مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۲۸، شماره ۳، سال ۱۳۹۱

اثر ژنتیکی برخی از صفات کیفیت تغذیه‌ای در برنج

Genetic Effects of some Nutrient Quality Traits in Rice

پیمان شریفی[۱] و علیرضا اسلامی[۲]

۱- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، رشت
۲- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت، گروه باغبانی، رشت

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۴/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۲۷

چکیده

شریفی، پ. و اسلامی، ع. ۱۳۹۱. اثر ژنتیکی برخی از صفات کیفیت تغذیه‌ای در برنج. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۲۸:** ۴۶۱ - ۴۴۵.

هفت رقم برنج به نام‌های حسنی، دیلمانی، سپیدرود، شاه‌پسند، صالح، ندا، IRFAON215 و بذرهای حاصل از تلاقی نیمه دای‌آلل آن‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۸ کاشته شدند. صفات میزان پروتئین و مقدار عناصر فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز در بذرهای حاصل از آن‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده وجود تفاوت‌های معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها برای تمام صفات مورد مطالعه بود. ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای تمام صفات معنی‌دار بود. پایین بودن نسبت ژنتیکی و نسبت پایین اثر ترکیب‌پذیری عمومی به اثر ترکیب‌پذیری خصوصی نشان‌دهنده سهم بیشتر اثر غیرافزایشی ژن‌ها در مقایسه با اثر افزایشی در کنترل تمام صفات بود. وراثت‌پذیری عمومی برای صفات میزان پروتئین و مقدار عناصر پتاسیم، آهن، روی و منگنز بالا برآورد شد. ارقام بومی حسنی، دیلمانی و شاه‌پسند مقادیر بالایی از پروتئین و مقدار عناصر پتاسیم، فسفر، آهن و روی داشتند و از ترکیب‌پذیری عمومی بالایی نیز برخوردار بودند، بنابراین می‌توان از آن‌ها به عنوان مواد اصلاحی مناسب برای دستیابی به ارقامی با میزان بالای این صفات استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: برنج، تجزیه دی‌آلل، ترکیب‌پذیری عمومی، ترکیب‌پذیری خصوصی، پروتئین، عناصر ریزمغذی.

نویسنده مسئول: sharifi@iaurasht.ac.ir **تلفن: ۰۹۱۱۲۸۲۹۱۹۷**

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) پس از گندم مهم‌ترین غله است و تولید آن بخش قابل توجهی از برنامه تأمین غذایی و خودکفایی را شامل می‌شود (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 است (Dela and Khush, 2000). کیفیت دانه در برنج ویژگی پیچیده‌ای است و شامل کیفیت تبدیل، کیفیت ظاهری دانه، کیفیت پخت، کیفیت تغذیه‌ای و کیفیت خوراک است (Traore, 2005). نشاسته تقریباً ۹۰٪ از وزن خشک برنج سفید را تشکیل می‌دهد و صفاتی مانند کیفیت پخت و خوراک برنج عمدتاً توسط اجزای نشاسته تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Bao *et al.*, 2004؛ Lu *et al.*, 2008؛ Gregoria *et al.*, 2000).

در بین گرانول‌های نشاسته که شامل آمیلوز و آمیلوپکتین هستند، مقادیر کمی اجزای متنوع مانند پروتئین‌ها، چربی‌ها و قندهای پنج کربنی نیز وجود دارند، که صفات مرتبط با کیفیت تغذیه‌ای را فراهم می‌آورند (Lineback *et al.*, 1986). پروتئین پس از نشاسته عمده‌ترین جزء تشکیل‌دهنده دانه برنج است و محتویات آن در ارقام مختلف دارای تفاوت بوده و از ۵ تا ۱۵/۴ درصد در برنج سفید متغیر گزارش شده است. علاوه بر پروتئین، مقادیر مختلفی از عناصر معدنی مانند پتاسیم (K)، مس (Cu)، آهن (Fe)، مولیبدن (Mo)، منگنز (Mn)، سدیم (Na)، روی (Zn)، منیزیوم (Mg)، کلسیم (Ca) و فسفر (P) که از عناصر ضروری بدن انسان هستند و وظایف مهمی را بر عهده دارند نیز در ارقام مختلف برنج وجود دارد (Zhang *et al.*, 2005a). متوسط میزان پتاسیم، منگنز و مس در ارقام Indica به طور معنی‌داری نسبت به ارقام Japonica کمتر است و حال آن‌که برای سایر عناصر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (Jiang *et al.*, 2008). تعدادی از محققین ارتباط بین محتوی عناصر معدنی و کیفیت پخت را مورد مطالعه قرار داده‌اند و همبستگی مثبت معنی‌دار بین قوام ژل و محتوی عناصر K، Cu و Mn و همچنین میزان آمیلوز و محتوی عناصر K، Na، Mg، Cu و Mn در دانه‌های برنج را گزارش کرده‌اند (Zhang *et al.*, 2005a؛ Jiang *et al.*, 2008؛ Zeng *et al.*, 2005). آناندان و همکاران (Anandan *et al.*, 2011) و گراهام و همکاران (Graham *et al.*, 1999) نیز رابطه مثبت و معنی‌دار بین محتوی عناصر Fe، Zn، Mn و Cu را با کیفیت پخت نشان دادند.

