

مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۲۵، شماره ۲، سال ۱۳۸۸

تجزیه ژنتیکی صفات درجه حرارت ژلاتینه شدن و میزان آمیلوز در برنج (*Oryza sativa* L.)

Genetic Analysis of Gelatinization Temperature and Amylose Contents in Rice (*Oryza sativa* L.)

شعله کیانی^۱، سید کمال کاظمی تبار^۲، غلامعلی رنجبر^۲، نادعلی بابائیان جلودار^۳
و محمد نوروزی^۴

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی
دانشگاه مازندران، ساری
۲ و ۳ به ترتیب استادیار و استاد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه مازندران، ساری
۴- کارشناس، معاونت مؤسسه تحقیقات برنج، آمل

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۹/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۷/۲۷

چکیده

کیانی، ش.، کاظمی تبار، س. ک.، رنجبر، غ.، بابائیان جلودار، ن. و نوروزی، م. ۱۳۸۸. تجزیه ژنتیکی صفات درجه حرارت ژلاتینه شدن و میزان آمیلوز در برنج (*Oryza sativa* L.). مجله به نژادی نهال و بذر ۱-۲۵: ۲۴۳-۲۳۱.

درجه حرارت ژلاتینه شدن و میزان آمیلوز از صفات مهم تعیین کیفیت برنج هستند. در این بررسی از چهار رقم برنج والدینی سنگ طارم، گرده، IR₂₂₉ و IRRI₂ در دورگ گیری استفاده شد. برای شناخت خصوصیات ژنتیکی و نحوه توارث صفات مورد نظر، دو رنگ گیری مستقیم و متقابل بین والدین سنگ طارم و گرده و نیز IR₂₂₉ و IRRI₂ انجام شد. نحوه توارث صفات مورد نظر در تلاقی های مستقیم و معکوس برای میزان آمیلوز با دامنه های بالا و متوسط و پایین و درجه حرارت ژلاتینه شدن پایین و متوسط مطالعه شد. از بین تلاقی های ممکن، از نسل های P₁، P₂، F₁، F₂، Bc₁ و Bc₂ و تلاقی های معکوس آن ها برای ارزیابی استفاده شدند. نتایج حاصل غالبیت درجه حرارت ژلاتینه شدن متوسط بر پایین و آمیلوز بالا بر متوسط و پایین را نشان داده است. در تلاقی های مستقیم و معکوس گرده سنگ طارم و IRRI₂ / IR₂₂₉ مشخص شد که درجه حرارت ژلاتینه شدن و میزان آمیلوز به وسیله یک ژن اصلی به همراه چندین ژن تغییر دهنده کنترل می شوند. اثر دژ ژن در ایجاد تفرق بین صفات نقش مهم و موثری داشت. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که برای صفت میزان آمیلوز انتخاب می تواند در نسل های تفکیک بالا و برای صفت درجه حرارت ژلاتینه شدن در نسل های اولیه به طور موثر انجام شود.

واژه های کلیدی: برنج، نحوه توارث، کیفیت پخت، میزان آمیلوز، درجه حرارت ژلاتینه شدن، اثر دژ ژن.

مقدمه

مختلف نمایان می‌شود. میزان آمیلوز نقش بسیار تعیین کننده‌ای در کیفیت پخت و مصرف برنج دارد. میزان آمیلوز برای ارقام مختلف به سه دسته طبقه بندی می‌شوند، میزان درصد کم آمیلوز مقادیر کمتر از ۲۰ درصد، میزان متوسط بین ۲۰ تا ۲۵ درصد و میزان بالای آن مقادیر بالای ۲۵ درصد است (Kumar and Khush, 1987). مقدار کم آن در برنج سبب می‌شود که برنج پس از پخت چسبنده و لعاب دار شده و انبساط حجمی پیدا نکند، در حالی که مقدار زیاد آمیلوز (آمیلوز بالا) موجب می‌شود که برنج بعد از پخت سفت و خشک شود، بنابراین مهم ترین میزان آن حد متوسطی از میزان آمیلوز است که در این حالت برنج بعد از پخت نرم و مرطوب مانده و پس از سرد شدن سخت نمی‌شود.

هدا و ردی (Heda and Reddy, 1986) میزان آمیلوز و درجه حرارت ژلاتینه شدن را دو صفت مهم در کیفیت پخت برنج دانستند که میزان آمیلوز بافت برنج پخته شده و درجه حرارت ژلاتینه شدن مدت زمان پخت برنج را تعیین می‌کند. هایدلبرگ و لی (Heidelberg and Li, 1999) ضمن مطالعه‌ای روی برنج هیبرید *indica/japonica* مشاهده کردند که یک ژن بزرگ اثر و یک ژن کوچک اثر درجه حرارت ژلاتینه شدن را کنترل می‌کنند و هر دو آن‌ها روی کروموزوم ۶ مکان یابی شدند، هم چنین از طریق ایجاد دابلد هاپلوئید در کشت بساک

