکن بین آنها انجام گرفت و بذر مورد نیاز برای انجام تحقیق طی دو سال تهیه و نصف بذرها در سال ۱۳۸۵ و نصف دیگر در سال ۱۳۸۶ کشت شدند. بدلین منظور طی دو سال ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ والدین و دورگ‌های F_1 حاصل از آنها کشت و از نظر صفات میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن، قوام ژل و ضریب ری آمدن مورد بررسی قرار گرفتند. برای تعیین درصد آمیلوز از روش جولیانو (Juliano, 1971) استفاده شد و آن‌تیپ‌های مورد مطالعه در پنج گروه مومی (۱-۲ درصد)، آمیلوز بسیار کم (۲-۹ درصد)، آمیلوز کم (۹-۲۰ درصد)، آمیلوز متوسط (۲۰-۲۵ درصد) و آمیلوز زیاد (۲۵-۳۳ درصد) تقسیم‌بندی شدند. دمای ژلاتینه شدن به روش آزمون امتیازدهی بر اساس هضم کلایی بی‌لیل و همکاران (Little et al., 1958) تعیین شد. آن‌تیپ‌ها مطابق با سیستم اندازه‌گیری استاندارد صفات (SES, 2002)، در سه گروه دمای ژلاتینه شدن بالا (امتیاز ۳-۱)، متوسط (امتیاز ۵-۳) و پایین (امتیاز ۷-۶) تقسیم‌بندی شدند. غلظت و قوام ژل نیز بر اساس روش کاگامپانگ و همکاران (Cagampang et al., 1973) در سه دسته سخت ($40-46$ mm)، متوسط ($46-52$ mm) و نرم ($52-60$ mm) تقسیم شدند. برای اندازه‌گیری ضریب ری آمدن از روش عزیز و شفی (Azeez and Shafi, 1966) استفاده و میزان طویل شدن دانه‌های پخته شده نسبت به طول اولیه دانه‌های خام اندازه‌گیری شد.

(Li et al., 1999) ولی و همکاران (Shi and Zhu, 1994) وجود اثر مادری و غیرمادری را در کنترل صفات میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن و قوام ژل گزارش کردند. یان و همکاران (Yan et al., 2000) برای صفات میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن و قوام ژل میزان وراثت‌پذیری خصوصی را به ترتیب 0.73 ، 0.56 و 0.60 برا آورد نمودند. شوشی‌دزفولی و هنرنژاد (Shoshi-dezfolli and Honarnejad, 2005) نیز میزان وراثت‌پذیری خصوصی میزان آمیلوز را 0.98 گزارش کردند.

در برخی از مطالعات تأثیر ژنتیپ × محیط روی تعدادی از صفات مرتبط با کیفیت پخت نشان داده شده است. لین و همکاران (Lin et al., 2005) نشان دادند که میزان آمیلوز و قوام ژل عموماً توسط اثر اصلی آندوسپرم و سیتوپلاسم گیاهان مادری کنترل می‌شود، اما اثر متقابل ژنتیکی آن نقش دارد. همچنین چن و ژو (Chen and Zhu, 1999) در آزمایشی دیگر نشان دادند که اثر متقابل ژنتیپ و محیط در کنترل ژنتیکی صفات میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن و قوام ژل نقش دارند. شی و همکاران (Shi et al., 1997) نشان دادند که صفات مرتبط با کیفیت پخت شامل میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن و قوام ژل عموماً توسط ژن‌های با اثر اصلی کنترل می‌شود، اما اثر متقابل ژنتیپ و محیط نیز در کنترل این صفات، بخصوص میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن گزارش شد. در آزمایش نامبردگان نقش اثر مادری و اثر سیتوپلاسمی در کنترل ژنتیکی دو صفت دمای ژلاتینه شدن و قوام ژل برآورد شد.

آزمایش حاضر به منظور تعیین نوع عمل ژن‌های کنترل کننده صفات مرتبط با کیفیت پخت برنج و وراثت‌پذیری آن‌ها از طریق تلاقی دی‌آلل کامل 7×7 و بررسی اثر متقابل ژنتیپ × سال، در دو سال طراحی و اجرا شد.

بودن داده‌ها بود (جدول ۱). تجزیه واریانس مرکب برای داده‌های دو سال با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS, 2005) صورت گرفت.

آزمون نرمال بودن داده‌ها به روش شاپیرو و ویلک SPSS (Shapiro and Wilk, 1965) با استفاده از نرم‌افزار SPSS (SPSS, 2004) انجام گرفت که نتایج حاکی از نرمال

جدول ۱- آزمون نرمال بودن میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن، قوام ژل و ضریب ری آمدن در ژنوتیپ‌های برنج با استفاده از آماره شاپیرو-ویلک

Table 1. Normality test for amylose content (AC), gelatinization temperature (GT), gel consistency (GC) and grain elongation (GE) in rice genotypes with Shapiro-Wilk statistic

Character	صفت	(statistic)	آماره (P-value)	معنی‌داری
AC (%)	میزان آمیلوز (درصد)	0.928	0.171	
GT (grade)	دمای ژلاتینه شدن (نمره)	0.971	0.337	
GC (mm)	قوام ژل (میلی متر)	0.769	0.115	
GE	ضریب ری آمدن	0.982	0.641	

AC: Amylose Content, GC: Gel Consistency, GT: Gelatinization Temperature, GE: Grain Elongation

سطح احتمال یک درصد برای کلیه صفات مورد مطالعه بود (جدول ۲). نتایج نشان دادند که اثر سال و اثر متقابل ژنوتیپ × سال برای میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن و قوام ژل معنی دار بودند و ژنوتیپ‌ها از نظر سه صفت مهم مرتبط با کیفیت پخت (میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن و قوام ژل) عکس العمل‌های متفاوتی در دو سال داشتند. شی و همکاران (Shi *et al.*, 1997) نیز در تحقیقات خود به معنی دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در کنترل میزان آمیلوز، قوام ژل و دمای ژلاتینه شدن اشاره نموده‌اند. انها در ضمن بیان کردند که دما در طول دوره رسیدن دانه روی صفات مرتبط با کیفیت پخت، به خصوص دمای ژلاتینه شدن، تاثیر می‌گذارد. بنا بر نظر دلا و همکاران (Dela *et al.*, 1989) دمای بالا در زمان رسیدن و پر شدن دانه منجر به تجمع نشاسته‌ای با دمای ژلاتینه شدن بالا می‌شود و تغییر در دو صفت میزان آمیلوز و قوام ژل را نیز موجب می‌شود. نتایج به دست آمده از این تحقیق مبنی بر معنی دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ در سال می‌تواند به اختلافات آب و هوایی مرحله رسیدن دانه در طی دو سال انجام آزمایش نسبت داد. مقایسه میانگین صفات بیانگر وجود اختلافات ژنتیکی و بین والدین و هیریدهای بین آنها بود (جدول ۳).