اصلاح ارقام با کیفیت مطلوب یکی از اهداف عمده در پروژه‌های به‌نژادی محسوب می‌شود که به اطلاعات جامعی از ساختار ژنتیکی والدین مورد تلاقی و همچنین ترکیب‌پذیری آن‌ها نیاز دارد. دستیابی به چنین اطلاعاتی از طریق روش‌های ژنتیک کمی مانند تلاقی‌های دای‌آلل، تجزیه میانگین نسل‌ها

Archive of SID

www.SID.ir

و سایر روش‌های ژنتیک کمی امکان‌پذیر است. اطلاع از میزان اجزای ژنتیکی و ترکیب‌پذیری یکی از پیش‌نیازهای اصلی برای به‌کارگیری ارقام در پروژه‌های بهره‌گیری از هتروزیس و یا استفاده از آن‌ها در برنامه‌های گزینش به شمار می‌رود (Griffing, 1956a, b). مطالعاتی در ارتباط با درک چگونگی توارث صفات مختلف برنج با استفاده از مطالعات ژنتیک کمّی انجام شده است. در این راستا در تحقیقی شریفی و همکاران (Sharifi *et al.*, 2010a) به مطالعه نحوه توارث تعدادی از صفات مورفولوژیک در برنج پرداختند و به نقش اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی شاخص برداشت و سهم اثر افزایشی و غیرافزایشی در کنترل عملکرد دانه اشاره کردند. در ارتباط با بررسی ژنتیکی صفات مرتبط با کیفیت پخت در مطالعه‌ای نشان داده شد که در کنترل ژنتیکی میزان آمیلوز و قوام ژل اثر افزایشی و غالبیت نقش دارند (Sharifi *et al.*, 2010b). کیانی و همکاران (Kiani *et al.*, 2009) در مطالعه‌ای نشان دادند که صفات میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن توسط یک ژن اصلی به همراه چندین ژن تغییردهنده کنترل می‌شوند. گزارش‌های محدودی در ارتباط با کنترل ژنتیکی صفات مرتبط با کیفیت تغذیه‌ای برنج وجود دارد. وون و همکاران (Won *et al.*, 2002) در بررسی اثر ژنتیکی میزان پروتئین، نقش مهم‌تر اثر غالبیت را در کنترل این صفت در مقایسه با اثر افزایشی گزارش کردند. شی و همکاران (Shi *et al.*, 1999a) نشان دادند که در کنترل ژنتیکی میزان پروتئین اثر ژنتیکی اصلی و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نقش دارند. ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2005a؛ Zhang *et al.*, 2004) با استفاده از تلاقی دای‌آلل وجود اثر مادری و سیتوپلاسمی را در کنترل ژنتیکی عناصر معدنی Fe، Zn، Mn و P ملاحظه کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نیز نشان داد که وراثت‌پذیری خصوصی برای صفات Fe، Zn، Mn و P بالا بود.

با توجه به این که شناخت ساختار ژنتیکی ارقام مورد تلاقی برای موفقیت یک پروژه به‌نژادی حایز اهمیت است، هدف از تحقیق حاضر، تعیین چگونگی عمل ژن‌ها در کنترل ژنتیکی صفات و برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای والدین و هیبریدهای حاصل از تلاقی آن‌ها بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق ۲۸ ژنوتیپ برنج شامل والدین و F1 حاصل از تلاقی یک‌جانبه آن‌ها به صورت دای‌آلل بود. ارقام والدینی شامل سه رقم بومی (حسنی، شاه‌پسند و دیلمانی)، سه رقم اصلاح شده (سپیدرود، ندا و صالح) و یک رقم خارجی (IRFAON215) بودند که در سال ۱۳۸۷ در مزرعه آزمایشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت)، با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و

Archive of SID

www.SID.ir

۱۶ دقیقه شمالی با ارتفاع ۷ متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد و بافت خاک سیلتی رسی با pH = ۶/۵ کاشته و به صورت طرح نیمه دای‌آلل با یک‌دیگر تلاقی داده شدند. در سال ۱۳۸۸ بذر ۲۱ هیبرید حاصل از تلاقی نیمه دای‌آلل به همراه هفت والد آن‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در کرت‌هایی به طول ۵ و عرض ۱ متر با فواصل ۲۵×۲۵ سانتی‌متر بین بوته‌ها در سه تکرار کاشته شدند. هر ژنوتیپ در چهار ردیف کاشته شد و در ارزیابی‌ها از دو ردیف میانی استفاده شد. نمونه‌های بذر حاصل از ۲۸ ژنوتیپ در آزمایشگاه پس از پوست‌کنی، تبدیل به برنج سفید و سپس آرد شدند. پس از استحصال آرد برنج، میزان پروتئین و محتوی عناصر معدنی آهن، پتاسیم، منگنز، روی و فسفر در آن‌ها اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری میزان پروتئین ابتدا از روش کجلدال میزان نیتروژن برآورد شد (Anonymous, 1992) و سپس از ضرب مقدار نیتروژن در ضریب ۵/۹۵ مقدار پروتئین مشخص شد (Shi *et al.*, 1999b). برای اندازه‌گیری فسفر از دستگاه اسپکتروفتومتر و به روش کالیمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات در طول موج ۴۷۰ نانومتر) بعد از هضم نمونه‌ها استفاده شد (Huang, 1995). برای اندازه‌گیری محتوی عناصر پتاسیم، آهن، منگنز و روی از دستگاه جذب اتمی استفاده شد (Anonymous, 2000). عصاره‌گیری از نمونه‌ها به روش هضم تر انجام و پس از کالیبراسیون دستگاه جذب اتمی به کمک محلول‌های استاندارد، مقدار نمونه‌ها توسط دستگاه قرائت شد (Huang, 1995).

تجزیه دای‌آلل با روش اول گریفینگ (Griffing, 1956a) با استفاده از برنامه DIALLEL-SAS (Zhang *et al.*, 2005b) انجام شد. مجموع مربعات ژنوتیپ‌ها به اجزای ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) تفکیک شدند و معنی‌دار بودن آن‌ها مورد آزمون قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای تمام صفات بود، از این رو تجزیه داده‌ها به روش گریفینگ در مورد آن‌ها انجام شد (جدول ۱). معنی‌دار بودن میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها همچنین نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود. نتایج تجزیه واریانس به روش گریفینگ حاکی از معنی‌دار بودن اثر ترکیب‌پذیری عمومی و ترکیب‌پذیری خصوصی برای هر شش صفت مورد مطالعه بود.