درجه حرارت ژلاتینه شدن و میزان آمیلوز از صفات کیفی برنج هستند که در ارزیابی کیفیت پخت از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. درجه حرارت ژلاتینه شدن مدت زمان لازم جهت پخت دانه‌های برنج است (Heda and Reddy, 1986). این صفت از خصوصیات فیزیکی نشاسته است که در آن مولکول‌های نشاسته به طور غیر قابل برگشتی در آب گرم شروع به انبساط می‌کنند. میزان درجه حرارت ژلاتینه شدن از ۵۵ تا ۷۹ درجه سانتی‌گراد متغیر است. ارقامی با درجه حرارت ژلاتینه شدن ۵۵ الی ۶۹ درجه سانتی‌گراد به عنوان درجه حرارت ژلاتینه شدن پایین با نمره ۶ و ۷، ارقام با درجه حرارت ژلاتینه شدن ۷۰ الی ۷۴ درجه سانتی‌گراد به عنوان درجه حرارت ژلاتینه شدن متوسط با نمره ۴ و ۵ و ارقام با درجه حرارت ژلاتینه شدن ۷۵ الی ۷۹ درجه سانتی‌گراد به عنوان ارقام با درجه حرارت ژلاتینه شدن بالا با نمره ۲ و ۳ طبقه بندی می‌شوند (Khush et al., 1979). در ارقام با درجه حرارت ژلاتینه شدن بالا، برنج پخته شده سفت و خشک می‌شود، در صورتی که در ارقام با درجه حرارت ژلاتینه شدن پایین، برنج پخته شده حالت چسبنده دارد. از روی این خاصیت به طور مستقیم می‌توان به چگونگی پخت ارقام پی برد.

میزان آمیلوز در آندوسپرم دانه برنج متغیر است که این تغییرات بعد از پختن برنج با اشکال

تجزیه ژنتیکی صفات درجه حرارت...

بومی مالزی در نسل F_2 بررسی کردند، تجزیه بذرها نسل F_2 حاصل از تلاقی $Mahsuri \times Mahsuri \text{ mutant}$ با درجه حرارت ژلاتینه شدن (بالا \times متوسط) دارای دو کلاس با نسبت ۳ متوسط: ۱ بالابود که نشان می داد این صفت توسط یک ژن اصلی یا حداقل دو مکان ژنی کنترل می شود. در تلاقی بین ارقام $Mahsuri \times 9192$ با درجه حرارت ژلاتینه شدن (متوسط \times متوسط) فقط یک منحنی با دمای ژلاتینه متوسط را نشان داد که از الگوی مندلی نیز پیروی نمی کرد. این نتایج نشان دهنده پیچیدگی این صفت است.

به دلیل تریپلوئید بودن آندوسپرم و نقش متفاوتی که هر یک از والدین (پدری و مادری) در آندوسپرم نسل اول (F_1) دارند، انتظار می رود که بیان متفاوتی از صفت در آندوسپرم نتاج مشاهده شود. هدف از انجام این آزمایش بررسی نحوه توارث دو ویژگی درجه حرارت ژلاتینه شدن و قوام ژل و مطالعه تعیین اثر دژ ژن والدین بر سطوح متفاوت این صفات بود.

مواد و روش ها

در این مطالعه از چهار رقم برنج سنگ طارم، گرده، IR_{229} و $IRRI_2$ به عنوان والدین برای دو رنگ گیری استفاده شد. والدین انتخابی دارای سطوح متفاوتی از صفات مورد مطالعه بودند. (جدول ۱).

هیبرید مذکور مشاهده کردند که برای مقدار آمیلوز نیز یک ژن کوچک اثر و یک ژن بزرگ اثر به ترتیب روی کروموزوم های ۲ و ۷ قرار دارند. تان و همکاران (Tan *et al.*, 1999) ارتباط بین سه صفت میزان آمیلوز، درجه حرارت ژلاتینه شدن و قوام ژل را بسیار نزدیک بیان کردند به طوری که در رابطه با تجزیه ژنتیکی بر مبنای مارکرهای مولکولی فقط دو نوع رابطه والدینی از این صفات را به صورت GT/بالا یا GT/نرم/AC/پایین یا GT/پایین/AC/سخت/بالا عنوان کردند. جنینگز و همکاران (Jennigs *et al.*, 1979) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که نحوه توارث درجه حرارت ژلاتینه شدن چندان روشن نیست ولی به نظر می رسد که دارای نحوه توارث ساده همراه با یک یا دو ژن اصلی باشد. تان و همکاران (۱۹۹۹) در مطالعات خود مربوط به تجزیه ژنتیکی بر مبنای مارکرهای مولکولی در سه صفت درجه حرارت ژلاتینه شدن، قوام ژل و میزان آمیلوز با استفاده از سه جمعیت F_2 ، $F_{2:3}$ و F_9 که حاصل از ترکیب والدین اینبرد لاین Shanyou 63 بود دریافتند که هر سه صفت توسط یک مکان ژنی کنترل می شوند و این مکان ژنی در منطقه W_x در روی بازوی کوتاه کروموزوم ۶ قرار دارد و نشان دهنده این است که هر سه صفت توسط مکان ژنی W_x کنترل می شوند. غلام فاروق و همکاران (Golam Farug *et al.*, 2004) نحوه توارث صفت درجه حرارت ژلاتینه شدن را در سه رقم

برای تعیین میزان آمیلوز از روش جولیانو (Juliano, 1971) با استفاده از اسپکتروفتومتری استفاده شده است.