برای صفاتی با F معنی دار برای ژنوتیپ‌ها و نیز صادق بودن فرض‌های مدل، تجزیه دی‌آلل به روش هیمن (Hayman, 1954) بر روی چهار تکرار (دو تکرار در هر سال) با استفاده از برنامه Dial 98 (Ukai, 2006) انجام شد. در این راستا، آزمون اثر اپستازی ژن‌ها با استفاده از آزمون شیب خط رگرسیون کوواریانس نتاج با والد مشترک آنها (Wr) روی واریانس ردیف‌ها (Vr) از شیب واحد انجام شد. همچنین، آزمون‌های یکنواختی (Wr(i)-Vr(i) و Wr(i)+Vr(i)) با استفاده از روش تجزیه واریانس به صورت طرح کاملاً تصادفی به ترتیب برای آزمون اثر غالیت و اپستازی صورت گرفت (Mather and Jinks, 1977). پارامترهای ژنتیکی صفات شامل واریانس‌های افزایشی و غالیت و درجه غالیت برای هر یک از صفات و وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی با استفاده از روش هیمن (Hayman, 1954) برآورد شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب، حاکی از وجود تفاوت معنی دار بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در

غالیت × غالیت به طور معنی داری نقش داشتند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس دی آلل بر اساس روش هیمن (Hayman, 1954) نشان داده است که میانگین مرباعات اثر افزایشی (a) و غالیت (b) برای سه صفت میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن و قوام ژل معنی دار بود (جدول ۶) که به ترتیب بیانگر معنی دار شدن قابلیت ترکیب پذیری عمومی والدین و خصوصی دورگها (Roy, 2000) در کنترل این صفات می باشد. این نتایج با یافته های محققان دیگر (Chen and Huidong, 1996; Leng and Hong, 2004; Lin *et al.*, 2005 میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن و قوام ژل توسط هر دو نوع ژن با اثر افزایشی و غیر افزایشی کنترل می شود، مطابقت دارد. القهقی پور و همکاران (Allahgholipour *et al.*, 2007) طی آزمایشی گزارش کردند که سهم واریانس افزایشی برای صفات میزان آمیلوز، قوام ژل و دمای ژلاتینه شدن کمتر از سهم واریانس غیر افزایشی ژن ها است و این برای دمای ژلاتینه شدن بیشترین مقدار بوده است. برای صفت ضریب ری آمدن اثر افزایشی ژن ها معنی دار بود. این نتیجه با یافته های محققان دیگر از جمله ساوری و گانسن (Savery and Ganesan, 2003)،

معنی دار بودن (Wr(i)+Vr(i)) و معنی دار نبودن Wr(i)-Vr(i) برای هر صفت (جدول ۴) نشان داد که صفات مذکور با ژن های غالیت کنترل می شوند، اما اثر متقابل غیر آللی بین آنها وجود ندارد. به بیان دیگر در کنترل ژنتیکی صفات مذکور اثر متقابل بین ژن های غیر آللی و توزیع غیر تصادفی ژن ها در بین والدین را نشان نمی دهد (Mather and Jinks, 1977). بررسی ضریب رگرسیون Wr روی Vr (جدول ۵) نتایج نشان داد که ضریب رگرسیون به ترتیب واحد و فاقد اختلاف معنی دار با صفر و یک برای تمام صفات نداشت. با توجه به نتایج دو آزمون فوق، می توان چنین نتیجه گرفت که فرض مدل ژنتیکی افزایشی - غالیت برای تجزیه ژنتیکی دی آلل ارقام مورد بررسی وجود دارد. نتایج تحقیق لنگ و هانگ (Leng and Hong, 2004) برای صفات دمای ژلاتینه شدن و قوام ژل مدل افزایشی - غالیت را برآش دادند ولی برای صفت میزان آمیلوز این مدل کفايت نکرد. ساوری و گانسن (Savery and Ganesan, 2003) عدم کفايت مدل افزایشی - غالیت را برای صفت ضریب ری آمدن نشان دادند که در کنترل ژنتیکی این صفت اثر اپیستازی افزایشی × افزایشی، افزایشی × غالیت و

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن، قوام ژل و ضریب ری آمدن در ژنو تیپ های برنج (بر اساس میانگین دو تکرار در هر سال)

Table 2. Combined analysis of variance for amylose content (AC), gelatinization temperature (GT), gel consistency (GC) and grain elongation (GE) in rice genotypes (mean of two replications in each year)

S.O.V	متایم تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مرباعات (MS)			
			میزان آمیلوز AC	دمای ژلاتینه شدن GT	قوام ژل GC	ضریب ری آمدن GE
Year (Y)	سال	1	3.71**	5.27**	71.04**	0.0072 ns
Replication (Year)	تکرار در سال	2	0.69	0.09	40.46	0.4842
Genotype (G)	ژنو تیپ	48	21.17**	3.06**	210.41**	0.0348**
G×Y	ژنو تیپ × سال	48	1.17**	0.44**	53.49**	0.0151 ns
Error	خطای آزمایشی	96	0.53	0.24	28.42	0.0106
C.V (%)	ضریب تغییرات (درصد)		3.35	8.65	14.49	4.97

ns: Non- significant

**: Significant at 1% probability level

AC: Amylose Content, GC: Gel Consistency, GT: Gelatinization Temperature, GE: Grain Elongation

ns: غیر معنی دار

**: معنی دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۳- میانگین میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن، قوام ژل و ضریب ری آمدن در هفت والد و نتاج دی‌آل کامل در ژنتیپ‌های برنج

Table 3. Means of cooking quality character (AT, GT, GC and GE) in seven parents and their complete diallel progenies in rice genotypes

Character	صفت	Genotype	ژنوتیپ	شاهپسند Shahpasand	حسنی Hassani	سپیدرود Sepidrod	ندا Neda	دیلمانی Deilamani	صالح Saleh		IRFAON-215
									IRFAON-215	IRFAON-215	
AC (%)	میزان آمیلوز (درصد)	Shahpasand	شاهپسند	25.32	22.80	25.91	25.29	23.79	25.23	22.55	
		Hassani	حسنی	22.65	19.25	22.97	23.02	19.82	21.66	17.19	
		Sepidrod	سپیدرود	25.71	22.19	25.78	24.54	23.80	25.12	23.90	
		Neda	ندا	25.72	21.76	24.47	24.15	23.72	25.26	21.30	
		Deilamani	دیلمانی	23.49	19.91	22.88	24.00	20.53	22.93	20.33	
		Saleh	صالح	24.64	23.67	25.61	25.57	22.51	25.85	22.58	
		IRFAON-215	IRFAON-215	21.98	18.10	23.49	21.78	20.04	22.71	16.71	
GT (grade)	دهای ژلاتینه شدن (نمره)	Shahpasand	شاهپسند	4.68	5.38	4.30	4.18	4.48	5.78	4.09	
		Hassani	حسنی	5.20	6.07	6.63	5.17	5.30	6.76	4.07	
		Sepidrod	سپیدرود	6.03	6.73	7.00	5.27	5.86	6.53	5.77	
		Neda	ندا	4.50	4.73	5.72	4.92	4.72	5.45	4.95	
		Deilamani	دیلمانی	4.93	4.87	5.81	4.45	4.54	5.61	4.17	
		Saleh	صالح	5.77	6.46	7.00	5.45	5.45	7.00	6.00	
		IRFAON-215	IRFAON-215	5.31	5.73	6.61	5.16	5.11	6.44	3.64	
GC (mm)	قوام ژل (میلی‌متر)	Shahpasand	شاهپسند	57.25	35.88	28.00	30.25	45.75	30.00	48.38	
		Hassani	حسنی	34.50	32.75	28.88	29.13	37.75	29.63	32.00	
		Sepidrod	سپیدرود	34.38	28.75	28.50	38.75	32.25	34.38	29.75	
		Neda	ندا	51.63	30.13	34.38	36.25	39.13	32.88	33.25	
		Deilamani	دیلمانی	43.00	34.88	31.00	32.75	41.63	33.13	46.13	
		Saleh	صالح	31.00	30.50	32.50	35.50	30.88	29.75	30.25	
		IRFAON-215	IRFAON-215	41.00	34.00	40.25	32.38	36.88	35.38	60.25	
GE	ضریب ری آمدن (نمره)	Shahpasand	شاهپسند	1.74	1.90	1.59	1.61	1.77	1.64	1.58	
		Hassani	حسنی	1.77	1.93	1.64	1.83	1.76	1.82	1.79	
		Sepidrod	سپیدرود	1.70	1.69	1.68	1.73	1.76	1.73	1.61	
		Neda	ندا	1.70	1.84	1.69	1.63	1.80	1.70	1.65	
		Deilamani	دیلمانی	1.80	1.90	1.77	1.78	1.77	1.80	1.71	
		Saleh	صالح	1.67	1.88	1.70	1.66	1.79	1.60	1.55	
		IRFAON-215	IRFAON-215	1.74	1.82	1.75	1.61	1.90	1.66	1.73	
Character	صفت	میزان آمیلوز (درصد)	دهای ژلاتینه شدن (نمره)	قوام ژل (میلی‌متر)	GC (mm)	GE	ضریب ری آمدن				
LSD 5%	AC(%)	0.82	0.55	6.03		0.12					
LSD 1%		1.08	0.73	7.94		0.15					
HSD 5%		1.49	1.02	10.90		0.21					
HSD 1%		1.68	1.13	12.30		0.24					