درصد پروتئین: مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها و هیبریدهای حاصل از تلاقی آن‌ها نشان داد که دو رقم شاه‌پسند و سپیدرود به ترتیب بیشترین (۸/۳ درصد) و کمترین (۵/۵۴ درصد) میزان پروتئین را بین ارقام والدینی دارا بودند. با توجه به مقدار کمترین اختلاف معنی‌دار

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مرتبط با کیفیت تغذیه‌ای برنج در تلاقی نیمه‌دای آلل ۷×۷

Table 1. Analysis of variance for a 7× 7 partial diallel of rice nutrient quality traits

			میانگین مربعات MS					
S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	پروتئین Protein	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn
Replication	تکرار	2	0.176^{ns}	0.0024^{ns}	0.0001^{ns}	0.001^{ns}	27.19^{ns}	0.03^{ns}
Genotype	ژنوتیپ	27	2.208^{**}	0.0075^{*}	0.0008^{**}	4.551^{**}	33.22^{**}	2.15^{**}
GCA	ترکیب‌پذیری عمومی	6	2.980^{**}	0.0147^{**}	0.0009^{**}	2.088^{**}	38.04^{**}	3.98^{**}
SCA	ترکیب‌پذیری خصوصی	21	1.210^{**}	0.0083^{*}	0.0006^{**}	4.149^{**}	25.91^{**}	1.84^{**}
Error	خطا	54	0.132	0.0036	0.0001	0.241	6.86	0.17
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)		5.05	10.60	6.43	24.13	41.89	26.85

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, repectively.

Archive of SID

www.SID.ir

(LSD)، تفاوت دو رقم والدینی فوق معنی‌دار بود (جدول ۲). در بین نتاج، تلاقی‌های ندا × IRFAON215 و شاه‌پسند × حسنی به ترتیب با ۵/۲۷ و ۹/۱۱ درصد در دو انتها از نظر این صفت قرار داشتند که اختلاف معنی‌داری را با یک‌دیگر داشتند (جدول ۲). این مقدار پروتئین مطابق با سایر تحقیقات است که در آن‌ها میزان پروتئین در برنج سفید حدود ۱۰-۵٪ گزارش شده است (Won *et al.*, 2002؛ Oko and Onyekwere, 2010).

جدول ۲- میانگین تعدادی از صفات کیفیت تغذیه‌ای برنج در هفت والد و تلاقی‌های حاصل از آن‌ها
Table 2. Average performance of some nutrient quality traits in seven parents and their crosses in rice

Genotype	ژنوتیپ	پروتئین Protein (%)	فسفر P (%)	پتاسیم K (%)	آهن Fe (mg kg^{-1})	روی Zn (mg kg^{-1})	منگنز Mn (mg kg^{-1})
Shahpasand (SH)	**شاه‌پسند (ش)**	**8.30**	**0.45**	**0.13**	**1.65**	**12.7**	**1.95**
SH × H	ش × ح	9.11	0.54	0.18	1.25	10.75	1.67
Hassani (H)	**حسنی (ح)**	**7.61**	**0.53**	**0.18**	**1.35**	**7.25**	**3.13**
SH × SP	ش × س	8.03	0.44	0.14	1.30	4.00	1.71
H × SP	ح × س	7.80	0.42	0.15	1.20	2.55	0.30
Sepidroud (SP)	**سپیدرود (س)**	**5.54**	**0.55**	**0.14**	**1.30**	**0.58**	**3.10**
SH × N	ش × ن	5.79	0.52	0.14	1.40	2.62	2.15
H × N	ح × ن	7.38	0.40	0.14	1.30	3.55	2.15
SP × N	س × ن	8.27	0.35	0.18	1.35	2.45	3.40
Neda (N)	**ندا (ن)**	**7.99**	**0.52**	**0.14**	**5.85**	**0.88**	**1.85**
SH × D	ش× د	7.90	0.66	0.17	1.80	7.00	1.90
H × D	ح× د	8.47	0.46	0.17	1.25	9.50	1.45
SP × D	س× د	7.38	0.50	0.18	1.42	10.00	0.12
N × D	ن × د	7.38	0.48	0.13	1.58	10.50	3.03
Deilamani (d)	**دیلمانی (د)**	**8.15**	**0.49**	**0.16**	**2.63**	**4.90**	**0.67**
SH × SA	ش × ص	8.06	0.46	0.14	1.65	7.50	1.61
H × SA	ح × ص	8.08	0.47	0.17	1.50	17.00	0.13
SP × SA	س × ص	7.29	0.51	0.15	1.95	6.60	1.45
N × SA	ن × ص	6.43	0.44	0.14	2.40	1.13	1.34
D × SA	د × ص	7.61	0.41	0.16	3.00	7.60	0.25
Saleh (SA)	**صالح (ص)**	**7.40**	**0.48**	**0.17**	**1.10**	**10.50**	**0.72**
SH × IR	ش× IR	6.03	0.54	0.16	1.55	3.90	0.13
H × IR	ح × IR	6.06	0.55	0.20	1.15	7.90	0.39
SP × IR	س × IR	5.83	0.47	0.13	4.10	10.30	2.45
N × IR	ن × IR	5.27	0.47	0.18	1.75	2.35	3.05
D × IR	د × IR	6.00	0.51	0.17	3.75	5.00	0.47
SA × IR	ص × IR	6.43	0.41	0.16	1.35	2.60	2.15
IRFAON215	**IR**	**6.02**	**0.47**	**0.20**	**1.35**	**3.50**	**0.80**
Mean	میانگین	7.20	0.48	0.16	2.03	6.25	1.55
LSD5%		0.58	0.08	0.016	0.79	4.19	0.67
LSD1%		0.77	0.11	0.021	1.03	5.52	0.88

LSD: Least Significant Difference — LSD: کمترین اختلاف معنی‌دار

Archive of SID

www.SID.ir

تجزیه دای‌آلل به روش گریفینگ (جدول ۳) موید نقش اثر غیر افزایشی در کنترل ژنتیکی میزان پروتئین بود. با توجه به کوچک بودن نسبت اثر GCA به اثر SCA و همچنین نزدیکی نسبت ژنتیکی به صفر نقش بیشتر اثر غالبیت ژن‌ها در کنترل ژنتیکی این صفت آشکار شد. این نتیجه در تطابق با گزارش وون و همکاران (Won *et al.*, 2002) است که در بررسی اثر ژنتیکی میزان پروتئین نقش مهم‌تر اثر غالبیت را در کنترل این صفت در مقایسه با اثر افزایشی گزارش کردند. همچنین شی و همکاران (Shi *et al.*, 1999a) نیز اثر ژنتیکی اصلی و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را برای میزان پروتئین مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که در کنترل ژنتیکی میزان پروتئین اثر ژنتیکی اصلی و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نقش دارند. الکدی و الحیسیوی (El-Kady and El-Hissewy, 1999) در تحقیقی اثر دو جزء واریانس ژنتیکی افزایشی و غیرافزایشی را در توارث صفت میزان پروتئین خاطر نشان کردند. در تحقیق حاضر، مقدار متوسط وراثت‌پذیری خصوصی (۰/۶۰) موید نقش بیشتر اثر غالبیت ژن‌ها در کنترل این صفت بود. وراثت‌پذیری عمومی برای این صفت بالا (۰/۸۶) برآورد شد.