آندوسپرم بذره‌های والدین و تلاقی‌ها برای تعیین میزان هر یک از صفات در دو تکرار مورد تجزیه قرار گرفتند و داده‌های به دست آمده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی، تجزیه واریانس شدند و از تلاقی معکوس به منظور تعیین اثر دُز ژن استفاده شد. تجزیه واریانس برای هر صفت به طور جداگانه انجام و اشتباه استاندارد مربوطه محاسبه شد. برای محاسبه تغییرات ناشی از هر دُز ژن در یک صفت، مقدار آن صفت، در یکی از دو والدی که در هر تلاقی از سطح بالاتری از میزان آن صفت برخوردار بود به عنوان صد (دارای سه دُز ژن) و میزان صفت دارای مقدار پایین، به عنوان دُز صفر در نظر گرفته شد و به همراه دو تلاقی مستقیم و معکوس بین دو والد، به صورت درصدی از والد برتر تعیین شد. درصد تغییرات برای هر دُز ژن با کم کردن میزان دُز بالاتر از میزان دُز پایین تر به دست آمد و از آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد برای مقایسه اختلافات اثر دُز ژن استفاده شد.

نتایج و بحث

مشخصات ارقام برنج استفاده شده در این آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

به منظور شناخت نحوه توارث صفات، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال ۱۳۸۴ انجام شد. در این آزمایش بین دو والد سنگ طارم و گرده و نیز IR₂₂₉ و IRR₂ تلاقی دوطرفه به صورت P₁×P₂ و P₂×P₁ انجام شد. بذره‌های F₁ حاصل در سال دوم کاشته شدند و در زمان گلدهی نیمی از بوته‌ها با هر دو والد تلاقی داده شد و نیم دیگر بوته‌های F₁ خودگشن شدند تا بذره‌های F₂ حاصل شود. بدین ترتیب ده نسل مختلف شامل بذره‌های هیبرید نسل اول و دوم (F₁ و F₂)، تلاقی برگشتی با والد اول (BC₁)، تلاقی برگشتی با والد دوم (BC₂) و تلاقی‌های معکوس (Reciprocal) کلیه نسل‌ها، به همراه بذره‌های والدینی یعنی: P₁، P₂، RF₁، BC₁، BC₂، RBC₁، RBC₂، F₂ و RF₂ مورد بررسی قرار گرفتند. دو ماه پس از برداشت، کلیه بذره‌های جهت اندازه‌گیری صفات مورد بررسی به آزمایشگاه تعیین کیفیت موسسه تحقیقات برنج کشور منتقل و مورد تجزیه قرار گرفتند. تعداد بذر مورد نیاز برای هر تجزیه برای والدها و F₁ بین ۲۰-۳۰ عدد (هر ده عدد بذر یک تکرار)، برای F₂ بین ۳۵۰-۴۰۰ بذر و برای هر تلاقی برگشتی ۴۰-۸۰ بذر بود (Kumar and Khush, 1983; McKenzie and Rutger, 1983). برای اندازه‌گیری صفت درجه حرارت ژلاتینه شدن روش لیتل و همکاران (Little et al., 1958) و

جدول ۱- مشخصات ارقام برنج استفاده شده در آزمایش

Table 1. Characteristics of rice cultivars used in the experiment

Cultivars	Origin	Height (cm)	GT	GC (mm)	AC (%)
Sang-e-Tarrom	Landrace (Iran)	Tall	3.3	33.8	22.89
Gerdeh	Landrace (Iran)	Tall	6.1	45.5	19.91
IR ₂₂₉	IRRI	Tall	6.3	19.3	27.16
IRRI ₂	IRRI	Short	7.0	33.2	24.85

GT: درجه حرارت ژلاتینه شدن GC: قوام ژل AC: میزان آمیلوز IRRI: مؤسسه بین المللی تحقیقات برنج
GT: Gelatinization Temperature; GC: Gel Consistency; AC: Amylose Content;

IRRI: International Rice Research Institute

ژلاتینه شدن متوسط و تنها ۲ بذر دارای درجه حرارت ژلاتینه شدن پایین بودند، اگر چه اختلاف معنی داری بین صفر دژ و دو دژ زن وجود داشت ولی با توجه به وجود درجه حرارت ژلاتینه شدن متوسط در هر دو حالت، هر دو دسته در یک کلاس قرار گرفتند.

منحنی حاصل از تجزیه ۵۰ بذر BC₂ دارای دو کلاس بود که با توجه به اختلاف معنی دار بین یک و سه دژ زن، ۳۰ بذر در یک کلاس با درجه حرارت ژلاتینه شدن متوسط و ۲۰ بذر با درجه حرارت ژلاتینه شدن پایین در کلاس دیگر قرار گرفتند که این نتایج حاکی از نسبت متناسب با ۳:۱ ($\chi^2 = 2$, $P = 0.5 - 0.75$) بود.

در این آزمایش تفکیک متجاوز در نسل های F₂، BC₁ و BC₂ برای هر دو والد مشاهده شد.