LSD: Least Significant Difference

HSD: Honestly Significant Difference

AC: Amylose Content, GC: Gel Consistency, GT: Gelatinization Temperature, GEL: Grain Elongation

کمترین اختلاف معنی‌دار
اختلاف معنی‌دار قابل اعتماد

جدول ۴- آزمون اثر غالیت (Wr + Vr) و اپیستازی (Wr - Vr) صفات کیفیت پخت در ژنوتیپ‌های برنج

Table 4. Dominance (Wr + Vr) and epistatic (Wr - Vr) tests of cooking quality characters in rice genotypes

Character	صفت	متابن تغیر S. O. V	درون والدین	
			بين والدین Between parents	Within parents
			درجه آزادی (d.f)	6 21
AC (%)	میزان آمیلوز (درصد)	Wr(i)+Vr(i)	57.52**	4.86
		Wr(i)-Vr(i)	0.365 ns	0.348
GT (grade)	دماهی ژلاتینه شدن (نمره)	Wr(i)+Vr(i)	0.777*	0.260
		Wr(i)-Vr(i)	0.023 ns	0.019
GC (mm)	قوام ژل (میلی‌متر)	Wr(i)+Vr(i)	41385*	2388
		Wr(i)-Vr(i)	687 ns	402
GE	ضریب ری آمدن	Wr(i)+Vr(i)	0.0003 *	0.0001
		Wr(i)-Vr(i)	0.00003 ns	0.00003

ns: Non-significant

غير معنی دار

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

AC: Amylose Content, GC: Gel Consistency, GT: Gelatinization Temperature, GE: Grain Elongation

است (Roy, 2000) و نشان می‌دهد که والدین مورد مطالعه برای این صفات دارای تعداد متفاوتی از آلل‌های غالب و مغلوب بودند و از این رو والدین با تعداد بیشتر آلل‌های غالب و یا مغلوب برای هر کدام از صفات می‌توانند شناسایی شوند. باقیمانده اثرات ژنتیکی غیرافزایشی (b_3) برای میزان آمیلوز، دماهی ژلاتینه شدن و قوام ژل معنی دار بود که بنابر نظر مترو جینکر (Mather and Jinks, 1971) معادل میزان ترکیب پذیری خصوصی در روش گریفینگ (Griffing, 1956) بوده و نشان‌دهنده تفاوت بین تلاقي‌ها، برای مقدار صفات مورد نظر است و اثر غالیت را در دورگ‌های خاصی نشان می‌دهد و در نتیجه امکان بهره‌گیری از هتروزیس را در تعدادی از دورگ‌ها فراهم می‌آورد. اثر متقابل عمومی (c) برای دماهی ژلاتینه شدن و ضریب ری آمدن معنی دار بود که نشان می‌دهد در کنترل ژنتیکی این صفات اثر مادری معنی دار است و لذا لزوم بررسی اثر مادری وجود دارد. اثر متقابل خصوصی (d) نیز برای دماهی ژلاتینه شدن و قوام ژل معنی دار بودند که نقش اثر تلاقي‌های معکوس به جز اثر مادری را در کنترل این صفات بیان

تومار (Tomar, 1987) و العبد (El-Abd, 1999) مبنی بر سهم بیشتر اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل صفت ضریب ری آمدن تطابق دارد. با توجه به نقش بیشتر اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی این صفات امکان انجام پروژه‌های بهنژادی مبتنی بر گزینش نتاج پس از هیبریداسیون وجود دارد. میانگین مربعات اثر غالیت جهت دار (b_1) برای میزان آمیلوز و قوام ژل معنی دار شد که حاکی از وجود غالیت جهت دار در مکان‌های ژنی کنترل کننده این دو صفت در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود است. به این مفهوم که وجود غالیت در مکان‌های ژنی کنترل کننده این صفات بین والدین و هیبریدهای حاصل از آنها تفاوت وجود دارد و این نوع از غالیت همانند دو نوع دیگر می‌تواند در تولید هیبرید رقم مورد استفاده قرار گیرد.

اثر b_1 در حالی که این جزء برای دماهی ژلاتینه شدن معنی دار نبود، اثر تقارن ژن‌های غالب و مغلوب (b_2) برای میزان آمیلوز، قوام ژل و نشان می‌دهد که دماهی ژلاتینه شدن معنی دار بود که نشان‌دهنده عدم تقارن ژن‌های کنترل کننده این صفات در ارقام مورد مطالعه

داشت، دارای بیشترین تعداد آلل‌های مغلوب بود. به عبارت دیگر امکان استفاده از رقم IRFAON-215 در تلاقی‌ها و دستیابی به نتاجی با میزان آمیلوز نسبتاً بالا در نتاج حاصل از تلاقی وجود خواهد داشت. هنرثاد و همکاران (Honarnejad *et al.*, 1998) وجود اثر غالیت ناقص ژن‌ها را در کنترل میزان آمیلوز گزارش کردند. برخلاف نتایج تحقیق حاضر، آنها کنترل ژنتیکی مقادیر بالای آمیلوز را توسط ژن‌های مغلوب و مقادیر پایین آن را توسط ژن‌های غالب گزارش نمودند. نتایج حاصل از نسبت‌های غالیت در والدین (جدول ۸) نیز نتایج مشابهی با نتایج حاصل از تجزیه گرافیکی نشان دادند، به نحوی که ارقام سپیدرود و IRFAON-215 به ترتیب دارای بیشترین و کمترین آلل‌های غالب بودند. همچنین پراکنش والدین وجود ژن‌های غالب و مغلوب را در آنها نشان داد. ژنوتیپ‌های واقع در قسمت پایین خط رگرسیون دارای ژن‌های غالب بودند، زیرا نتاج مربوط به والدی که دارای ژن‌های غالب است، تقریباً یکنواخت بوده و ردیف مربوط به آنها دارای حداقل واریانس می‌باشد (Kearsey and Pooni, 1996). این نوع والد همچنین کمترین شباهت را با والد غیر مشترک دارد است و در نتیجه نقطه مربوط به این والد در پایین خط رگرسیون قرار می‌گیرد (Mather and Jinks, 1971).

با توجه به این که والد IRFAON-215 دارای کمترین میزان آمیلوز و همچنین دو والد صالح و سپیدرود دارای بیشترین میزان آمیلوز بودند، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش میزان آمیلوز با آلل‌های غالب و کاهش میزان

می‌دارد. بطور کلی با توجه به معنی دار بودن انواعی از غالیت برای هر کدام از صفات، تولید هیریدهایی با مقدار متوجه از این صفات و استفاده از پدیده هتروزیس می‌تواند در افزایش پتانسیل ارقام هیرید برای این صفات مورد توجه قرار گیرد.