نتایج برآورد ترکیب‌پذیری عمومی در جدول ۴ ارائه شده است. ترکیب‌پذیری عمومی برای تمام والدین به جزء رقم صالح معنی‌دار بود. بیشترین GCA مثبت و معنی‌دار متعلق به والد حسنی (۰/۷۰) بود که نشان می‌دهد این والد مقدار پروتئین را، که اغلب در پروژه‌های به‌نژادی صفت مطلوبی محسوب می‌شود، به نتاج خود منتقل خواهد کرد. از طرف دیگر بیشترین GCA منفی و معنی‌دار مربوط به والد IRFAON-215 (۱/۰۳-) بود.

نتایج بررسی ترکیب‌پذیری خصوصی هیبریدها (جدول ۵) حاکی از معنی‌دار بودن SCA در تعدادی از هیبریدها بود، که بیشترین SCA مثبت و معنی‌دار (۳/۷۳) مربوط به تلاقی‌های سپیدرود × IRFAON-215 بود. برای استفاده از والدین موردمطالعه در تحقیق حاضر با توجه به میزان بالای پروتئین در سه رقم بومی شاه‌پسند، دیلمانی و حسنی و همچنین معنی‌دار بودن ترکیب پذیری عمومی در این سه رقم، امکان استفاده از سه والد فوق در برنامه‌های به‌نژادی مبتنی بر انتخاب وجود دارد. البته با وجود این‌که در رقم حسنی میزان پروتئین در مقایسه با دو رقم دیگر پایین‌تر است، میزان بالای ترکیب‌پذیری عمومی برای این والد سبب اهمیت بیشتر این والد در برنامه‌های به‌نژادی می‌شود. از تلاقی شاه‌پسند × حسنی می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی برای دستیابی به ارقام هیبرید با میزان بالای پروتئین استفاده کرد.

فسفر: تجزیه دای‌آلل به روش گریفینگ برای مقدار محتوی فسفر نشان‌دهنده معنی‌دار شدن اثر GCA و SCA بود (جدول ۱). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان داد که ژنوتیپ‌های سپیدرود و IRFAON215 به ترتیب با متوسط ۰/۵۵ و ۰/۴۷ درصد بیشترین

Archive of SID

www.SID.ir

"مجله به‌نژادی نهال و بذر" جلد ۱-۲۸، شماره ۳، سال ۱۳۹۱

جدول ۳- برآورد پارامترهای ژنتیکی برای تعدادی از صفات کیفیت تغذیه‌ای برنج

Table 3. Estimates of genetic parameters for some of nutrient quality traits in rice

Genetic parameters	پارامترهای ژنتیکی	پروتئین Protein (%)	فسفر P (%)	پتاسیم K (%)	آهن Fe (mg kg^{-1})	روی Zn (mg kg^{-1})	منگنز Mn (mg kg^{-1})
GCA effect (MS_{GCA})	اثر ترکیب‌پذیری عمومی	0.1000	0.0004 ^{ns}	0.00002 ^{ns}	0.100 ^{ns}	0.674**	0.119 ^{ns}
SCA effect (MS_{SCA})	اثر ترکیب‌پذیری خصوصی	0.5400**	0.0023**	0.00020**	1.945**	9.523**	0.831**
Genetic ratio $(\frac{2MS_{GCA}}{2MS_{GCA} + MS_{SCA}})$	نسبت ژنتیکی	0.2703	0.2581	0.19350	0.092	0.124	0.222
Broad-sense heritability (h_b^2)	وراثت‌پذیری عمومی	0.9500	0.6300	0.87000	0.940	0.810	0.940
Narrow-sense Heritability (h_n^2)	وراثت‌پذیری خصوصی	0.6000	0.1600	0.36000	0.210	0.310	0.340
MS_{GCA} / MS_{SCA}	نسبت اثر ترکیب‌پذیری عمومی به اثر ترکیب‌پذیری خصوصی	0.1852	0.1739	0.12000	0.051	0.070	0.143

ns و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

ns and **: Not significant and significant at 1% level of probability, repectively.

Archive of SID

www.SID.ir

و کمتـرین میـزان عنـصر فـسفر را در بـین ژنوتیپ‌های مطالعه شده دارا بودند (جدول ۲). بیـشترین و کمتـرین میـزان عنـصر فـسفر در هیبریـدهای حاصـل بـه ترتیـب در تلاقـی‌هـای شاه‌پسند × دیلمـانی (۰/۶۶) و سـپیدرود × نـدا (۰/۳۵) مشاهده شد که از نظر آماری در سـطح احتمـال ۱٪، بـا یـک‌دیگـر اخـتلاف معنـی‌دار داشتند.

از نتایج برآورد پارامترهای ژنتیکی می‌توان چنین استنباط کرد که با توجـه بـه پـایین بـودن نسبت ژنتیکی و نسبت پایین اثر ترکیب‌پـذیری عمومی به اثر ترکیب‌پذیری خصوصی (۰/۳۲)، سـهم اثـر غیرافزایـشی ژن‌هـا در مقایـسه بـا اثـر افزایشی در کنتـرل ایـن صـفت در مـواد مـورد مطالعـه بیـشتر بـود (جـدول ۳). میـزان پـایین وراثت‌پذیری خصوصی (۰/۱۶) نیز موید نقـش بیـشتر عمـل غیرافزایـشی ژن‌هـا در کنتـرل ایـن صـفت اسـت، بنـابراین از روش‌هـای بـه‌نـژادی مبتنـی بـر هیبریـد و هتـروزیس مـی‌تـوان بـرای بهبود صفت اخیر استفاده کرد. البته در صورت استفاده از روش‌هـای مبتنـی بـر عمـل افزایـشی ژن‌ها، می‌توان ارقام شـاه‌پسند و دیلمـانی را بـا میزان بالای ترکیب‌پذیری عمـومی (بـه ترتیـب برابر با ۰/۰۶۷ و ۰/۰۳۹) به کـار بـرد تـا مقـدار بالای عنصر فسفر را به نتاج خـود انتقـال دهنـد (جدول ۴).