جدول ۲ نشان می دهد که از تجزیه جمعیت های F₁، BC₁ و BC₂ در تلاقی معکوس (سنگ طارم / گرده) نیز نتایج مشابه فوق حاصل شد. از تجزیه ۲۸۸ بذر در نسل F₂

مقایسه نسل های مختلف در تلاقی گرده / سنگ طارم از نظر درجه حرارت ژلاتینه شدن

والد مادری یعنی سنگ طارم دارای درجه حرارت ژلاتینه شدن متوسط به بالا (۳/۳) و والد پدری یعنی گرده دارای درجه حرارت ژلاتینه شدن پایین (۶/۱) بود. میانگین درجه حرارت ژلاتینه شدن F₁ در تلاقی گرده / سنگ طارم حدود ۳/۷ و میانگین درجه حرارت ژلاتینه شدن F₁ در تلاقی معکوس سنگ طارم / گرده حدود ۴/۸ بود و بین تلاقی مستقیم و معکوس اختلاف معنی داری وجود داشت که نشان دهنده اثر دژ زن است. هر دو F₁ در گروه درجه حرارت ژلاتینه شدن متوسط قرار گرفتند.

نتایج حاصل از درجه حرارت ژلاتینه شدن ۳۰۶ بذر نسل F₂ در تلاقی گرده / سنگ طارم دارای دو کلاس بود که ۲۳۴ بذر دارای درجه حرارت ژلاتینه شدن متوسط و ۷۲ بذر دارای درجه حرارت ژلاتینه شدن پایین بودند و نسبت ۳:۱ ($\chi^2 = 0.35$) را نشان دادند. از تجزیه ۴۸ بذر BC₁، ۴۶ بذر دارای درجه حرارت

حاصل از تلاقی سنگ طارم/گرده، ۲۲۵ بذر دارای درجه حرارت ژلاتینه شدن متوسط و ۶۳ بذر دارای درجه حرارت ژلاتینه پایین بودند که نشان دهنده دو کلاس با نسبت ۳:۱ بود.

در تجزیه ۴۶ بذر BC₁ در تلاقی سنگ طارم × (سنگ طارم/گرده) ۴۴ بذر در یک کلاس با درجه حرارت ژلاتینه متوسط و تنها ۲ بذر در کلاس دیگر با درجه حرارت ژلاتینه شدن پایین قرار گرفتند که حداکثر فراوانی در محدوده درجه حرارت ژلاتینه شدن متوسط مشاهده شد. منحنی حاصل از تجزیه ۵۰ بذر دو کلاس بود که ۲۴ بذر در یک کلاس و ۲۶ بذر در کلاس دیگر قرار گرفتند که متناسب با نسبت ۱:۱ ($\chi^2 = 0/08, P = 0/5-0/75$) بود.

نتایج حاصل نشان دهنده این است که صفت درجه حرارت ژلاتینه شدن تحت کنترل یک ژن اصلی است. در این ارتباط مکنزی و روتگر (۱۹۸۳) از تلاقی درجه حرارت ژلاتینه شدن متوسط با درجه حرارت ژلاتینه شدن پایین، آن را تحت کنترل یک یا چند ژن افزایشی با اثر اصلی گزارش کردند.

مقایسه نسل های مختلف در تلاقی IR₂₂₉/IRRI₂ از نظر درجه حرارت ژلاتینه شدن

از آن جایی که در این تلاقی هر دو والد در تقسیم بندی این صفت جزء درجه حرارت ژلاتینه شدن پایین به حساب می آیند، میانگین F₁ های آن ها در تلاقی های مستقیم و معکوس تقریباً بین دو والد قرار گرفت و کلیه نسل ها

دارای درجه حرارت ژلاتینه شدن پایین بودند. در تجزیه ۲۰۴ بذر از نسل F₂ حاصل از تلاقی IR₂₂₉/IRRI₂ و تلاقی های معکوس آن یک کلاس مشاهده شد که تنها ۱۲ بذر دارای درجه حرارت ژلاتینه شدن با نمره متوسط بودند. بنابراین، به دلیل تشابه بسیار نزدیک بین والدین و F₁ هیچ کلاس دیگری در F₂ یا بک کراس ها در تلاقی مستقیم و معکوس مشاهده نشد (جدول ۲).

مقایسه نسل های مختلف در تلاقی

سنگ طارم/گرده از نظر میزان آمیلوز

والد مادری (گرده) دارای میزان آمیلوز پایین ($19/91 \pm 0/2$) و والد پدری (سنگ طارم) دارای میزان آمیلوز متوسط ($22/89 \pm 0/08$) و تفاوت دو والد حدود ۳٪ بود. میانگین میزان آمیلوز در F₁ حاصل از تلاقی این دو والد (سنگ طارم × گرده) با یک دُز ژن برای میزان آمیلوز متوسط، حدود $25/21 \pm 0/22$ درصد بود که نشان دهنده ایجاد هتروزیس است. میانگین میزان آمیلوز در F₁ حاصل از تلاقی معکوس (گرده × سنگ طارم) با دو دُز ژن برای میزان آمیلوز متوسط، حدود $22/47 \pm 0/47$ بود که این اختلافات حاکی از حضور اثر دُز ژن و نیز غالبیت میزان آمیلوز متوسط بر پایین بود.