نتایج حاصل از تجزیه گرافیکی همین (Hayman, 1954) و برآوردهای پارامترهای ژنتیکی (جدول ۷ و شکل ۱) برای صفت میزان آمیلوز (شکل ۱-الف) خط رگرسیون محور Wr و سهمی محدود‌کننده را در بخش مثبت قطع نمود. بنابراین میزان آمیلوز توسط ژن‌ها با اثر غالیت ناقص کنترل می‌شود. در همین زمینه بسیاری از محققان Shi *et al.*, 1997; Honarnejad *et al.*, 1998; Shoshi- (dezfolli and Honarnejad, 2005 که میزان آمیلوز توسط غالیت نسبی ژن‌ها کنترل می‌شود. با این وجود در برخی از مطالعات وجود یک ژن اصلی و تعدادی ژن‌های تغییردهنده کوچک با غالیت ناقص، مقدار زیاد آمیلوز را در مقایسه با مقدار کم آن شناسایی کردند (Chang and Li, 1981; McKenzie and Rutger, 1983) توارث میزان آمیلوز توسط دو جفت ژن بزرگ اثر (Heda and Reddy, 1986) و با غالیت ناقص در افزایش آمیلوز گزارش شد. نظر به این که والد سپیدرود نزدیکترین والد به مبدأ مختصات بود، دارای بیشترین تعداد آلل‌های غالب و والد IRFAON-215 با کمترین میزان آمیلوز که در دورترین نقطه از مبدأ مختصات قرار

جدول ۵- آزمون ضرایب رگرسیون Wr روی چهار صفت کیفیت پخت در ژنوتیپ‌های برنج

Table 5. Test of regression coefficients of Wr/Vr for four cooking quality traits in rice genotypes

Character	صفت	$b \pm s_b$	$H_0: \beta=0, t$ value	$H_0: \beta=1, t$ value
AC (%)	میزان آمیلوز (درصد)	0.974 ± 0.073	13.342**	0.356 ^{ns}
GT(grade)	دمای ژلاتینه شدن (نمره)	1.070 ± 0.137	7.810**	-0.511 ^{ns}
GC (mm)	قوام ژل (میلی متر)	1.091 ± 0.115	9.487**	-0.791 ^{ns}
GE	ضریب ری آمدن	1.020 ± 0.220	4.636**	-0.091 ^{ns}

ns: Non-significant

**: Significant at the 1% probability level.

AC: Amylose Content, GC: Gel Consistency, GT: Gelatinization Temperature, GE: Grain Elongation

غير معنی دار

: معنی دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۶- برآورد پارامترهای ژنتیکی برای میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن، قوام ژل و ضریب ری آمدن در ژنوتیپ‌های برنج

Table 6. Estimation of genetic parameters for four cooking quality traits (AT, GT, GC and GEL) in rice genotypes

S. O. V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	صفت (Character)				ضریب ری آمدن GE
			میزان آمیلوز (درصد) AC (%)	دمای ژلاتینه شدن (نمره) GT (grade)	قوام ژل (میلی متر) GC (mm)		
Replication	تکرار	3	1.58 ns	1.82 **	50.84 ns	0.33 **	
Additive effect (a)	اثر افزایشی	6	152.58 **	18.20 **	853.27 **	0.15 **	
Dominance effect (b)	اثر غالبیت	21	3.62 **	0.81 **	164.69 **	0.02 ns	
Directional dominance effect (b ₁)	اثر غالبیت جهت دار	1	6.15 **	0.01 ns	840.17 **	0.00 ns	
Gene distribution among the Parents (b ₂)	اثر تقارن ژن‌های غالب و مغلوب	6	2.59 **	1.23 **	186.64 **	0.02 ns	
Effects of specific genes (b ₃)	باقیمانده اثرات غیر افزایشی	14	3.88 **	0.69 **	107.04 **	0.02 ns	
Maternal effect (c)	اثر متقابل عمومی	6	0.48 ns	2.04 **	37.11 ns	0.03 **	
Reciprocal effect (d)	اثر متقابل خصوصی	15	1.13 ns	0.57 *	106.43 **	0.01 ns	
Error	خطا	144	0.75	0.30	37.13	0.01	

ns: Non-significant

ns: غیر معنی دار

*and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

AC: Amylose Content, GC: Gel Consistency, GT: Gelatinization Temperature, GE: Grain Elongation

جدول ۷- برآوردهای ژنتیکی برای میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن، قوام ژل و ضریب ری آمدن در ژنوتیپ‌های برنج

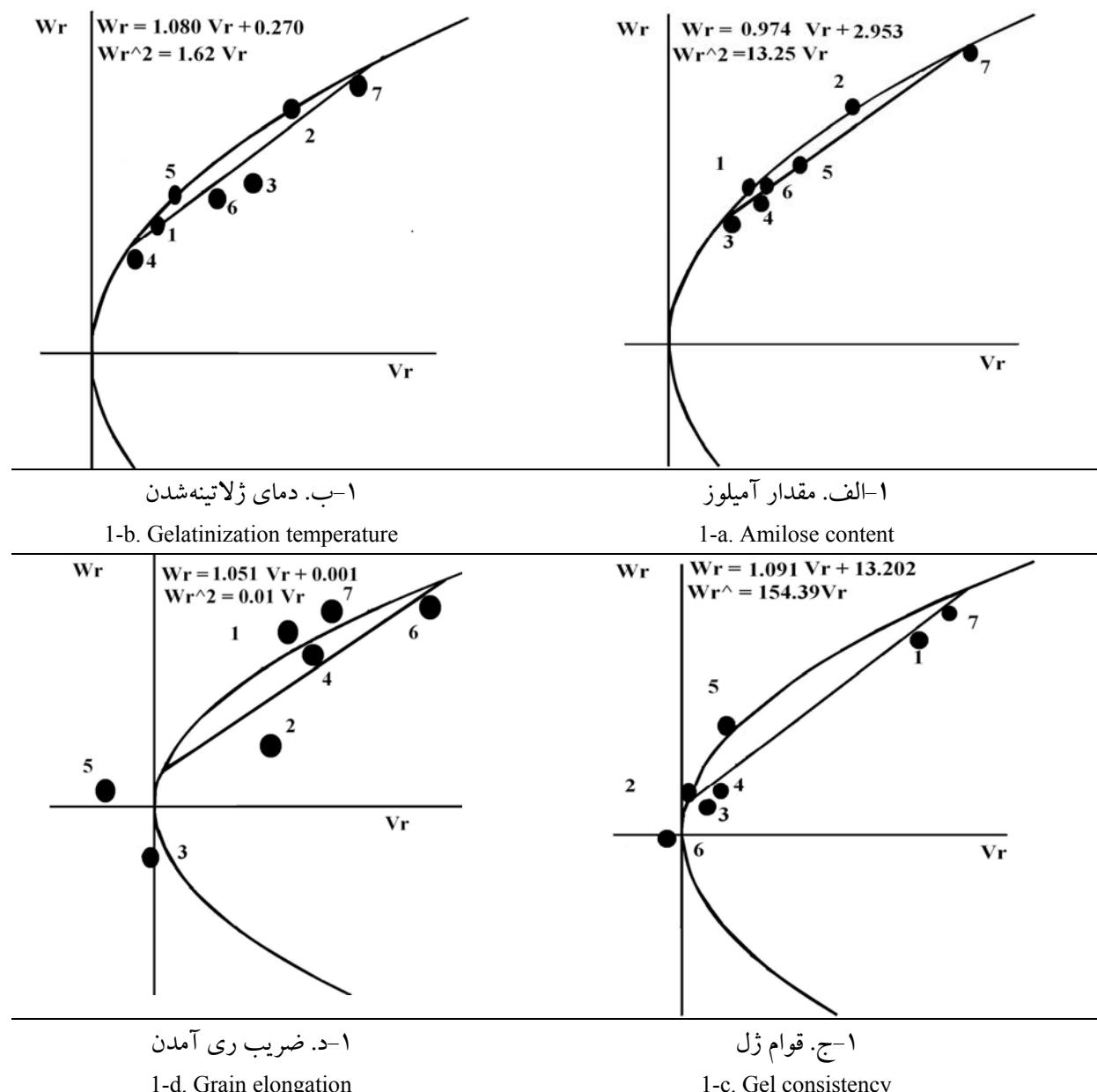
Table 7. Estimates of genetic parameters for cooking quality characters (AT, GT, GC and GEL) in rice genotypes