بـــرآورد مقـــادیر ترکیـــب‌پـــذیری خـــصوصی (جـــدول ۵) نـــشان داد کـــه بیشترین SCA مثبت و معنی‌دار متعلق به تلاقـی شاه‌پسند × IRFAON215 (۰/۳۴) بود. تلاقـی شاه‌پسند × دیلمانی با توجـه بـه بیـشترین میـزان عنـصر فـسفر (۰/۶۶) و میـزان SCA مثبـت معنـی‌دار (۰/۰۸۴) مـی‌توانـد بـه عنـوان یـک هیبریـد مناسـب در پـروژه‌هـای تولیـد هیبریـد استفاده شود.

پتاسیم: نتـایج تجزیـه دای‌آلـل بـرای میـزان عنصر پتاسیم نـشان داد کـه اثـر GCA و SCA معنی‌دار بودند (جدول ۱). در جدول ۲ مقایـسه میانگین‌هـای ژنوتیـپ‌هـا و هیبریـدهای حاصـله نشان داد که میزان پتاسیم در ارقام مورد مطالعه دارای دامنـه‌ای از ۰/۱۳ در رقـم شـاه‌پـسند تـا ۰/۲۰ در تلاقی حسنی × IRFAON215 و رقم IRFAON215 بـود. سـایر هیبریـدها از نظـر میزان عنصر پتاسیم در بین ارقـام والـدینی واقـع بودند.

برآورد پارامترهای ژنتیکی نـشان داد کـه بـا توجه به پایین بودن نـسبت اثـر ترکیـب‌پـذیری عمومی به اثر ترکیب‌پذیری خـصوصی (۰/۱۲) و نـسبت ژنتیکـی پـایین در مقایـسه بـا یـک (۰/۱۹۳۵) نقش اثر غیر افزایـشی در مقایـسه بـا اثر افزایشی در کنترل ژنتیکی این صـفت بیـشتر بود (جدول ۳). میـزان وراثـت‌پـذیری عمـومی برآورد شده برای این صفت بالا (۰/۸۷) بـود و حـال آن‌کـه وراثـت‌پـذیری خـصوصی پـایین (۰/۳۶) برآورد شد.

برآورد ترکیب‌پذیری عمومی بـرای عنـصر پتاسیم (جدول ۴) نشان داد که والدین حسنی و IRFAON215 با میزان بالای ایـن عناصـر (بـه ترتیـب ۰/۱۸ و ۰/۲۰) دارای GCA معنـی‌دار و مثبـت بودنـد. نتـایج بـرآورد ترکیـب‌پـذیری

Archive of SID

www.SID.ir

"مجله به‌نژادی نهال و بذر" جلد ۱-۲۸، شماره ۳، سال ۱۳۹۱

جدول ۴- برآورد ترکیب پذیری عمومی صفات کیفیت تغذیه‌ای برنج برای والدین

Table 4. Estimates of general combining ability (GCA) of nutrient quality traits for parents

Parent	والد	پروتئین Protein (%)	فسفر P (%)	پتاسیم K (%)	آهن Fe (mg kg^{-1})	روی Zn (mg kg^{-1})	منگنز Mn (mg kg^{-1})
Shahpasand	شاه‌پسند	0.30**	0.067**	-0.006^{ns}	-0.278^{ns}	-0.655^{ns}	0.124^{ns}
Hassani	حسنی	0.70**	0.003^{ns}	0.012**	-0.538**	2.441**	-0.492**
Sepidroud	سپیدرود	0.24*	-0.028^{ns}	-0.006^{ns}	0.396**	-0.628^{ns}	0.176^{ns}
Neda	ندا	-0.57**	-0.033^{ns}	-0.009*	-0.113^{ns}	-3.290**	1.315**
Deilamani	دیلمانی	0.27*	0.039*	0.005^{ns}	0.691**	2.112*	-0.267*
Saleh	صالح	0.10^{ns}	-0.026^{ns}	-0.009*	0.302*	0.677^{ns}	-0.324*
IRFAON215		-1.03**	-0.019^{ns}	0.015**	-0.462**	-0.656^{ns}	0.531**

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, repectively.

Archive of SID

www.SID.ir

خصوصی بین تلاقی‌ها نشان داد که تعدادی از تلاقی‌ها دارای ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار بودند و تعدادی از آن‌ها نیز ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنی‌دار داشتند. از بین تلاقی‌ها، سه تلاقی حسنی × IRFAON215، سپیدرود × ندا و سپیدرود × دیلمانی دارای بیشترین میزان SCA مثبت و معنی‌دار بودند و با توجه به این‌که میزان این عنصر در این تلاقی‌ها بالا بود، می‌توان از آن‌ها به عنوان تلاقی‌های مناسب برای افزایش میزان عنصر پتاسیم استفاده کرد (جدول ۵).

آهن: اثر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای میزان عنصر آهن معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها و هیبریدهای حاصل (جدول ۲) نشان داد که میزان عنصر آهن در والدین و هیبریدهای حاصل از آن‌ها در دامنه‌ای از ۱/۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در رقم صالح تا ۵/۸۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در رقم ندا متغیر بود و از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪، با یک‌دیگر اختلاف معنی‌دار داشتند. متوسط میزان آهن در تمام تلاقی‌ها مابین دو حد فوق بود.