میزان آمیلوز حاصل از تجزیه بذره‌های نسل F₂ حاصل از تلاقی سنگ طارم/گرده در یک کلاس قرار گرفت که ناشی از اختلاف اندک بین والدین و F₁ بود. در تجزیه ۴۱۵ بذر

جدول ۲- نحوه تفکیک درجه حرارت ژلاتینه شدن در دو تلاقی ارقام برنج برای ده نسل

Table 2. Segregation for gelatinization temperature in two crosses of rice cultivars for ten generations

والدین/تلاقی Parent/cross	نسل Generation	تعداد گیاهان مشاهده شده Number of plants observed				نسبت value	χ^2	احتمال Probability
		بالا high	متوسط Intermediate	پایین Low	کل Total			
Sang-e-Tarrom		—	30	—	30	—	—	—
Gerdeh		—	—	30	30	—	—	—
IR ₂₂₉		—	—	30	30	—	—	—
IRRI ₂		—	—	30	30	—	—	—
ST/G	F ₁	—	30	—	30	—	—	—
G/ST	RF ₁	—	30	—	30	—	—	—
	F ₂	—	234	72	306	3:1	0.35	—
	RF ₂	—	255	63	288	3:1	1.35	—
	BC ₁	—	46	2	48	—	—	—
	RBC ₁	—	44	2	46	—	—	—
	BC ₂	—	30	20	50	1:1	2.00	0.5-0.75
	RBC ₂	—	26	24	50	1:1	0.08	0.5-0.75
IRRI ₂ /IR ₂₂₉	F ₁	—	—	30	30	—	—	—
IR ₂₂₉ /IRRI ₂	RF ₁	—	—	30	30	—	—	—
	F ₂	—	—	204	204	—	—	—
	RF ₂	—	12	238	250	—	—	—
	BC ₁	—	—	50	50	—	—	—
	RBC ₁	—	10	40	50	—	—	—
	BC ₂	—	—	50	50	—	—	—

ST: Sang-e-Tarrom G: Gerdeh

بین یک و سه دُز ژن برای میزان آمیلوز متوسط، کلاس های مشخصی دیده نشد و کلیه بذرها در یک کلاس دارای میزان آمیلوز متوسط بین ۱۹-۲۴٪ قرار گرفتند.

در تجزیه جمعیت های F₂، BC₁ و BC₂ از تلاقی معکوس (گرده × سنگ طارم) نیز وضعیتی مشابه با حالت فوق مشاهده شد. در تجزیه میزان آمیلوز حاصل از ۳۹۶ بذر جمعیت F₂ در تلاقی گرده/سنگ طارم، ۱۰۲ بذر

نسل F₂ ۱۰۳ بذر دارای میزان آمیلوز کمتر از ۲۰٪ و ۳۱۲ بذر دارای میزان آمیلوزی بین ۲۰ تا ۳۰٪ بودند که حاکی از نسبت مناسب ۱:۱ ($\chi^2 = ۰/۰۰۷$ ، $P = ۰/۹ - ۰/۷۵$) در تجزیه ۹۵ بذر BC₁ [گرده × (سنگ طارم / گرده)] ۴۵ بذر دارای میزان آمیلوز ۱۷-۱۹٪ در یک طبقه و ۵۰ بذر دارای میزان آمیلوز ۲۰-۲۳٪ در طبقه دیگر قرار گرفت که حاکی از نسبت مناسب ۱:۱ بود. در BC₂ به دلیل اختلاف کم

در طبقه اول (۱۷-۱۹٪) و ۲۹۴ بذر در طبقه دیگر (۲۰-۲۷٪) قرار گرفتند که نشان دهنده نسبت ۳:۱ ($\chi^2 = 0/12$ ، $P = 0/5-0/75$) بود. منحنی حاصل از تجزیه بذرهای BC₁ دارای دو کلاس بوده که با میزان آمیلوز ۲۰٪ از هم جدا شده بودند. بدین ترتیب ۴۷ بذر دارای میزان آمیلوز کمتر از ۲۰٪ و ۵۳ بذر میزان آمیلوز بین ۲۱-۲۳٪ داشتند. در تجزیه بذرهای BC₂ هیچ کلاس مشخصی دیده نشد (جدول ۳).

مقایسه نسل های مختلف در تلاقی IRRI₂/IR₂₂₉ از نظر میزان آمیلوز در تلاقی بین والد دارای میزان آمیلوز متوسط (IRRI₂) با والد دارای میزان آمیلوز بالا (IR₂₂₉) بذرهای F₁ بایسک دُر ژن برای

جدول ۳- نحوه تفکیک میزان آمیلوز در دو تلاقی ارقام برنج برای ده نسل

Table 3. Segregation for amylose content in two crosses of rice cultivars for ten generations

والدین/تلاقی Parent/cross	نسل Generation	تعداد گیاهان مشاهده شده Number of plants observed				نسبت Value	χ^2	احتمال Probability
		پایین Low	متوسط Intermediate	بالا High	کل Total			
Sang-e-Tarrom		—	30	—	30	—	—	—
Gerdeh		30	—	—	30	—	—	—
IR ₂₂₉		—	—	30	30	—	—	—
IRRI ₂		—	30	—	30	—	—	—
ST/G	F ₁	—	30	—	30	—	—	—
G/ST	RF ₁	—	30	—	30	—	—	—
	F ₂	103	312	—	415	3:1	0.007	0.75-0.90
	RF ₂	102	294	—	396	3:1	0.12	0.5-0.75
	BC ₁	45	50	—	95	1:1	0.26	0.5-0.75
	RBC ₁	47	53	—	100	1:1	0.36	0.5-0.75
	BC ₂	—	90	—	90	—	—	—
	RBC ₂	—	95	—	95	—	—	—
IRRI ₂ /IR ₂₂₉	F ₁	—	—	30	30	—	—	—
IR ₂₂₉ /IRRI ₂	RF ₁	—	—	30	30	—	—	—
	F ₂	—	102	294	396	3:1	0.12	0.5-0.75
	RF ₂	—	113	301	414	3:1	1.16	0.25-0.50
	BC ₁	—	21	23	44	1:1	0.04	0.75-0.90
	RBC ₁	—	26	27	53	1:1	0.02	0.75-0.90
	BC ₂	—	—	50	50	—	—	—
	RBC ₂	—	—	55	55	—	—	—