Genetic parameters	پارامترهای ژنتیکی	صفت (Character)				
		میزان آمیلوز (درصد) AC (%)	دمای ژلاتینه شدن (نمره) GT (grade)	قوام ژل (میلی‌متر) GC (mm)	ضریب ری آمدن GE	
Additive variance (D)	واریانس افزایشی	13.25 ± 1.31	1.62 ± 0.31	154.39 ± 32.82	0.009 ± 0.005	
Dominance variance (H_1)	واریانس غالبیت	1.76 ± 0.51	0.42 ± 0.20	90.48 ± 27.32	± 0.005 ± 0.00	
Dominance variance (H_2)	شكل دیگر واریانس غیر افزایشی	1.44 ± 0.38	0.25 ± 0.12	64.16 ± 17.88	± 0.004 ± 0.00	
Relative frequency of dominant and recessive alleles (F)	میانگین کواریانس اثرات افزایشی و غالبیت	2.73 ± 1.26	0.50 ± 0.32	122.79 ± 40.47	0.0003 ± 0.006	
$H_1^{(0.5)}$ /Average degree of dominance (D)	درجه غالبیت	0.37 ± 0.04	0.51 ± 0.09	0.77 ± 0.08	0.74 ± 0.43	
Proportion of dominance genes (kd/(kd+kr))	نسبت زن‌های غالب	0.64 ± 0.04	0.65 ± 0.06	0.76 ± 0.03	± 0.511 ± 0.12	
Number of effective factors (h^2/H_2)	تعداد فاکتورهای موثر	0.54 ± 0.34	-0.15 ± 0.17	1.79 ± 0.55	± 0.37 ± 0.34	
Average direction of dominance (h)	متوسط جهت غالبیت	0.87 ± 0.31	0.03 ± 0.20	-10.14 ± 2.13	0.014 ± 0.039	
Heritability by parents ($D/(D+E)$)	وراثت پذیری مربوط به والدین	0.98 ± 0.002	0.96 ± 0.01	0.94 ± 0.01	0.751 ± 0.099	
Broad-sense heritability ($h^2 b$)	وراثت پذیری عمومی	0.97 ± 0.04	0.90 ± 0.01	0.83 ± 0.03	0.663 ± 0.055	
Narrow-sense heritability $h^2 n$	وراثت پذیری خصوصی	0.91 ± 0.02	0.82 ± 0.03	0.53 ± 0.06	0.553 ± 0.075	
Proportion of dominance and recessive genes ($H_2/4H_1$)	نسبت زن‌های دارای اثرات مثبت و منفی	0.20	0.15	0.18	0.20	

AC: Amylose Content, GC: Gel Consistency, GT: Gelatinization Temperature, GE: Grain Elongation

Mean ± Standard error

میانگین ± اشتباہ معیار



شکل ۱- رگرسیون Wr/Rv روی Vr برای صفات میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن، قوام ژل و ضریب ری آمدن در ژنوتیپ‌های برنج

Fig. 1. Regression of Wr/Vr for cooking quality traits (AT, GT, GC and GE) in rice genotypes

۱: شاپسند، ۲: حسنی، ۳: سپیدرود، ۴: ندا، ۵: دیلمانی، ۶: صالح، ۷: IRFAON-215

1: Shahpasand, 2: Hassani, 3: Sepidrod, 4: Neda, 5: deilamani, 6: Saleh, 7: IRFAON-215

بیشتر میزان آمیلوز توسط ژن‌های مغلوب و کنترل مقادیر کمتر آنها توسط ژن‌های غالب در تضاد است. به نظر می‌رسد که تفاوت در نوع مواد و تلاقی‌های مختلف گیاهی علت اختلاف این نتایج می‌باشد. معنی دار بودن

آن با آلل‌های مغلوب کنترل می‌شود. این نتیجه در تطابق با یافته‌های العبد (El-Abd, 1999) می‌باشد اما با نتایج هنرثزاد و همکاران (Honarnejad *et al.*, 1998) و شوشی دزفولی و هنرثزاد (۱۳۸۴) مبنی بر کنترل ژنتیکی مقادیر

خط رگرسیون محور Wr و سهمی محدود کننده را در بخش مثبت قطع کرد (شکل ۱-ب). بنابراین صفت مذکور تحت کنترل عمل غالبیت ناقص ژن‌ها قرار دارد. نتایج حاصل از تحقیقات لنج و هانگ (Leng and Hong, 2004) و کوولیو (Ku and Liu, 1986) نیز حاکی از وجود غالبیت ناقص در کنترل ژنتیکی دمای ژلاتینه شدن می‌باشد. سیستم کنترل با یک ژن بزرگ اثر نیز در کنترل ژنتیکی هضم قلیایی عنوان شده است (McKenzie and Rutger, 1983). همچنین دو جفت ژن اصلی با عمل افزایشی ژن و اثر تجمعی آنها در کنترل ژنتیکی دمای ژلاتینه شدن گزارش شده است (Tomar and Nanda, 1985). برای این صفت با توجه به پراکنش والدها در طول خط رگرسیون، ارقام شاهپسند و ندا دارای حداکثر تعداد ژن‌های غالب و رقم IRFAON-215 با کمترین امتیاز دمای ژلاتینه شدن (۳/۶۴) دارای حداکثر ژن‌های مغلوب بودند. حال آنکه ارقام صالح و سپیدرود با بیشترین نمره (دمای ژلاتینه شدن پایین و زمان پخت کوتاه) در حد واسط ارقام با دمای ژلاتینه شدن بالا و متوسط قرار داشتند. بنابراین دمای ژلاتینه شدن بالا (زمان پخت طولانی) توسط ژن‌های مغلوب و دمای ژلاتینه شدن پایین و متوسط توسط ژن‌های غالب کنترل می‌شوند. العبد (El-Abd, 1999) نیز چنین نتیجه ای را گزارش کرده است. در مورد این صفت برآورد پارامترهای ژنتیکی (جدول ۷) نشان‌دهنده معنی دار شدن واریانس افزایشی (D) و معنی دار نشدن واریانس غیرافزاشی (H_1 و H_2) بود. همچنین مقدار وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی برای این صفت بالا (به ترتیب ۰/۹ و ۰/۸۲) بود که بیانگر وجود پتانسیل و بازدهی گرینشی بالا برای صفت مذکور می‌باشد. نتایج مشابهی توسط محققان دیگر مانند ژینگ فانگ و همکاران (Xingfang *et al.*, 1985) (مبني بر سهم واریانس افزایشی و تانگ و کوش (Tang and Khush, 1993)، العبد (Abd-Allah, 1999) و عبدالله (El-Abd, 2000) مذکور شده است.

واریانس افزایشی (D)، غالیت (H_1) و نیز واریانس غیرافزاشی ناشی از چگونگی توزیع ژن‌ها (H_2) بیانگر وجود اثر افزایشی و غیرافزاشی در کنترل میزان آمیلوز است، اما با عنایت به بیشتر بودن میزان واریانس افزایشی نسبت به واریانس غالیت می‌توان اظهار نمود که سهم اثر افزایشی در کنترل میزان آمیلوز بیشتر از جزء غالبیت می‌باشد. نتایج مشابهی توسط محققان دیگر (Ku and Liu, 1986; Chen and Huidong, 1996) حاکی است که مقدار پایین درجه غالبیت ($H_1/D^{0.5}$) برای صفت میزان آمیلوز (۰/۳۷) نشانگر نقش بیشتر غالبیت ناقص ژن‌های عامل این صفت است. مقدار مثبت پارامتر $[kd/(kd+kr)]$ و همچنین برآورد نسبت ژن‌های غالب (F_{0/64}) نشان داد که در والدین مورد استفاده فراوانی آلل‌های غالب نسبت به آلل‌های مغلوب بیشتر است (Leng and Hong, 2004). بنابراین در برنامه‌های به نژادی، استفاده از ارقام IRFAON-215 و حسنی با بیشترین ژن‌های مغلوب، میزان آمیلوز را در نتاج کاهش می‌دهد و با تلاقي آنها با ارقام آمیلوز بالا، امکان تهیه لاین‌هایی با آمیلوز پایین و تا حدود متوسط فراهم می‌شود. همچنین در این ارقام که تعداد آلل‌های مغلوب در مقایسه با آلل‌های غالب بیشتر است، انتخاب می‌تواند به نحو موثرتر و کارآمدتری انجام شود.