برآورد پارامترهای ژنتیکی در جدول ۳ ارائه شده است که حاکی از معنی‌دار بودن اثر SCA بود. مقدار پایین نسبت اثر GCA به SCA و نسبت ژنتیکی نشان می‌دهد که در کنترل ژنتیکی میزان عنصر آهن نیز اثر غیرافزایشی در مقایسه با اثر افزایشی نقش بیشتری دارند. وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی برای این صفت به ترتیب ۹۴ و ۲۱ درصد برآورد شد. با توجه به وراثت‌پذیری خصوصی پایین و سهم کمتر واریانس افزایشی ژن‌ها در کنترل میزان عنصر آهن، بازده گزینش برای این صفت پایین خواهد بود، اما با این وجود امکان استفاده از والدین با ترکیب‌پذیری عمومی بالا در برنامه‌های به‌نژادی مبتنی بر انتخاب وجود دارد.

نتایج برآورد ترکیب‌پذیری‌های عمومی و خصوصی نشان داد که والدین و هیبریدها از نظر مقدار ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی با همدیگر تفاوت دارند و میزان GCA برای ارقام حسنی، سپیدرود، دیلمانی، صالح و IRFAON215 معنی‌دار بود (جدول ۴). ارقام دیلمانی و IRFAON215 به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین میزان GCA را داشتند. اثر SCA برای تعدادی از ژنوتیپ‌ها معنی‌دار بود، بیشترین میزان SCA مثبت و معنی‌دار (۵/۸۷) مربوط به تلاقی سپیدرود × IRFAON215 بود (جدول ۵) که میزان عنصر آهن در آن برابر با ۴/۱۰ بود.

روی: نتایج تجزیه دای‌آلل به روش گریفینگ (جدول ۱) نشان داد که اثر GCA و SCA برای میزان عنصر روی معنی‌دار بودند. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها و هیبریدهای حاصل (جدول ۲) نشان داد که ارقام ندا و سپیدرود دارای کمترین میزان عنصر روی و ارقام شاه‌پسند، حسنی و صالح دارای بیشترین میزان این عناصر بودند. بیشترین میزان عنصر روی در مواد اصلاحی مورد مطالعه مربوط به تلاقی

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- برآورد ترکیب پذیری خصوصی صفات کیفیت تغذیه‌ای برنج برای تلاقی‌ها

Table 5. Estimates of specific combining ability (SCA) of rice nutrient quality traits for crosses

Genotype	ژنوتیپ	پروتئین Protein (%)	فسفر P (%)	پتاسیم K (%)	آهن Fe (mg kg^{-1})	روی Zn (mg kg^{-1})	منگنز Mn (mg kg^{-1})
SH × H	ش×ح	0.87**	0.001^{ns}	0.013^{ns}	0.342^{ns}	2.64^{ns}	0.614*
SH × SP	ش×س	0.26^{ns}	-0.074*	-0.009^{ns}	-0.542^{ns}	-1.22^{ns}	-0.014^{ns}
SH × N	ش×ن	-1.17**	0.016^{ns}	-0.001^{ns}	0.067^{ns}	0.05^{ns}	-0.713**
SH × D	ش×د	0.10^{ns}	0.084*	0.010^{ns}	-0.337^{ns}	-0.96^{ns}	0.619**
SH × SA	ش×ص	0.43^{ns}	-0.051^{ns}	-0.006^{ns}	-0.098^{ns}	0.97^{ns}	0.381^{ns}
SH × IR	ش× IR	-1.40**	0.340**	0.018^{ns}	-0.398^{ns}	-16.30**	-1.442**
H × SP	ح×س	-0.37^{ns}	-0.030^{ns}	-0.012^{ns}	0.382^{ns}	5.77**	-0.808**
H × N	ح×ن	0.03^{ns}	-0.040^{ns}	-0.024**	0.227^{ns}	-2.11^{ns}	-0.097^{ns}
H × D	ح×د	0.27^{ns}	-0.052^{ns}	-0.003^{ns}	0.628*	-1.56^{ns}	0.785**
N × SA	ح×ص	0.05^{ns}	0.023^{ns}	0.006^{ns}	0.012^{ns}	7.37**	-0.478^{ns}
H × IR	ح× IR	1.19**	-0.012^{ns}	0.027**	-0.478^{ns}	7.87**	-5.395**
SP × N	س×ن	1.37**	-0.059^{ns}	0.034**	0.657*	-0.14^{ns}	0.485^{ns}
SP × D	س×د	-0.36^{ns}	0.019^{ns}	0.020**	-1.391**	2.01^{ns}	-1.218**
SP × SA	س×ص	-0.29^{ns}	0.094*	0.004^{ns}	0.472^{ns}	0.04^{ns}	0.174^{ns}
SP × IR	س× IR	3.73**	-0.225**	-0.032**	5.874**	14.43**	-1.266**
N × D	ن×د	0.45^{ns}	0.004^{ns}	-0.022**	0.726*	5.17**	0.558*
N × SA	ن×ص	-0.33^{ns}	0.024^{ns}	-0.003^{ns}	0.487^{ns}	-2.77^{ns}	-1.075*
N × IR	ن× IR	-4.17**	-0.180**	0.019^{ns}	-12.103**	-2.11^{ns}	5.251**
D × SA	د×ص	0.01^{ns}	-0.078*	0.003^{ns}	0.283^{ns}	-1.70^{ns}	-0.583*
D × IR	د× IR	-1.22**	0.136**	0.011^{ns}	3.759**	8.70**	0.280^{ns}
SA × IR	ص× IR	0.19^{ns}	-0.139**	-0.061**	2.242*	-9.21**	1.694**

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, repectively.

ش: شاه‌پسند؛ ح: حسنی؛ س: سپیدرود؛ ن: نداء؛ د: دیلمانی؛ ص: صالح.

IR: IRFAON215; SH: Shahpasand; H: Hassani; SP: Sepidroud; N: Neda; D: Deilamani; SA: Saleh.

حسنی × صالح با میزان ۱۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بود.