ST:Sang-e-Tarrom G:Gerdeh

مشخصی مشاهده نشد و ۱۳ بذر دارای میزان آمیلوز متوسط (۱۶-۲۲٪) و ۳۰۱ بذر نیز دارای آمیلوز بالا (۲۳-۳۰٪) بودند که مناسب بودن نسبت ۳:۱ و منوژنیک بودن صفت مورد نظر را می رساند ($P = 0.05-0.25$, $\chi^2 = 1/16$). در تجزیه ۵۳ بذر BC₁ دو کلاس مشخص با نسبت ۱:۱ دیده شد که ۲۶ بذر دارای میزان آمیلوز ۱۸-۲۴٪ و ۲۷ بذر دارای میزان آمیلوز ۲۵-۳۲٪ بود. در BC₂ منحنی یک کلاسه ای با میزان آمیلوز بالا ایجاد شده و کلاسی با نسبت مشخص دیده نشد (جدول ۴).

اثر دُز ژن

میانگین درجه حرارت ژلاتینه شدن نسل F₁ حاصل از تلاقی گرده/سنگ طارم برابر با درجه حرارت ژلاتینه شدن متوسط با نمره ۳/۷ بود که تفاوت معنی داری بین صفر دُز و یک دُز ژن ایجاد نشد ولی در تلاقی معکوس بین آن ها (سنگ طارم/گرده) میانگین درجه حرارت

میزان آمیلوز بالا (IRRI₂/IR₂₂₉) و بذرهای RF₁ با دو دُز ژن برای آمیلوز بالا (IR₂₂₉/IRRI₂) به ترتیب میزان آمیلوزی حدود ۲۶/۳۲±۰/۲۸ و ۲۹/۱۱±۰/۲۹ درصد نشان دادند. در نسل F₂ به دلیل اختلاف کوچک بین والدین و F₁ یک منحنی دیده شد و از ۳۹۶ بذر مورد تجزیه، ۱۰۲ بذر دارای میزان آمیلوز متوسط و ۲۹۴ بذر دارای میزان آمیلوز بالا بودند که نشان دهنده نسبت ۳:۱ (۰/۷۵ - $P = 0.05$, $\chi^2 = 0/12$) بود. در تجزیه بذرهای BC₁ دو کلاس مشخص در نتیجه اختلاف زیاد بین صفر و دو دُز ژن ایجاد شد که از تجزیه ۴۴ بذر، ۲۱ بذر در یک کلاس و ۲۳ بذر در کلاس دیگر با نسبت مناسب ۱:۱ تفکیک شده بود. در تجزیه بذرهای BC₂ منحنی یک کلاسه ای با میزان آمیلوز بالا ایجاد شد. در تلاقی معکوس (IRRI₂/IR₂₂₉) نیز وضعیتی مشابه با حالت فوق در نسل های مورد مطالعه مشاهده شد. در تجزیه ۴۱۴ بذر F₂ کلاس

جدول ۴- میانگین میزان صفات درجه حرارت ژلاتینه شدن و میزان آمیلوز در والدین به هیبریدهای

(RF₁ و F₁) برنج

Table 4. Means of gelatinization temperature and amylose content in parents and F₁ and RF₁ hybrids of rice

صفت Character	تلاقی Cross	تلاقی			
		P1	F1	RF1	P2
Gelatinization Temperature	ST/G	3.30	3.70	4.80	6.10
	IR ₂₂₉ /IRRI ₂	6.30	6.50	6.80	7.00
Amylose content	ST/G	19.91	25.21	22.47	22.89
	IR ₂₂₉ /IRRI ₂	24.85	26.32	29.11	27.16

ST: Sang-e-Tarrom G: Gerdeh

معنی داری نشان دادند، بنابراین اطلاعات اثر دُز ژن در تلاقی های ذکر شده، برای فهم بیشتر از الگوی تفکیک صفات مورد نظر در نسل های مختلف مفید و موثر بود و همچنین وجود کلاس های مختلف ناشی از اثر دُز ژن برای توضیح مدل نحوه توارث در صفات مهم کیفی، تأثیر به سزایی دارد.