نتایج این آزمایش درجه بالایی از وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی برای صفت میزان آمیلوز به ترتیب برابر با ۰/۹۱ و ۰/۹۷ را نشان داد. این نتیجه با نتایج چن و های دونگ (Chen and Huidong, 1996)، شوشی دزفولی و هنرمند (Shoshi-dezfolli and Honarnejad, 2005) همکاران (Shi *et al.*, 1997) و حموند (Hammond, 1996) و عبدالله (Abd-Allah, 2000) مطابقت دارد. بنابراین، با توجه به وراثت‌پذیری بالا و سهم بیشتر واریانس افزایشی ژن‌ها در کنترل میزان آمیلوز بازدهی گرینش برای این صفت بالا خواهد بود. در مورد دمای ژلاتینه شدن نیز مانند صفت قبلی،

توجه به این که رقم سپیدرود دارای کمترین قوام ژل و IRFAON-215 دارای بیشترین قوام ژل بودند، می‌توان چنین استنباط کرد که افزایش میزان قوام ژل، یا قوام ژل متوسط و نرم که پس از پختن دیرتر سفت می‌شود، توسط ژن‌های مغلوب کنترل می‌شود. این یافته در تطابق با گزارش شوши دزفولی و هنرثزاد (۱۳۸۴) و الحیسیوی و کوش (El-Hissewy and Khush, 1990) است. بررسی شاخص‌های آماری و پارامترهای ژنتیکی (جدول ۷) نشان داد که با توجه به معنی دار شدن D , H_1 و H_2 , اثر افزایشی و غالیت ژن در کنترل قوام ژل نقش دارند. البته از آنجا که مقدار واریانس افزایشی بیشتر از واریانس غالیت بود، بنابراین، سهم اثر افزایشی ژن در کنترل میزان قوام ژل بیشتر از اثر غالیت است. این نتیجه در تطابق با یافته زمان و صدیق (Zaman and Siddiq, 1985) و چن و زو (Chen and Zhu, 2002) می‌باشد. مقدار F که نشان‌دهنده بیشتر بودن آلل‌های غالب در والدین است، در بین صفات مطالعه شده فقط در مورد قوام ژل معنی دار بود. به عبارت دیگر با توجه به برآورده مقدار مثبت برای پارامتر F، معنی دار بودن آن و همچنین برآورده نسبت ژن‌های غالب بالا (۰/۷۸)، می‌توان اظهار داشت که ارقام مورد مطالعه از نظر این صفت دارای آلل‌های غالب بیشتری بودند. برای صفت قوام ژل میزان وراثت‌پذیری عمومی ۰/۷۵ و وراثت‌پذیری خصوصی ۰/۴۹ برآورده شد. با توجه به اینکه وراثت‌پذیری خصوصی برای این صفت متوسط برآورده گردید، امکان ثبیت اثرات افزایشی ژن‌ها و در نتیجه گزینش در بین نتاج در مقایسه با دو صفت دیگر یعنی میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن کمتر است. برآورده مقدار ۱/۷۹ برای نسبت ژنتیکی H^2/H_2 حکایت از دخالت حداقل دو بلوك ژنی در کنترل این صفت می‌باشد. این مطلب با نتایج حاصل از تحقیق شوши دزفولی و هنرثزاد (Shoshi-dezfolli and Honarnejad, 2005) مطابقت دارد.

برای صفت ضربی ری آمدن، نتایج تجزیه گرافیکی

مبني بر وجود وراثت‌پذیری عمومي بالا در کنترل ژنتيکي دمای ژلاتينه شدن، گزارش شده است. مقدار مثبت برآورده شده برای پارامتر F (شاخصي برای نشان دادن فراوانی نسبی آلل‌های غالب و مغلوب) و همچنین برآورده نسبت ژن‌های غالب (۰/۶۵)، نشان داد که ارقام مورد مطالعه از نظر دمای ژلاتینه شدن دارای آلل‌های غالب بيشتری بودند. برآورده درجه غالیت نیز حاکي از وجود غالیت ناقص در کنترل میزان دمای ژلاتینه شدن بود. وجود غالیت ناقص در کنترل ژنتيکي دمای ژلاتينه شدن نشانه اثر افزایشی ژن‌ها مي‌باشد. رقم IRFAON-215 با بيشترین دمای ژلاتينه شدن که داراي آلل‌های مغلوب بيشتری برای اين صفت بود، مي‌تواند در تلاقي‌ها مورده استفاده قرار گيرد و در فرآيندهای دور گك گيري گزينش در نسل‌های اوليه مي‌توان به نتاجي دست يافت که داراي دمای ژلاتينه شدن مطلوب باشند. با محاسبه نسبت ژن‌های غالب و مغلوب در يك جامعه مي‌توان راهکارهای مبنی بر گزينش را انتخاب نمود.

نتایج تجزیه گرافیکي برای صفت قوام ژل نشان داد که خط رگرسیون Wr روی Vr در قسمت مثبت ولی نزدیک محور مختصات، سهمی محدود‌کننده و همچنین محور Wr را قطع می‌کند (شکل ۱-ج). بنابراین صفت قوام ژل تحت تاثير عمل غالیت ناقص ژن‌ها بود. لگ و هانگ (Leng and Hong, 2004) نیز نقش غالیت ناقص ژن‌ها را در کنترل میزان قوام ژل بيان کردند. ارقام سپیدرود و صالح به ترتیب با متوسط قوام ژل ۲۸/۵ و ۲۹/۷۵ میلی‌متر دارای حداکثر تعداد ژن‌های غالب و رقم IRFAON-215 با متوسط قوام ژل ۶۰/۲۵ میلی‌متر دارای حداکثر تعداد ژن‌های مغلوب بودند. نتایج حاصل از نسبت آلل‌های غالب در والدین نیز مويد این موضوع است. در مورد این صفت علاوه بر رقم IRFAON-215 رقم شاهپسند نیز دارای تعداد بيشتری ژن‌های مغلوب برای کنترل قوام ژل بود و ارقام حسنی و ندا نیز به همراه سپیدرود و صالح دارای بيشترین ژن‌های غالب بودند. با

جدول ۸- برآورد نسبت های غالبیت در والدین برای صفات میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن، قوام ژل و ضریب ری آمدن در ژنتیپ های برنج

Table 8. Estimation of dominance ratios of parents for cooking quality characters (AT, GT, GC and GE) in

rice genotypes

Parents	والدین	میزان آمیلوز (درصد) AC (%)	صفت		
			(Character)	دمای ژلاتینه شدن (نمره) GT (grade)	قوام ژل (میلی متر) GC (mm)
Shahpasand	شاهپسند	0.855	0.882	0.277	0.265
Hassani	حسنی	0.363	0.367	0.983	0.494
Sepidrod	سپیدرود	1.005	0.646	1.018	1.214
Neda	ندا	0.832	0.998	0.999	0.283
deilaman	دلیمانی	0.684	0.801	0.719	1.125
Saleh	صالح	0.840	0.727	1.094	0.010
IRFAON-215	IRFAON-215	-0.090	0.154	0.228	0.185

AC: amylose content, GC: gel consistency, GT: gelatinization temperature, GE: grain elongation

مغلوب در تمام مکان های ژنی کنترل کننده صفت می باشد (Roy, 2000) نشان داد که برای این صفت آلل های غالب و مغلوب تقریباً به صورت متقارن (۰/۲) توزیع شده اند. وراثت پذیری عمومی و خصوصی به ترتیب برابر با ۰/۶۶ و ۰/۵۵ برای این صفت برآورد شدند، که نشان دهنده متوسط بودن مقدار وراثت پذیری خصوصی برای این صفت است.