نتایج تجزیه دای‌آلل به روش گریفینگ (جدول ۳) نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی بود که موید نقش اثر افزایشی و غیر افزایشی در کنترل ژنتیکی میزان عنصر روی بود، اما اثر غیرافزایشی با توجه به پایین بودن نسبت اثر GCA به اثر SCA و همچنین نزدیک بودن نسبت ژنتیکی به صفر نقش بیشتری را در کنترل ژنتیکی این صفت در مقایسه با اثر افزایشی داشت. میزان وراثت‌پذیری عمومی و

Archive of SID

www.SID.ir

خصوصی برای این صفت به ترتیب برابر با ۰/۸۱ و ۰/۳۱ برآورد شد.

برآورد ترکیب‌پذیری عمومی در جدول ۴ ارائه شده است. این نتایج حاکی از معنی‌دار بودن GCA برای ارقام حسنی و دیلمانی به صورت مثبت و ندا به صورت منفی بود. بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت مربوط به رقم حسنی با میزان بالای عنصر روی (۷/۲۵) بود. ترکیب‌پذیری خصوصی در تعدادی از تلاقی‌ها معنی‌دار بود (جدول ۵).

منگنز: تجزیه دای‌آلل به روش گریفینگ نشان داد که اثر GCA و SCA معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها و هیبریدهای حاصله نشان داد که والدین از نظر محتوی این عنصر دارای دامنه‌ای از ۰/۶۷ میلی‌گرم در کیلوگرم (دیلمانی) تا ۳/۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم (حسنی) متغیر بودند. در بین تلاقی‌ها نیز میزان این عنصر در هیبرید سپیدرود × دیلمانی ۰/۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و در هیبرید سپیدرود × ندا ۳/۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ با یک‌دیگر اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۲).

با توجه به این‌که نسبت اثر ترکیب‌پذیری عمومی به اثر ترکیب‌پذیری خصوصی پایین و نسبت ژنتیکی نیز برابر با ۰/۲۲۲۶ بود، در کنترل ژنتیکی میزان عنصر منگنز نقش عمل غیر افزایشی ژن‌ها نسبت به عمل افزایشی ژن‌ها بیشتر بود (جدول ۳). برآورد وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی برای این عنصر به ترتیب برابر با ۰/۹۴ و ۰/۳۴ بود. نتایج برآورد ترکیب‌پذیری عمومی به روش گریفینگ برای میزان عنصر منگنز نشان داد که اثر GCA برای تمام والدین به جزء شاه‌پسند و سپیدرود معنی‌دار بود. GCA مثبت و معنی‌دار فقط از آن رقم ندا بود (جدول ۴). ترکیب‌پذیری خصوصی در تعدادی از تلاقی‌ها معنی‌دار بود که بیشترین میزان آن مربوط به تلاقی ندا × IRFAON215 (۵/۲۵) بود (جدول ۵).

در مجموع، با توجه به مقدار پایین نسبت ژنتیکی و نزدیکی آن به صفر و همچنین نسبت پایین اثر ترکیب‌پذیری عمومی به اثر ترکیب‌پذیری خصوصی استنباط می‌شود که در تمام صفات مورد مطالعه نقش عمل غیرافزایشی ژن‌ها در مقایسه با عمل افزایشی ارجحیت دارد. در همین راستا در مطالعات انجام شده توسط سایر محققین، به نقش اثر افزایشی و غیرافزایشی در کنترل مقدار عناصر معدنی در برنج و اهمیت بیشتر اثر غیرافزایشی اشاره شده است (Shi *et al.*, 1999a,b؛ Zhang *et al.*, 2004؛ Zhang *et al.*, 2005a؛ Gregorio and Htut, 2002).

با توجه به ترکیب‌پذیری عمومی والدین می‌توان بهترین والد را برای اصلاح و پیشرفت ژنتیکی صفات مورد نظر انتخاب کرد (Roy, 2000). در مورد مقدار عنصر فسفر با توجه به مقدار بالای ترکیب‌پذیری عمومی در ارقام شاه‌پسند و دیلمانی می‌توان از این ارقام در پروژه‌های به‌نژادی برای بهبود میزان فسفر

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده کرد. برآورد ترکیب‌پذیری عمومی برای عنصر پتاسیم نشان داد که ارقام حسنی و IRFAON215 با میزان بالای این عنصر دارای GCA معنی‌دار و مثبت بودند و لذا امکان استفاده از این ارقام در پروژه‌های به‌نژادی مبتنی بر انتخاب وجود دارد. نتایج برآورد ترکیب‌پذیری‌های عمومی نشان داد که رقم دیلمانی دارای بیشترین میزان GCA معنی‌دار برای عنصر آهن است. در مورد میزان عنصر روی برآورد ترکیب‌پذیری عمومی نشان داد که GCA در ارقام حسنی و دیلمانی به صورت مثبت و معنی‌دار بود و بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت مربوط به رقم حسنی با میزان بالای عنصر روی بود، لذا امکان استفاده از این ارقام برای دستیابی به ارقامی با مقادیر بالایی از عنصر روی وجود دارد.

ترکیب‌پذیری خصوصی بالا که نتیجه غالبیت و یا اثر اپی‌ستاتیک بین والدین تلاقی است، می‌تواند به عنوان شاخصی برای تعیین کارایی یک تلاقی ویژه در کاربرد هتروزیس مورد استفاده قرار گیرد (Roy, 2000). در مطالعه حاضر هیچ‌کدام از تلاقی‌ها ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌دار برای تمام صفات مورد مطالعه نشان ندادند، بنابراین نمی‌توان یک تلاقی خاص را به عنوان یک تلاقی ایده‌ال در پروژه هیبرید برای تمام صفات در نظر گرفت.

نتیجه نهایی حاصل از تحقیق حاضر را می‌توان به این صورت بیان کرد که ارقام بومی حسنی، دیلمانی و تا حدودی شاه‌پسند دارای مقادیر بالایی پروتئین و محتوی عناصر پتاسیم، فسفر، آهن و روی هستند و ترکیب‌پذیری عمومی بالایی نیز دارند بنابراین می‌توان از آن‌ها به عنوان مواد به‌نژادی مناسب برای دستیابی به ارقامی با میزان بالای از این صفات در کنار برنامه‌های اصلاحی برای بهبود سایر صفات استفاده کرد.