مطالعه ژنتیکی صفات کیفی، از جمله میزان آمیلوز و درجه حرارت ژلاتینه شدن، ارزیابی آندوسپرم دانه اهمیت زیادی دارد. آندوسپرم بافت تریلویدی است که دارای یک دُز ژن از والد پدری و دو دُز ژن از والد مادری است. در این رابطه در این تحقیق اثر دُز ژن و خصوصیات آندوسپرم در صفات مربوطه مورد ارزیابی قرار گرفت. هدف از اصلاح برنج از نظر درجه حرارت ژلاتینه شدن، دستیابی به ارقامی است با درجه حرارت ژلاتینه شدن متوسط که دارای کیفیت پخت مناسبی باشند. در تلاقی مستقیم و معکوس گرده و سنگ طارم حد متوسط درجه حرارت ژلاتینه شدن که از اهداف اصلاحی محسوب می شود، حاصل شد و با انجام تلاقی بین درجه حرارت ژلاتینه شدن متوسط و پایین در حالت مستقیم و معکوس دسترسی به این هدف سریع تر شد، بنابراین می توان این صفت مطلوب را در نسل های اولیه انتخاب کرد. در بذرهای نسل F_2 و BC_2 در تلاقی گرده/سنگ طارم در هر دو حالت مستقیم و معکوس تفکیک متجاوز برای صفت درجه حرارت ژلاتینه شدن نسبت به هر دو والد

ژلاتینه شدن نسل F_1 نمره $4/8$ را نشان داد که در حقیقت جا به جایی والدین باعث تغییر درجه حرارت ژلاتینه شدن و معنی دار شدن دومین دُز ژن شد، یعنی دومین دُز ژن از گرده (والد مادری)، با اولین دُز ژن از سنگ طارم (والد پدری) تفاوت معنی داری را نشان داد. همچنین سومین دُز ژن توانست تفاوت معنی داری را با دومین دُز ژن نشان دهد.

با توجه به توضیحاتی که در بالا داده شد به دلیل عدم تنوع در تلاقی مستقیم و معکوس در تلاقی دورقم با درجه حرارت پایین (IR_{229} و $IRRI_2$) در کلیه نسل ها و F_1 ، هیچ تفاوت معنی داری بین صفر، اولین، دومین و سومین دُز ژن مشاهده نشد (جدول ۵).

تلاقی بین رقم با میزان آمیلوز متوسط (سنگ طارم) و رقم با میزان آمیلوز پایین (گرده)، تأثیر اولین دُز ژن در F_1 توانست تفاوت معنی داری حدود $23/97\%$ با صفر دُز ژن (گرده به عنوان والد مادری) نسبت به والد دارای آمیلوز پایین داشته باشد. دومین دُز ژن کاهش معنی داری حدود $12/78\%$ را داشت ولی سومین دُز ژن اختلاف معنی داری نسبت به دومین دُز ژن نداشت.

در تلاقی بین رقم با میزان آمیلوز بالا ($IRRI_2$) و رقم با میزان آمیلوز بالا (IR_{229}) تأثیر اولین دُز ژن در F_1 تفاوت معنی داری حدود $5/17\%$ با صفر دُز ژن ($IRRI_2$) به عنوان والد مادری) نسبت به والد دارای آمیلوز متوسط داشت. دومین و سومین دُز ژن نیز افزایش

جدول ۵- تغییر میزان صفات درجه حرارت ژلاتینه شدن و میزان آمیلوز دانه های برنج ناشی از هر دُز ژن

Table 5. Variations of gelatinization temperature and amylose content of rice kernels due to each gene dosage

صفت Character	تلاقی Cross	صفر دُز Zero dosage (aaa)	اولین دُز First dosage (Aaa)	دومین دُز Second dosage (AAa)	سومین دُز Third dosage (AAA)
Gelatinization temperature	ST/G	54.1	6.55(ns)	18.03(*)	21.31(**)
	IR229/IRRI2	90.0	2.86(ns)	4.28(ns)	2.86(ns)
Amylose content	ST/G	86.98	23.97(**)	-12.78(**)	1.83(ns)
	IR229/IRRI2	91.49	5.17(**)	10.52(**)	-7.18(**)

* و **: معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد. ns: غیر معنی دار.

* and **: Significant at 5% and 1% levels. ns: Not significant.

میزان آمیلوز در ارقام مختلف برنج تا میزان ۶٪ تحت عوامل محیطی تغییر می یابد. (Juliano, 1972). نتایج به دست آمده از نسل F₂ در تلاقی های مستقیم و معکوس بین والدین دارای آمیلوز متوسط و پایین و بین والدین دارای آمیلوز متوسط و بالا نشان داد که میزان آمیلوز بالا روی آمیلوز متوسط و پایین غالب است، بنابراین یک ژن بزرگ اثر اصلی مسئول اختلافات میزان آمیلوز بین والدین است. فقدان منحنی با دو کلاس مجزا احتمالاً به دلیل اختلاف ناچیز بین والدین و نسل F₁ بوده است. تفکیک متجاوز مشاهده شده دلیل حضور یک ژن اصلی همراه ژن های تغییر دهنده است. به عبارت دیگر میزان آمیلوز بالاتر یا پایین تر از والدین در نسل های F₂ و BC ها نقش ژن های تغییر دهنده را نشان می دهد (Khush et al., 1979). تحقیقات انجام شده نشان داده که ژن های کنترل کننده آمیلوز بالا

مشاهده شده ولی در BC₁ تمایل بیشتر به سمت والد اول بود. کومار و کوش (Kumar and Khush, 1986) تفکیک متجاوز را در نتیجه عمل پلی ژن های کوچک یا تغییر دهنده ها روی اثر دُز ژن دانستند. برخی از محققین نحوه وراثت پذیری درجه حرارت ژلاتینه شدن را به صورت منوژنیک و برخی دیگر به صورت پلی ژنتیک اعلام کردند (Anonymous, 1976; Heu and Choe, 1973; Puri and Siddiq, 1980). جمعیت F₂ از نظر الگوی تفکیک و ایجاد تفکیک متجاوز، کاملاً وابسته به ارزش والدین از لحاظ صفات مورد نظر بود. در تلاقی بین والدین با میزان آمیلوزهای مختلف اهداف اصلاحی روی میزان آمیلوز متوسط (۲۴-۲۰٪) متمرکز می شود. در تحقیق حاضر تمامی بذرها در نسل های مختلف بر اساس تجزیه بر مبنای سیستم تک دانه و در فصل زراعی یکسان ارزیابی شدند.