به طور کلی در تحقیق حاضر نقش بیشتر عمل افزایشی ژن ها نسبت به عمل غالبیت آنها در کنترل ژنتیکی چهار صفت عمده مرتبط با کیفیت پخت شامل میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن، قوام ژل و ضریب ری آمدن مشخص شد. نتایج نشان داد که وراثت پذیری عمومی برای سه صفت اول بالا بود، در حالی که وراثت پذیری خصوصی برای دو صفت میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن نیز بالا بود، اما برای قوام ژل و ضریب ری آمدن در حد متوسط به دست آمد. مجموعه موارد فوق موید آن است که گزینش این صفات در نسل های اولیه می تواند موثر واقع شود و به عبارتی نشان دهنده پتانسیل بالای گزینش، به ویژه برای صفات میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن، می باشد. با توجه به اینکه تلاقی های مستقیم و معکوس سپیدرود \times IRFAON-215

نشان داد که خط رگرسیون Wr روی Vr در قسمت مثبت محور مختصات، سهمی محدود کننده و همچنین محور Wr را قطع نمود (شکل ۱-د). بنابراین صفت مذکور نیز مانند سایر صفات با غالبیت نسبی ژن ها کنترل می شود. برآورد میانگین درجه غالبیت ۰/۷۴ نیز بر غالبیت ناقص ژن ها دلالت دارد. ارقام سپیدرود و دلیمانی به ترتیب با میزان طویل شدن پس از پخت برابر با ۱/۶۸ و ۱/۷۷ نزدیک ترین والد ها به محل قطع خط رگرسیون با محور Wr بودن و بنابراین بیشترین ژن های غالب را برای این صفت دارا بودند. حال آنکه رقم صالح با کمترین ضریب ری آمدن (۱/۶۰) و بیشترین فاصله با محل مذکور دارای حداکثر ژن های مغلوب برای این صفت بود. اما دو والد با بیشترین ضریب ری آمدن (حسنی و ندا) در میانه والدین انتها یی قرار داشتند. به نظر می رسد که کنترل ژنتیکی این صفت برای مقادیر بالا توسط مجموعه ای از ژن های غالب و مغلوب کنترل می شود. علامت جبری F و همچنین برآورد نسبت ژن های غالب (۰/۵۱) نشان می دهد که والد های مورد مطالعه از نظر صفت ضریب ری آمدن دارای نسبت تقریباً یکسانی از آلل های غالب و مغلوب هستند. نسبت $H_2/4H_1$ که بیانگر تقارن فراوانی آلل های غالب و

.....
 IRFAON-215 × شاهپسند و IRFAON-215 × دیلمانی دارای دمای ژلاتینه شدن متوسط (۳-۵)، قوام ژل متوسط (۴۰-۶۰ میلی‌متر) و آمیلوز متوسط (۲۰-۲۵ درصد) بودند. به عبارت دیگر دانه این ارقام پس از پخت نرم و متورم و کاملاً از هم جدا شده و مدت‌ها پس از پخت نرم باقی می‌مانند. در تلاقی IRFAON-215 × دیلمانی علاوه بر صفات فوق ضریب ری آمدن نیز مطلوب (۱/۷۱) بود و این موضوع نشان می‌دهد که برنج پخته در این هیرید به مقدار قابل توجهی طویل می‌شود، بنابراین امکان استفاده از تلاقی فوق (IRFAON-215 × دیلمانی) در پروژه‌های مربوط به تولید برنج هیرید یا لاینهای با کیفیت وجود دارد.

نسبت به متوسط والدین هتروزیس نشان دادند و در آنها میزان آمیلوز در حد متوسط بود (داده‌ها درج نشده‌اند)، امکان بهره‌گیری از این تلاقی جهت دستیابی به نتایجی با میزان آمیلوز متوسط وجود دارد. چنین برنج‌هایی پس از پخت نرم‌تر بوده، پس از سرد شدن خشک و سفت نمی‌شوند و از مطلوبیت بیشتری برخوردار می‌باشند. وضعیت مشابه با تحلیل فوق در مورد تلاقی ندا × IRFAON-215 برای صفت دمای ژلاتینه شدن و صالح × IRFAON-215 برای قوام ژل وجود داشت. نتایج بررسی‌های مربوط به خصوصیات کیفی بر اساس میانگین صفات مورد نظر (جدول ۳) و همچنین هتروزیس نشان داد که از نظر کیفیت پخت تلاقی‌های

References

منابع مورد استفاده

- Abd-Allah, A. A. 2000.** Breeding studies on rice (*Oryza sativa* L.). Ph.D. Thesis, Agronomy Department, Agriculture Faculty, Menoufiya University, Egypt.
- Allahgholipour M., B. Rabiai, M. Hosseini, H. Dorost and M. Mohamadi. 2008.** Study general and specific combining ability for some of traits in parental lines for hybrid rice production. Agric. Sci. 9: 1-12. (In Persian with English abstract).
- Azeez, M. A. and M. Shafi. 1966.** Quality in rice. Dep. Agric. East Pakistan Tech. Bullet. 13: 50.
- Cagampang, G. B., C. M. Perez and B. O. Juliano. 1973.** A gel consistency test for eating quality of rice. J. Sci. Food Agric. 24: 1589-1594.
- Chang, W. L. and W. Y. Li. 1981.** Inheritance of amylose content and gel consistency in rice. Bot. Bullet. Acad. Sini. 22: 35-47.
- Chen, J. C. and J. Zhu. 1999.** Genetic effects and genotype × environment interactions for cooking quality traits in Indica-Japonica crosses of rice (*Oryza sativa* L.). Euphytica 109: 9-15.
- Chen, J. G. and J. Zhu. 2002.** Genetics effects for cooking quality characters in Indica-Japonica crosses of rice. J. Biom. 17: 226-234.
- Chen, W. and M. Huidong. 1996.** Qualitative-quantitative analysis for inheritance of gelatinization temperature in Indica rice. Acta. Agron. Sinica 22: 385-391.
- Dela, C. N. and G. S. Khush. 2000.** Grain quality evaluation procedures. In: Aromatic Rices. Singh, R.K., U.S. Singh and G.S. Khush, Eds. Science Publishers, Inc., Enfield, USA; and Oxford & IBH Publishing Co., New Delhi, India. pp. 15-28.
- Dela, C. N., I. Kumar, R. P. Kaushik, and G. S. Khush. 1989.** Effect of temperature during grain development on stability of cooking quality component in rice. Japanese J. Breed. 39: 299-306.