سپاسگزاری

مقاله حاضر بخشی از نتایج به دست آمده از اجرای طرح پژوهشی به شماره ۸۹۵۰۹ است که با مساعدت باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت اجرا شد، بدینوسیله از تمام عزیزان مسئول تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Anandan, A., Rajiv, G., Eswaran, R., and Prakash, M. 2011. Genotypic variation and relationships between quality traits and trace elements in traditional and improved rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. Journal of Food Science 76 (4): 122–130.

Anonymous, 1992. Methods for Agricultural Chemistry Research. Southwest Agricultural University and China South Agricultural University, Press, Beijing, China.

www.SID.ir

Archive of SID

Anonymous, 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17th ed. Association of Analytical Communities (AOAC), Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. 858pp.

Bao, J. S., Sun, M., Zhu, L. H., and Corke, H. 2004. Analysis of quantitative trait loci for some starch properties of rice (*Oryza sativa* L.): thermal properties, gel texture and swelling volume. Journal of Cereal Science 39: 379–385.

Dela, C. N., and Khush, G. S. 2000. Grain quality evaluation procedures. pp. 15-28. In: Singh, R. K., Singh, U. S., and Khush, G. S. (eds.) Aromatic Rices. Science Publishers, Inc., Enfield, USA, and Oxford & IBH Publishing Co., New Delhi, India.

El-Kady, A., and El-Hissewy, A. 1999. Heterosis and combining ability for protein content in rice. Egyptian Journal of Applied Science 14: 64-71.

Graham, R. D., Senadhira, D., Beebe, S., Iglesias, C., and Monasterio, I. 1999. Breeding for micronutrient density in edible portions of staple food crops: conventional approaches. Field Crops Research 60: 57–80.

Gregorio, G. B., and Htut, T. 2002. Micronutrient-dense rice: developing breeding tools at IRRI. Rice Science: Innovations and Impact for Livelihood. Proceedings of the International Rice Research Conference, Beijing, China. pp. 371-378.

Gregorio, G. B., Senadhira, D., Htut, T., and Graham, R. D. 2000. Breeding for trace mineral density in rice. Food Nutrient Bulletin 21: 382–386.

Griffing, B. 1956a. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. Heredity 10: 31- 50.

Griffing, B. 1956b. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. Australian Journal of Biological Science 9: 436-493.

Huang, W. K. 1995. Food Analysis Methods. China Light Industry Press, Beijing, China.

Jiang, S. L., Wu, J. G., Thang, N. B., Feng, Y., Yang, X. E., and Shi, C. H. 2008. Genotypic variation of mineral elements contents in rice (*Oryza sativa* L.). European Food Research and Technology 228: 115–122.

Juliano, B. O. 1990. Rice grain quality: Problems and challenges. Cereal Foods World 35: 245-253.

Kiani, S., Kazemi Tabar, S.K., Ranjbar, G., Babaeeian Jelodar, N., and Norouzi, M. 2009. Genetic analysis of gelatinization temperature and amylose contents in

Archive of SID

www.SID.ir

rice (*Oryza sativa* L.). Seed and Plant Improvement Journal 25-1: 231-243 (in Persian).

Lineback, D. R. 1986. Current concept of starch structure and its impact on properties. Journal of Japanese Society of Starch Science 33: 80-88.

Lu, K., Li, L., Zheng, X., Zhang, Z., Mou, T., and Hu, Z. 2008. Quantitative trait loci controlling Cu, Ca, Zn, Mn and Fe content in rice grains. Journal of Genetics 87: 305-310.

Oko, A. O., and Onyekwere, S. C. 2010. Studies on the proximate chemical composition, and mineral element contents of five new lowland rice varieties planted in Ebonyi State. International Journal of Biotechnology and Biochemistry 6: 949–955.

Roy, D. 2000. Plant Breeding Analysis and Exploitation of Variation. Alpha Science International LTD, USA. 701pp.

Sharifi, P., Dehghani, H., Mumeni, A., and Moghaddam, M. 2010a. Diallel analysis for heterosis study and estimation of genetic parameters for some morphological traits in rice. Seed and Plant Improvement Journal 26-1: 77-104 (in Persian).

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

Shi G., Zhu, J., Yang, X., Yu, Y., and Wu, J. 1999a. Genetic analysis for protein content in Indica rice. Euphytica 107: 135–140.

Shi, C. H., Zhu, J., and Wu, J. G. 1999b. Analysis of embryo, endosperm, cytoplasmic and maternal effects for heterosis of protein and lysine content in indica hybrid rice. Plant Breeding 118: 574–576.

Traore, K. 2005. Characterization of novel rice germplasm from West Africa and genetic marker association with rice cooking quality. Ph.D. Thesis, Texas A&M University, USA. 210pp.

Won J. G., Yoshida T., and Uchimura, Y. 2002. Genetic effects on amylose and protein contents in the crossed rice seeds. Plant Production Science 5(1): 17-21.

Zeng, Y. W., Liu, J. F., Wang, L. X., Shen, S. Q., Li, Z. C., Wang, X. K., Wen, G. S., and Yang, Z. Y. 2003. Varietal type and mineral elements content of core collection in Yunnan rice. Chinese Journal of Rice Science 17: 25–30.

Archive of SID

www.SID.ir

Zeng, Y. W., Shen, S. Q., Wang, L. X., Liu, J. F., Pu, X. Y., and Du, J. 2005. Relationship between morphological and quality traits and mineral element content. Rice Science 12(2): 101-106.

Zhang, M. W, Guo, B. J., and Peng, Z. M. 2004. Genetic effects on Fe, Zn, Mn and P contents in Indica black pericarp rice and their genetic correlations with grain characteristics. Euphytica 135: 315–323.

Zhang, M. W, Guo, B. J., and Peng, Z. M. 2005a. Genetic effects on grain characteristics of Indica black rice and their uses on indirect selections for some mineral element contents in grains. Genetic Resources and Crop Evolution 52: 1121–1128.

Zhang, Y., Kang, M. S., and Lamkey, K. R. 2005b. DIALLEL-SAS05: A comprehensive program for Griffing's and Gardner–Eberhart analyses. Agronomy Journal 97: 1097-1106.

Archive of SID

www.SID.ir