برخی محققین دیگر میزان آمیلوز را تحت کنترل پلی ژنیک می دانستند (Chauhan and Nanda, 1983) بدین ترتیب بر اساس نتایج به دست آمده به جز در تلاقی آمیلوز پایین و متوسط که در نسل های اولیه می توان به آمیلوز متوسط دست یافت در باقی موارد انتخاب به طور موثر می تواند در نسل های تفکیک بالاتر انجام شود.

روی ژن های مسئول میزان آمیلوز پایین غالبیت کامل دارند (Bollich and Webb, 1973)؛ محققین (Seetharaman, 1959) به این نتیجه رسیدند که میزان آمیلوز پایین تحت کنترل یک ژن اصلی همراه با ژن های تغییر دهنده است (Bollich and Webb, 1973)؛ (Ghosh and Govindswamy, 1972)؛ (Mckenzie and Rutger, 1983)؛ (Stansel, 1965)؛ (Seetharaman, 1959)

References

- Anonymous 1976.** Annual Report for 1976. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
- Bollich, C. N., and Webb, B. D. 1973.** Inheritance of amylose in two hybrid populations of rice. *Cereal Chemistry* 50: 631-636.
- Chauhan, J. S., and Nanda, J. S. 1983.** Inheritance of amylose content and its association with grain yield and yield contributing characters in rice. *Oryza* (Cuttack, India) 20: 82-85.
- Ghosh, A. K., and Govindswamy, S. 1972.** Inheritance of starch iodine blue value and alkali digestion value in rice and their genetic association. *Riso* 21:123-132.
- Golam Faruq, M., Hadjim, O., and Meisner, C. A. 2004.** Inheritance of gelatinization temperature in rice. *International Journal of Agricultural Biology* 5: 810-812.
- Heda, D. G., and Reddy, G. M. 1986.** Studies on the inheritance of amylase content and gelatinization temperature in rice (*Oryza sativa* L.). *Genetic Agriculture* 40: 1-8.
- Heidelberg, V., and Li, S.G. 1999.** Genetic analysis of rice grain quality. *Genetics* 98: 502-508.
- Heu, M. H., and Choe, Z. R. 1973.** Inheritance of alkali digestibility of rice grain the indica × Japonica cross. *Korean Journal of Breeding* 56: 32-36 .
- Jennings, P.R., Coffman, W. R., and Kauffman, H. E. 1979.** Grain Quality and Rice

- Improvement. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
- Juliano, B. O. 1971.** A simplified assay for milled-rice amylase. *Cereal Science Today* 16: 334-339.
- Juliano, B. O. 1972.** The rice cariopsis and its composition. pp.16-174. In: Houston, D. E. (ed.) *Rice Chemistry and Technology*. American Society of Cereal Chemistry, Inc., St. Paul, Minnesota, USA.
- Kumar, I., and Khush, G. S. 1986.** Gene dosage effects of amylase content in rice endosperm. *Japanese Journal of Genetics* 61: 559-568.
- Kumar, I., and Khush, G. S. 1988.** Inheritance of amylase content in rice. *Euphytica* 38: 261-269.
- Kumar, I., and Khush, G. S. 1987.** Genetic analysis of different amylase levels in rice. *Crop Science* 27: 1167-1172.
- Khush, G. S., Paulo, C. M., and Delacruz, N. M. 1979.** Rice Grain Quality Evaluation and Improvement at IRRI. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
- Little, R. R., Hilder, G. B., and Dawson, E. H. 1958.** Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. *Cereal Chemistry* 35:111-126.
- Mckenzie, K. S., and Rutger, J. N. 1983.** Genetics of amylose content, alkali spreading scores and grain dimensions in rice. *Crop Science* 23: 306-313
- Puri, R. P., and Siddiq, E. A. 1980.** Inheritance of gelatinization temperature rice. *Indian Journal of Genetics* 40: 450-455.
- Seetharaman, R. 1959.** The inheritance of iodine value in rice and its association with other characters. Ph.D. dissertation. Louisiana State University, Baton Rouge, USA.
- Stansel, J. W. 1965.** The influence of heredity and environment on endosperm characteristics of rice (*Oryza sativa* L.). Ph.D. dissertation. Purdue University, West Lafayette, USA.
- Tan, Y. F., Li, J. X., Yu, S. B., Xing, Y. Z., and Xu, C. G. 1999.** The three important traits for cooking and eating quality of rice grains are controlled by a single locus in an elite rice hybrid, Shanyou 63. *Genetics* 99: 642-648.