- El-Abd, A. B. 1999.** A study on the inheritance of rice grain quality and its relation with yield and some yield related characters. Ph.D. Thesis, Department of Agronomy, Agriculture Faculty, Al-Azhar University, Egypt.
- El-Hissey, A. and G. S. Khush. 1990.** A study on the inheritance of amylase content in rice (*Oryza sativa* L.). 4th Conference of Agronomy, Faculty of Agriculture, Cairo University, Egypt. 8-10 September, Cairo, 1: 283-293.
- Graham, R. 2002.** A proposal for IRRI to establish a grain quality and nutrition research center. IRRI, Discussion Paper Series 44: 1-18.
- Griffing, B. 1956.** A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. Heredity 10: 31-50.
- Hammond, S. A. 1996.** Breeding studies on some characters of rice (*Oryza sativa* L.). M.Sc. Thesis, Agronomy Department, Agriculture Faculty, Menoufiya University, Shebin El-Kom, Egypt.
- Hayman, B. I. 1954.** The analysis of variance of diallel tables. Biometrics 10:235-244.
- Heda, G. D. and G. M. Reddy. 1986.** Studies on the inheritance of amylose content and gelatinization temperature in rice. Genetic Agric. 40: 1-8.
- Honarnejad, R., A. R. Torang and A. Sheikh-Hosseini. 1998.** Genetic analysis of quantitative and qualitative traits in rice (*Oryza sativa* L.) F₂ population. J. Agric. Nat. Res. Sci. 2(2):17-28. (In Persian with English abstract).
- Hosseini, M., R. Honarnejad and A. R. Torang. 2005.** Estimation of gene effects and combining ability for some of qualitative traits in rice (*Oryza sativa* L.). J. Agric. Sci. 15: 253-267. (In Persian with English abstract).
- Jinks, J. L. and B. I. Hayman. 1953.** The analysis of diallel crosses. Maize Genet. Coop. Newsl. 27: 48-54.
- Juliano, B. O. 1971.** A simplified assay for milled rice amylose. Cereal Sci. Today 16: 334-340.
- Juliano, B. O. 1990. **Rice grain quality: Problems and challenges.** Cereal Food World 35: 245-253.
- Kearsey, M. L. and H. S. Pooni. 1996. **The Genetic Analysis of Quantitative Traits.** Chapman and Hall, London. 381 pp.
- Ku, R. C. and C. Liu. 1986.** Inheritance of quality and grain characteristics in Indica rice. Rice Abs. 9: 126.
- Leng, Y. and D. L. Hong. 2004.** Grain quality and genetic analysis of hybrids derived from different ecological types in Japonica rice (*Oryza sativa* L.). Rice Sci. 11: 165-170.
- Li, X., H. D. Mo, A. M. Wang, C. W. Xu, Y. H. Zhu and H. X. Yu. 1999.** Genetic expression for quality traits of rice grain in Japonica hybrids. Chin. J. Rice Sci. 13: 197–204.
- Lin, J., C. Shi, M. Wu and J. Wu. 2005.** Analysis of genetic effects for cooking quality traits of Japonica rice across environments. Plant Sci. 168: 1501–1506.
- Little, R. R., G. B. Hilder and E. H. Dawson. 1958.** Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. Cereal Chem. 35: 111-126.
- Mather, K. and J. L. Jinks. 1971.** Biometrical Genetics. Second ed., 38 pp., Chapman and Hall Ltd. London.
- Mather, K. and J. L. Jinks. 1977.** Introduction to Biometrical Genetics. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY, pp.73-80.

- McKenzie, K. S. and J. N. Rutger.** 1983. Genetic analysis of amylose content, alkali spreading score, and grain dimensions in rice. *Crop Sci.* 23: 306–319.
- Reddy, K. R., A. S. Zakiuddin and K. R. Bhattacharya.** 1993. The fine structure of rice starch amylopectin and its relation to the texture of cooked rice. *Carbohydrate Polymorphism* 22: 267-275.
- Roy, D. 2000.** Plant breeding analysis and exploitation of variation. Alpha Science International LTD, pp. 701.
- SAS. 2005.** User's Guide. Ver. 8. SAS Institute Inc.
- Savery, M. A. and J. Ganesan.** 2003. Genetic analysis of kernel quality traits in rice. *Madras Agric. J.* 90: 224-227.
- SES. 2002.** Standard Evaluation System for Rice. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.
- Shapiro, S. S. and M. B. Wilk.** 1965. An analysis of variance test for normality (Complete samples). *Biometrics* 52: 591–611.
- Shi, C. H., and J. Zhu.** 1994. Analysis of seed and maternal genetic effects for characters of cooking quality in Indica rice. *Chi. J. Rice Sci.* 8: 129-134.
- Shi, C. H., J. Zhu, R. C. Zeng and G. L. Chen.** 1997. Genetic and heterosis analysis for cooking quality traits of Indica rice in different environments. *Theor. Appl. Genet.* 95: 294-300.
- Shoshi-dezfolli, A. A. and R. Honarnejad,** 2005. Study gene action and heritability in some of traits related to rice quality using a diallel graphical analysis. *Iranian J. Agric. Sci.* 36(4): 813-818. (In Persian with English abstract).
- SPSS Inc. 2004.** SPSS User's Guide. Ver. 14. SPSS Inc. Chicago, IL. USA.
- Tang, S. X. and G. S. Khush.** 1993. Genetic studies on gel consistency of rice. *Rice Abs.* 16: 159.
- Tomar, J. B.** 1987. Analysis of genetic components of generation mean for some quality characters in rice. *Oryza* 24: 112-118.
- Tomar, J. B. and J. S. Nanda,** 1985. Genetics and association studies of kernel shape in rice. *Indian J. Gene.* 45: 278-283.
- Ukai, Y.** 2006. DIAL98. User's Guide. Ver. 6. DIAL98. Japan.
- Xingfang, L., H. Kunming and L. Hong.** 1998. Combining ability analysis for main traits in the rice cultivars with blast resistance and/or good quality. *Chin. J. Rice Sci.* 121: 55-58.
- Yan, A. O, X. Chen-Wu and M. Hui-Dong.** 2000. Quantitative analysis for inheritance of quality characters in Indica hybrid rice. *Acta Genetica Sinitica.* 27: 706-712.
- Yi, X. P. and F. Y. Cheng.** 1992. Genetic effect of different cytoplasm types on rice cooking, milling and nutrient qualities in Indica type hybrid rice. *Chin. J. Rice Sci.* 6: 187-189.
- Zaman, F. U. and E. A. Siddiq.** 1985. Genetical analysis of gel consistency in rice. *Indian J. Genet. and Plant Breed.* 45: 111-118.

Estimation of genetic parameters for some cooking quality related traits in rice using diallel crosses analysis

Sharifi, P.¹, H. Dehghani², A. Moumeni³ and M. Moghaddam⁴

ABSTRACT

Sharifi, P., H. Dehghani, A. Moumeni, M. Moghaddam. 2010. Estimation of genetic parameters for some cooking quality related traits in rice using diallel crosses analysis. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 12 (2): 152-169 (in Persian).

Genetic components controlling some of cooking quality related traits in rice (*Oryza sativa* L.) were studied using a 7×7 complete diallel cross design in Research Field Station, Rice Research Institute of Iran (RRII) in 2006 and 2007 growing seasons. Analysis of variance showed significant differences among genotypes for traits of interest including; amylose content (AC), gel consistency (GC), gelatinization temperature (GT) and grain elongation (GE). Based on Hayman's diallel method, both additive (D) and dominance components (H1 and H2) were significant for AC and GC. However, for the other traits, only additive variance was significant. The average degree of dominance showed partial dominance effects of genes in controlling all the studied traits. The H2/4H1 ratio indicated nearly symmetrical distribution of the genes for AC and GE. Results also indicated that increase in AC and GT and decrease in GC were controlled by genes with dominance effects while decrease of GE was governed by recessive genes. The broad sense heritability estimates were high (0.97% and 90% and 83%, for AC, GT and GC, respectively) to moderate (0.66 for GE). The magnitude of additive gene effects and heritabilities for traits of interest demonstrated high response to selection, particularly for AC and GT. Consequently, appropriate breeding schemes based on hybridization and selection for these traits may bring about an improvement of cooking quality in rice. Some crosses such as Sepidrood \times IRFAON-215, Neda \times IRFAON-215 and Saleh \times IRFAON-215 can be employed for improving AC, GT and GC traits, respectively.

Keywords: Amylose content, Diallel analysis, Gelatinization temperature, Gel consistency, Grain elongation and Rice.

Received: September, 2008 Accepted: March, 2010

1- Ph.D. Student, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. (Corresponding author)
(Email: dehghanirh@yahoo.com)

2- Associate Prof., Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3- Faculty member, Rice Research Institute of Iran (RRII), Rashat, Iran

4- Prof. Faculty of Agriculture, The University of Tabriz, Tabriz, Iran